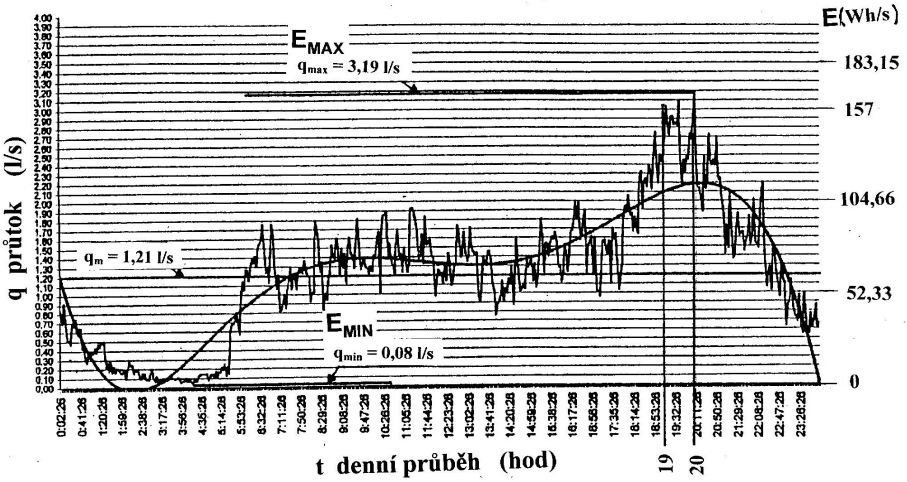
4 NEPŘÍMÝ PRŮTOKOVÝ OHŘEV TV

4.1 ZÁSADY NÁVRHU PRŮTOKOVÉHO OHŘEVU

4.1.1 Průběh denního odběru TV v budově

Podle účelu budovy, režimu používání, je odběr TV během dne nerovnoměrný.
V občanských budovách podle účelu a doby užívání podle pracovní doby je odběr více nebo méně rovnoměrný a v době mimo čas užívání a v době noční je téměř nebo zcela nulový.
V budovách pro ubytování dochází v době večerního umývání k odběrové špičce a v době noční je pak odběr minimální.
Graficky je vyjádřen příklad odběru TV v bytovém domě v průtočném odběru v l/s na obr. 4.1, v době od 0 do 24 hodin. Objemový průtok TV je vynesen na y – ové pořadnici, kde je stanovena hodnota nejmenšího i největšího naměřeného průtoku. Odběrová křivka naměřených průtoků je proložena regresní křivkou (silně vyznačená čára průměrného nerovnoměrného průtoku), kterou je vyjádřen plynulý nerovnoměrný odběr TV.
Z průběhu měřeného odběru TV podle obr. 4.1 se může zjednodušeně stanovit odběr tepla.
Pozn.: Odběr vody (vteřinový průtok) je dále označován podle ČSN 73 6655 symbolem „*q*“, který je tradičně používán a zůstává i nadále v podvědomí techniků v praxi.



Obr. 4.1 – Příklad odběru TV (q) a měrného tepla (E) v průběhu 24 – hodinové periody (Δt = 45 °C)

4.1.2 Teplo na jednotkový odběr vody

Na ohřátí 1 l vody z 10 na 55 °C vychází potřeba tepla:

$$Q_1 = 1 \cdot c \cdot \Delta t = 1 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 52{,}33\ Wh/l$$

kde měrná tepelná kapacita vody je c = 1,163 Wh/kg . K.
Nahradíme-li na y – ové stupnici místo jednotky 1 l/s jednotku 52,33 Wh/s získáme průběh odběru tepla v periodě 24 hodin. Na obr. 4.1 vpravo na y – ové pořadnici je tato stupnice množstvím tepla (měrný výkon) ve Wh/s vyznačena a platí pro ohřev vody z teploty 10 na 55 °C.
Integrací křivky průběhu odběru tepla ve Wh/s (buď z přesně měřených hodnot nebo z proložené regresní křivky) dostaneme v časovém úseku 24 h celodenní odběr tepla na přípravu TV.

4.1.3 Obecný vztah pro stanovení výkonu

Výkon průtokového ohřívače bude, na rozdíl od výkonu při zásobníkovém ohřevu, pulzovat v mezích, které jsou dány nejmenší a největší dodávkou tepla podle vteřinového průtoku vody. Vezmeme-li za základ vteřinový průtok vody, pak výkon ohřívače je dán obecně vztahem:

$$Q_D = q_V \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (t_t - t_s) \qquad \text{(W)} \qquad (4.1)$$

kde q_v je vteřinový průtok vody (l/s) (zvolena symbolika podle ČSN 73 6655)
t_t teplota TV vystupující z ohřívače (°C)
t_s teplota studené vody vstupující do ohřívače (°C)

Největší vteřinový průtok (q_{Vmax}) během dne (periody) je hodnota, na kterou je prováděno dimenzování vnitřních vodovodů. Pokud nejsou k dispozici naměřené hodnoty vteřinového průtoku, je nutné použít vztahy vyjadřující současnost provozu výtoků při největším odběru vody. Vyjádření současnosti je řešeno různými empirickými vztahy, jejichž přesnost je odlišná. Porovnejme dva způsoby výpočtu pro bytové domy s 250 byty, např. v komplexní bytové výstavbě (s vanou, umyvadlem, dřezem).

4.2 PRŮMĚRNÝ ODBĚR TV BĚHEM DNE

Z nerovnoměrného odběru vody během dne byla na obr. 4.1, výpočtem stanovena průměrná hodnota, vyjádřená vodorovnou čarou q_m = 1,21 l/s.

a) Maximální odběr TV
Změřená hodnota maximálního odběru TV na obr. 4.1, např. q_{max} = 3,19 l/s, je údaj, který slouží pro návrh výkonu průtokového ohřívače vody. Průtokový ohřívač proto, aby pokryl tento nárazový odběr TV a ohřál vodu z 10 °C na 55 °C, musí mít výkon podle vztahu (4.1):

$$Q_h = q_{max} \cdot 3600 \cdot c \cdot (t_{TV} - t_S) \qquad \text{(W)}$$

Po dosazení:

$$Q_h = 3{,}19 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 601015\ W \cong 600\ kW$$

b) Minimální odběr TV

Známe-li nejmenší naměřený odběr TV, podle obr. 4.1 je to q_{min} = 0,08 l/s, pak tento údaj slouží pro určení nejmenšího výkonu průtokového ohřívače, který stanovíme opět podle vztahu (4.1):

$$Q_{h\,min} = q_{min} \cdot 3600 \cdot c \cdot (t_{TV} - t_S) \qquad \text{(W)}$$

Po dosazení:

$$Q_{h\,min} = 0{,}08 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 15072\ W \cong 15\ kW\ .$$

4.3 STANOVENÍ VÝKONU PRO PRŮTOKOVÝ OHŘEV

4.3.1 Stanovení výkonu průtokového ohřívače podle ČSN 06 0320

V ČSN 06 0320, čl. 78, se doporučuje stanovit výkon pro průtokový ohřev podle vztahu:

$$Q_{1n} = s \cdot \sum (n_v \cdot q_v) \qquad \text{(kW)} \qquad (4.2)$$

kde n_v je počet výtokových zařízení (-)
q_v výkon přítoku jednoho výtokového zařízení (kW)
s součinitel současnosti (-)

Součinitel současnosti (s), s jehož pomocí se vyjadřuje běžně průtok, je zde udán jako současnost výkonu výtoků. Jeho hodnota podle ČSN 06 0320 je v tab. 4.1.

Tabulka 4.1 Součinitel současnosti pro bytové domy

Počet bytů n_b	10	50	100	150	200	250
Součinitel současnosti s	0,85	0,41	0,28	0,24	0,21	0,20

Podle informativní přílohy C z ČSN 06 0320 lze stanovit výkon průtoku TV pro:
- umyvadlo q_V = 7,3 kW
- dřez q_V = 15,7 – 24,4 kW
- sprchu q_V = 12,0 kW
- vanu q_V = 24,6 kW.

Výkon průtokového ohřívače TV podle vztahu (4.2) (při n_b = 250, s = 0,2) bude při největší vydatnosti výtoku pro vanu (q_V = 24,6 kW) dán:

$$Q_{1n} = 0{,}2 \cdot 250 \cdot 24{,}6 = 1230\ kW\ .$$

Z výkonu Q_{1n} = 1 230 kW vychází největší soudobý průtok:

$$q_{max} = 1230 : (3{,}6 \cdot 45 \cdot 1{,}163) = 6{,}538\ l/s$$

4.3.2 Stanovení výkonu průtokového ohřívače podle ČSN 73 6655

Návrh výkonu průtokového ohřívače se dříve prováděl podle staré ČSN 73 6655 tak, že se vycházelo ze vztahu, který byl vyjádřením největší soudobosti všech výtoků. Soudobý vteřinový průtok pro bytové domy se stanoví podle této normy ze vztahu:

$$q_{V\,max} = \sqrt{q_i^2 \cdot n} \qquad \text{(l/s)} \qquad (4.3)$$

Průtok TV pro:

- umyvadlo q_i = 0,085 l/s (55 °C)
- dřez q_i = 0,085 l/s (55 °C)
- vanu q_i = 0,13 l/s (55 °C)

Pozn.: Značení průtoku q (l/s) je podle ČSN 73 6655.

Pro 250 bytů se po dosazení do vztahu (4.3) vypočte soudobý vteřinový průtok TV:

$$q_{V\,max} = \sqrt{(0{,}085^2 + 0{,}085^2 + 0{,}13^2).250} = 2{,}79\ \frac{l}{s}$$

Výkon průtokového ohřívače s výstupní teplotou 55 °C stanovíme podle vztahu (4.1) při dosazení za q_{max} = 2,79 l/s:

$$Q_D = 2{,}79 \cdot 1{,}163 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \cdot 45 = 527{,}4\ kW$$

4.3.3 Zhodnocení výsledků

Výpočet podle ČSN 06 0320 nedává reálný výsledek. Součinitel současnosti je velmi nepřesný a nadsazený.
Výkon průtokového ohřívače je navržen pro více než dvojnásobně vyšší hodnotu průtoku TV (6,53 l/s) než je reálný průtok.
Výpočet výkonu podle ČSN 73 6655 tak, jak byl dříve u nás prováděn, dává reálné hodnoty, neboť je stanoven pro průtok 2,79 l/s.
Pro kontrolu správnosti výpočtu může sloužit údaj měřeného průtoku na obr. 4.1, kde hodnota průtoku q_{Vmax} = 3,19 l/s je změřena pro 400 bytů.
Předimenzování výkonu pro průtokový ohřev má za následek zvětšení zdroje, a to mnohdy podstatně. Pokud se pak provádí podle zmíněných podkladů posuzování nového zdroje pro TV, může být nadměrným výkonem průtokový ohřev znevýhodněn.

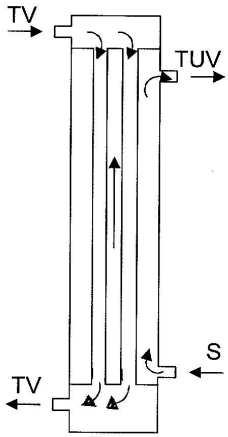
4.4 KONSTRUKCE PRŮTOKOVÝCH OHŘÍVAČŮ

Pro nejčastěji používaný nepřímý ohřev TV otopnou vodou se používají průtokové ohřívače shodné konstrukce jako u předávací stanice na úpravu parametrů pro otopnou vodu.

4.4.1 Stojatý ohřívač s přímými trubkami

Nejjednodušší konstrukce protiproudých ohřívačů je tvořena přímými trubkami ve stojatém protiproudém ohřívači. Na obr. 4.2 je schematicky řešen stojatý průtokový

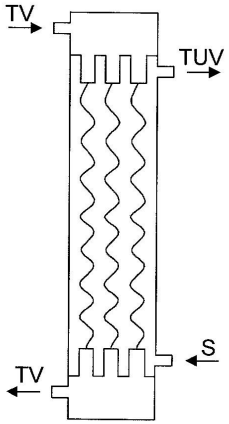
ohřívač, kde přívod otopné vody je do trubkového výměníku a protiproudně je přiváděna studená voda do válcového pláště.



Obr. 4.2 – Stojatý protiproudý ohřívač TV s přímými trubkami
Legenda: TV – otopná voda, TUV – teplá voda, S – studená voda

4.4.2 Stojatý ohřívač se spirálovými trubkami

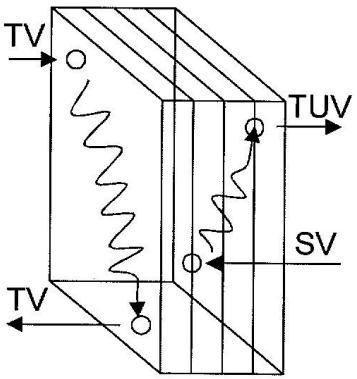
Na obr. 4.3 je schematicky zobrazen stojatý protiproudý ohřívač se spirálovými trubkami ve válcovém plášti. Průtok otopné vody a vody pro přípravu TV je shodný s předchozím principem. U spirálového výměníku je však dosahováno většího měrného výkonu teplosměnné plochy a v důsledku toho je objem spirálového průtokového ohřívače menší než u ohřívače s přímými trubkami.



Obr. 4.3 – Stojatý protiproudý ohřívač TV se spirálovými trubkami
Legenda: TV – otopná voda, TUV – teplá voda, S – studená voda

4.4.3 Deskový ohřívač

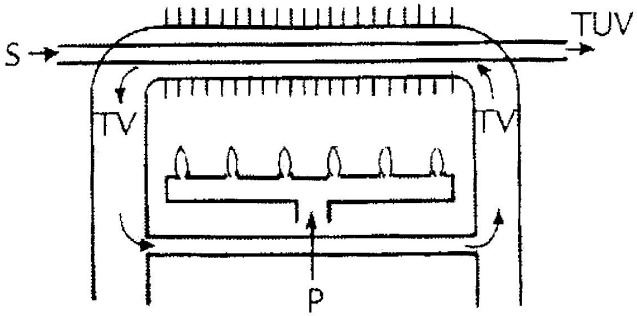
Na obr. 4.4 je schematicky naznačen princip deskového průtokového ohřívače TV. Střídání protiproudého průtoku otopné vody s teplou vodou v úzkých meziprostorech mezi zvlněnými deskami vytváří zvýšenou konvekci při předání tepla. Deskové výměníky mají vysoký měrný výkon, díky kterému je významně snižován rozměr ohřívače.



Obr. 4.4 – Deskový protiproudý ohřívač TV
Legenda: TV – otopná voda, TUV – teplá voda, S – studená voda

4.4.4 Trubkový ohřívač ve výměníku plynového kotle

Princip malého plynového průtokového ohřívače je naznačen na obr. 4.5. Podle něj je voda (S) přiváděna protiproudně do výměníku s otopnou vodou, který je ohříván plynovým hořákem. Většinou se pro tento způsob přípravy TV používá nástěnný rychloohřívací kotel, označovaný jako kombinovaný, tj. se společným hořákem jak pro vytápění, tak pro přípravu TV. Přepínání okruhu otopné vody, cirkulující pro ohřev TV, je spínáno při průtoku TV s tím, že ohřev TV má prioritu před vytápěním. U bytového kombinovaného plynového rychlooříhacího kotle, ať v provedení B nebo C, je rozhodující pro stanovení výkonu kotle, výkon na ohřev TV spíše než výkon na vytápění.
Nejmenší výkon pro přípravu TV pro jeden standardní kotel je 16 kW.



Obr. 4.5 – Trubkový ohřívač TV ve výměníku otopné vody u plynového ohřívače
Legenda: TV – otopná voda, TUV – teplá voda, S – studená voda, P - plynovod

4.5 PRINCIP PRŮTOKOVÉHO OHŘEVU

4.5.1 Sdílení tepla průtokového ohřívače

Všechny průtokové ohřívače, jak jsou uvedeny v odst. 4.4 a na obr. 4.2 až 4.5, zajišťují předání tepla studené vodě, od otopné vody zdroje, přes tenkostěnnou konstrukci v protiproudém směru.
Principiální schéma je uvedeno na obr. 4.6. Měrný výkon, vyjadřující výkon na 1 m^2 teplosměnné plochy je dán zejména velikostí turbulence proudící vody kolem prostupové stěny, která je vyjádřena součinitelem přestupu tepla α v závislosti na rychlosti proudění a nerovnosti povrchu prostupové plochy.

a) Příklad stanovení parametrů průtokového ohřívače pro 10 bytů (obr. 4.6)
Výkon stanovíme při počtu bytových jednotek n_b = 10, pro součinitel současnosti s = 0,85 a pro největší vydatnost výtoku vanové baterie q_V = 24,6 kW podle vztahu (4.2):

$$Q_{1n} = 0{,}85 \cdot 10 \cdot 24{,}6 = 209\ kW$$

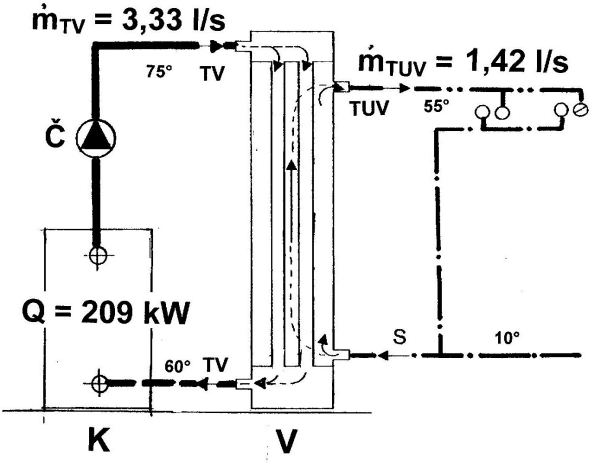
Podle obr. 4.6 jsou parametry průtokového ohřívače:

- výkon kotle Q_{1n} = 209 kW
- výkon průtokového ohřívače Q_O = 209 kW
- teplotní spád ohřívané vody 55/10 °C
- teplotní spád otopné vody 75/60 °C
- dopravní množství oběhového čerpadla (Č):

$$\dot{m}_{TV} = \frac{Q_{1n}}{c_w(t_{w1} - t_{w2})} = \frac{209000}{1{,}163(75 - 60)} = 11980{,}5\, l/h = 3{,}33\, l/s$$

- průtok teplé vody ohřívačem při jmenovitých hodnotách teplot 55/10 °C:

$$\dot{m}_{TUV} = \frac{Q_{1n}}{c_v(t_{v1} - t_{v2})} = \frac{209000}{1{,}163(67{,}5 - 32{,}5)} = 5135\, l/h = 1{,}42\, l/s$$

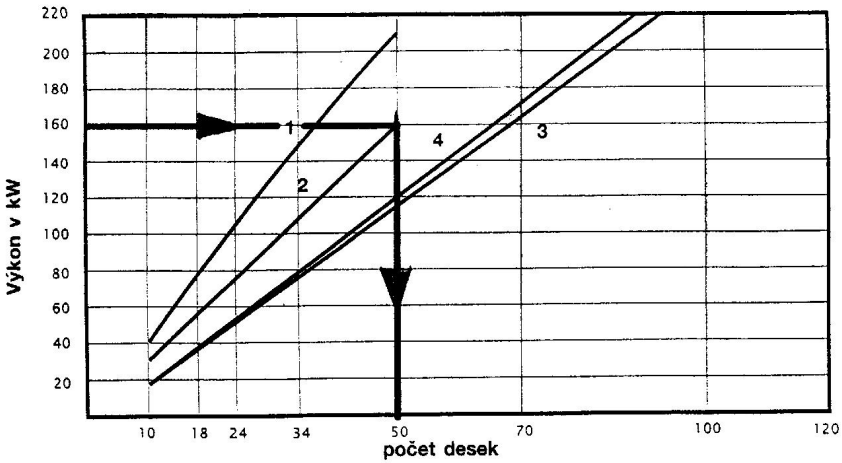


Obr. 4.6 – Princip průtokového ohřevu TV
Legenda: K – kotel, V – průtokový ohřívač TV, TUV – teplá voda, S – studená voda, TV – otopná voda, m_{TV} – jmenovitý průtok otopné vody, m_{TUV} – průtok teplé vody při jmenovitých hodnotách, Q – jmenovitý výkon kotle

b) Určení typu a velikosti ohřívače (obr. 4.7)

Podle požadovaného výkonu se ze zvoleného typu průtokového ohřívače stanovuje jeho velikost, vyjádřená často teplosměnnou plochou ohřívače, pro kterou je stanoven měrný výkon (výkon na 1 m^2 teplosměnné plochy). Měrný výkon teplosměnné plochy stanovuje výrobce pro teplotní parametry otopné vody při konstantních hodnotách vstupní a výstupní teploty teplé vody (nejčastěji z teplot 10 °C na 55 °C).

Na obr. 4.7 se u obecného typu deskového výměníku stanovuje výkon podle počtu desek. Při vypočteném výkonu Q = 160 kW a jmenovitých teplotách otopné vody 80/50 °C (křivka 2) vychází 50 kusů desek příslušného typu deskového výměníku.



Obr. 4.7 – Stanovení výkonu deskového průtokového ohřívače TV podle počtu desek
Výpočtové hodnoty teplot značí křivka: 1 – pro TV 90/50 °C, při TUV 55/10 °C; 2 – pro TV 80/50 °C, při TUV 55/10 °C; 3 – pro TV 75/45 °C, při TUV 55/10 °C; 4 – pro TV 70/35 °C, při TUV 55/10 °C

4.5. ZMĚNA PRŮTOKU TV V OHŘÍVAČI (OBR. 4.8)

Tím, že TV se ohřívá v průtokovém ohřívači odběrem TV při větší rychlosti proudění než v zásobníkovém ohřívači, je výkon teplosměnné plochy větší a ohřev je tedy rychlejší. Rozdíl mezi ohřevem zásobníkovým a průtokovým je nejlépe patrný ze zjednodušeného tlakového vyjádření průtoku u gravitačního vodovodu podle obr. 4.8. Zjednodušeně pro představu je rozložení tlaku ve vodovodním potrubí konstantního průměru, kterým od vodojemu protéká studená voda do ohřívače s tlakovou ztrátou Z_O a z ohřívače pak teplá voda do výtoku s tlakovou ztrátou Z_V. Hydrostatický tlak p_H v místě výtoku se stanoví ze vztahu:

$$p_H = H \cdot g \cdot \rho_v \quad \text{(Pa)} \qquad (4.4)$$

kde H je výška pomyslné nebo skutečné hladiny vody ve vodojemu (m)
g gravitační zrychlení (m/s^2)
ρ_V hustota vody (kg/m^3)

Veškerý hydrostatický tlak p_H se spotřebuje na celkovou tlakovou ztrátu, při proudění vody od vodojemu do výtoku TV, která je součtem tlakových ztrát:

$$p_C = p_{E1} + p_{E2} + p_{ZO} + p_{ZV} + p_{GO} \quad \text{(Pa)} \qquad (4.5)$$

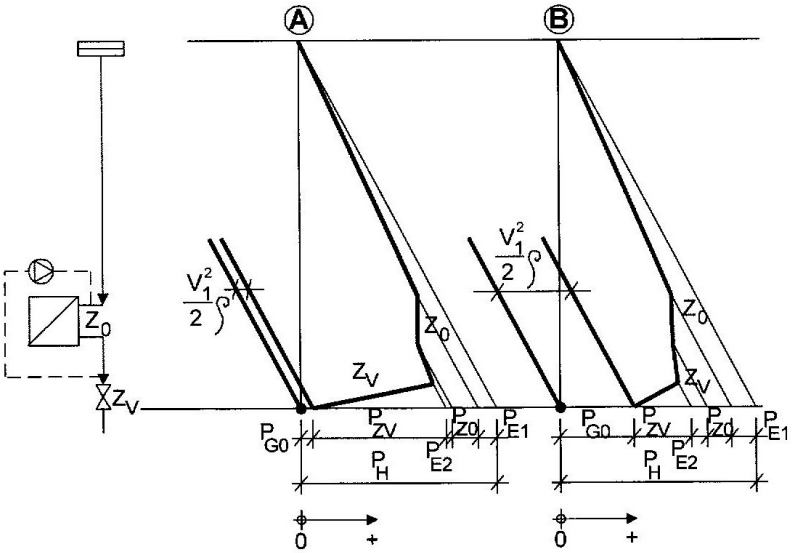
kde p_{E1} je tlaková ztráta v potrubí studené vody (Pa)
p_{E2} tlaková ztráta v potrubí teplé vody (Pa)
p_{ZO} tlaková ztráta z průtoku ohřívačem (Pa)

p_{ZV}	tlaková ztráta ve výtokové armatuře	(Pa)
p_{GO}	tlaková dynamická ztráta ve výtoku	(Pa)

Dynamická ztráta $p_{GO} = \frac{v_1^2}{2}.\rho$ je dána rychlostí (v_1) ve výtoku. Zjednodušme tak, že rychlost výtoková je shodná i s rychlostí proudění v potrubí.

Modelujme pro porovnání dva stavy při malém průtoku (stav A) a při velkém průtoku (stav B).

U průtokového ohřevu je voda ohřívána pouze při odběru TV. Při malém odběru vody, je podle diagramu na obr. 4.8A, průtok malý – zjednodušeně, na tlakovém diagramu je dynamická ztráta p_{GO} malá. Při malé rychlosti je nízký součinitel přestupu tepla na straně teplé užitkové vody a tím je nízký i součinitel prostupu tepla a následně výkon výměníkové plochy.
Při velkém odběru, podle diagramu na obr. 4.8B, se zvyšuje rychlost proudění podél teplosměnné plochy a výkon výměníkové plochy se zvyšuje. Nárůst většího výkonu není přímo úměrný průtoku a je zároveň limitován. Přitom lze obtížně regulovat výkon otopné vody podle průtoku TV.



Obr. 4.8 – Schéma průběhu tlakové čáry ve vodovodní síti s průtokovým ohřívačem při:
A malém odběru, B velkém odběru;
Tlaková ztráta: p_{GO} – dynamická; p_{ZV} – místní u výtoku; p_{E1}, p_{E2} – tření v potrubí; p_{ZO} – místní v ohřívači; p_H – hydrostatický tlak, v – rychlost proudění vody, Z_O – místní odpor; v ohřívači, Z_V – místní odpor ve výtoku

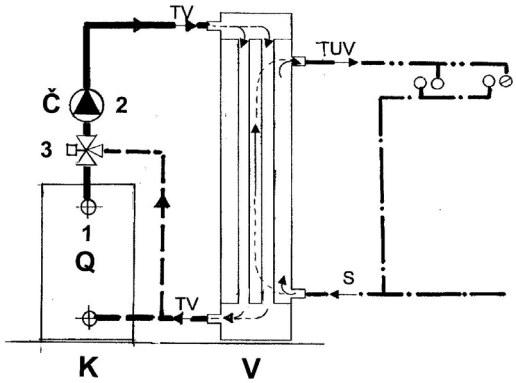
4.6 OHŘÍVÁNÍ TV V PRŮTOKOVÝCH OHŘÍVAČÍCH BEZ VYROVNÁVACÍ NÁDOBY

4.6.1 Ohřívání TV z kotle

Při průtokovém ohřevu se musí uvažovat s tím, že odběr tepla v TV je nerovnoměrný a samotný výkon ohřívače se většinou nedokáže této změně přizpůsobit.
Při průtokovém ohřevu se vyskytne několik řešení pro regulaci výkonu tak, aby nebylo nutné využívat vyrovnávací nádobu.

U protiproudého ohřívače bez vyrovnávací nádoby je při nerovnoměrném odběru TV regulační schopnost řešitelná:

- přímou regulací výkonu kotle Q (na obr. 4.9 označeno 1)
- regulací průtoku otopné vody oběhovým čerpadlem (na obr. 4.9 označeno 2)
- směšovacím ventilem pro přimíchávání ochlazené otopné vody (TV) k výstupní otopné vodě z kotle (na obr. 4.9 označeno 3).



Obr. 4.9 – Regulace výkonu ohřevu TV z kotle bez vyrovnávací nádoby
Legenda: K – kotel; V – průtokový ohřívač TV; S – studená voda; TUV – teplá voda; TV – otopná voda; Č – oběhové čerpadlo otopné vody; 1 – přímá regulace výkonu kotle; 2 – regulace průtoku otopné vody v oběhovém čerpadle nebo škrtící armatuře; 3 – regulace směšováním v TRV

4.6.2 Ohřívání TV v kombinovaném kotli v bytě

Při relativně malé nerovnoměrnosti odběru TV nebo při malém počtu odběrů, bez zvýšených nároků na malou změnu teploty TV, lze navrhnout průtokový ohřev bez nádoby.
Takové řešení se vyskytne např. u plynového průtokového ohřívače v bytě podle schématu na obr. 4.10. Výkon průtokového ohřívače se stanovuje nejčastěji na jeden výtok. Běžný výtok nad dřezem nebo umyvadlem dává průtočné množství q_1 = 0,17 l/s. Z toho většinou při rovnoměrném míchání studené vody o teplotě 10 °C

s teplou vodou o teplotě 55 °C, vychází spotřeba teplé vody poloviční, tj. q_V = 0,085 l/s, podle ČSN 06 0320 dokonce 0,08 až 0,06 l/s.

Při ohřívání tohoto průtoku vody z teploty t_S = 10 °C na teplotu t_t = 55 °C bude nutný výkon ohřívače:

$$Q_V = 0{,}085 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 16014\ W = 16\ kW$$

Běžně je tedy výkon 16 kW pro bytový průtokový ohřívač skutečně v tomto výkonu vyráběn a je dostatečný pro výtok s nejvyšší vydatností vody q = 0,17 l/s při kterém se dosáhne rovnoměrné směšovací teploty na výtoku:

$$t_m = 10 + \frac{45}{2} = 32{,}5\ °C \quad \text{(pro } t_s = 10\ °C\text{)}$$

Pro výtok s vydatností q = 0,085 l/s bude výstupní voda mít teplotu t_t = 55 °C.
Při případném provozu dvou výtoků s průtokem TV q = 0,17 l/s bude z průtokového ohřívače o výkonu Q_V = 16 kW vystupovat voda o teplotě

$$t_t = \frac{16000}{0{,}17.3600.1{,}163} + 10 = 32{,}5\ °C$$

Chceme-li dosáhnout této teploty na výtoku, je nutné, aby odběrový průtok vody byl na každém výtoku 0,085 l/s.
Trváme-li však na jmenovitém průtoku vody na každém výtoku q = 0,17 l/s, pak bude nutné smíchat rovnoměrně studenou vodu o teplotě t_S = 10 °C s teplou vodou t_t = 32,5 °C a z výtoku nám bude vytékat voda o teplotě:

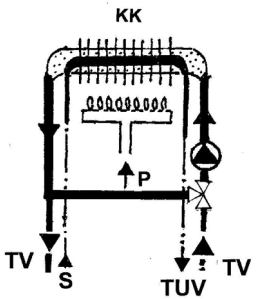
$$t_m = \frac{32{,}5 - 10}{2} + 10 = 21{,}25\ °C$$

Pro vyšší komfort teploty TV se navrhuje průtokový ohřívač s vyšším výkonem, např. 24 kW.
Při výkonu ohřívače 24 kW bude, při výstupní teplotě 55 °C, průtok TV:

$$q_V = \frac{24000}{3600.1{,}163.45} = 0{,}127\ \frac{l}{s}$$

Nejčastěji je u průtokových ohřívačů s konstantním výkonem provedena regulace:

- na konstantní teplotu, tj. na konstantní hodnotu průtoku ohřívačem bez ohledu na proměnný požadovaný průtok nebo
- na proměnný průtok, podle požadavku odběratele, s proměnnou výstupní teplotou.



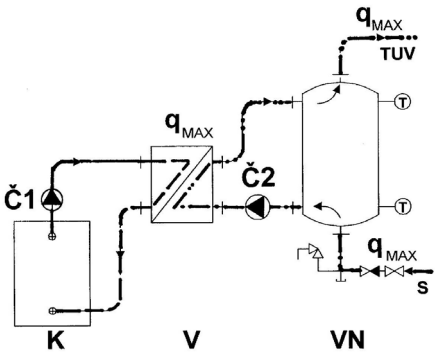
Obr. 4.10 – Přímé ohřívání TV z plynového kombinovaného rychloohřívacího kotle
Legenda: KK – ohřívač TV ve výměníku s otopnou vodou; TV – otopná voda; TUV – teplá voda; S – studená voda; P - plynovod

4.7 PRŮTOKOVÝ OHŘEV S VYROVNÁVACÍ NÁDOBOU

Při průtokovém ohřevu TV, u kterého je výkon ohřívače navržen na maximální průtok vody (q_{max}), může být doplněn ohřívač vyrovnávací nádobou s malým obsahem.
Použijme příklad průběhu odběru TV podle obr. 4.1 a stanovme z maximálního průtoku (q_{Vmax} = 3,19 l/s), podle vztahu výkon ohřívače:

$$Q_{D\,max} = 3{,}19 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 601\,kW$$

Při odběru TV o maximálním průtoku 3,19 l/s protéká TV průtokovým ohřívačem (V) pomocí oběhového čerpadla (Č), teoreticky mimo prostor vyrovnávací nádoby (VN), jak je naznačeno na obr. 4.11. Odebíraná voda při maximálním průtoku je přímo ohřívaná v průtokovém ohřívači.



Obr. 4.11 – Průtokový ohřívač (V) s vyrovnávací nádobou (VN) napojený na kotel (K) (s oběhovým čerpadlem v provozu) s maximálním odběrem TV q_{max}
Legenda: Č1 – oběhové čerpadlo otopné vody; Č2 – oběhové čerpadlo teplé vody; TUV – teplá voda; S – studená voda; T - teploměr

Nejmenší výkon, který by byl nutný při nejmenším průtoku vody (q_{Vmin} = 0,08 l/s) je:

$$Q_{D\,min} = 0{,}08 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 15\ kW$$

Rozdíl mezi oběma výkony vykrývá vyrovnávací nádoba s tím, že její objem bude nabíjen z ohřívače, při konstantním dopravním množství oběhového čerpadla q_{Vmax} = 3,19 l/s, výkonem Q_{Dmax} = 601 kW.
Volme obsah nádoby 50 l. Nabíjení nádoby zajišťuje horní teploměr (T). Při dokončení nabíjení vyrovnávací nádoby pak je spodním teploměrem vypnuto oběhové čerpadlo Č.

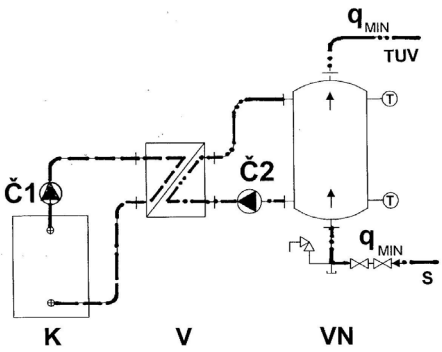
Pro nabíjení z teploty 10 °C na teplotu 55 °C bez odběru TV, při volbě velikosti vyrovnávací nádoby 50 l, vychází doba:

$$\tau = \frac{50l}{3{,}19l\ /\ s} = 15{,}6\ sec$$

Při nejmenším odběru q_{min} = 0,08 l/s se bude z vyrovnávací nádoby, s vodou o teplotě 55 °C, odebírat voda v čase:

$$\tau = \frac{50}{0{,}08} = 625\ sec = 10{,}4\ min\ .$$

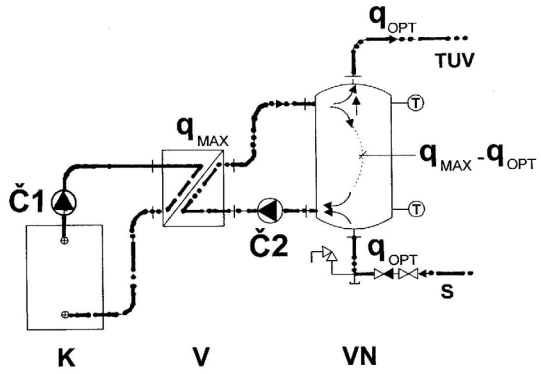
Na obr. 4.12 je schéma odběru z vyrovnávací nádoby o minimálním průtoku q_{min}.



Obr. 4.12 – Průtokový ohřívač (V) s vyrovnávací nádobou (VN) napojený na kotel (K) (s oběhovým čerpadlem mimo provoz) s minimálním odběrem q_{min}
Legenda: Č1 – oběhové čerpadlo otopné vody; Č2 – oběhové čerpadlo teplé vody; TUV – teplá voda; S – studená voda; T - teploměr

Při optimálním odběru $q_{m.}$ = 1,21 l/s se bude plnit nádoba, podle obr. 4.13, při výkonu 601 kW po dobu:

$$\tau = \frac{50}{3{,}19 - 1{,}21} = 25{,}2\,sec\ .$$



Obr. 4.13 – Průtokový ohřívač (V) s vyrovnávací nádobou (VN) napojený na kotel (K) při běžném odběru q_{OPT} (s oběhovým čerpadlem v provozu)
Legenda: Č1 – oběhové čerpadlo otopné vody; Č2 – oběhové čerpadlo teplé vody; TUV – teplá voda; S – studená voda; T - teploměr

4.8 PRŮTOKOVÝ OHŘEV SE ZÁSOBNÍ NÁDOBOU (OBR. 4.14)

Při přerušovaném provozu pro ohřev TV, např. při střídání provozu kotle pro vytápění s provozem pro ohřev TV, vyvstává požadavek zajistit zásobu TV pro špičkový odběr. V případě, máme-li k dispozici nižší výkon, než jaký je nutný pro špičkový odběr TV, volí se vyrovnávací nádoba se zásobním objemem vody, jak uvádí schéma na obr. 4.14.
Volme, např. pro předchozí příklad místo výkonu Q_o = 601 kW nižší výkon Q_o= 400 kW (max. průtok TV je stále q_{vmax} = 3,19 l/s) a zásobní objem nádoby je 1 400 l.
Výkonem průtokového ohřívače 400 kW ohřejeme vodu na 55 °C při průtoku vody:

$$q = \frac{400}{3{,}6.1{,}163.45} = 2{,}2\frac{l}{s}.$$

Teplá voda, při maximálním odběru s průtokem q_{max} = 3,19 l/s, bude ze zásobní nádoby o objemu 1400 l odebírána za dobu:

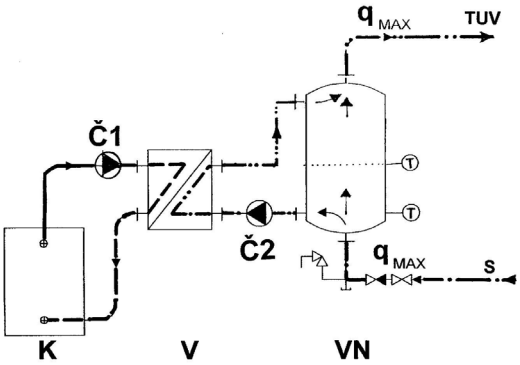
$$\tau = \frac{1400}{3{,}19} = 438{,}8\,sec = 7{,}31\,min.$$

V zásobní nádobě, s objemem vody 1400 l, bude voda ohřátá výkonem 400 kW za dobu:

$$\tau = \frac{1400}{2{,}12} = 660\,sec = 11\,min.$$

Doba vyprazdňování zásobní nádoby s objemem 1400 l (s ohřátou vodou) při nejvyšším odběru (průtoku 3,19 l/s) a současném dobíjení výkonem 400 kW je:

$$\tau = \frac{1400}{3{,}19 - 2{,}12} = 1308\,sec = 21{,}8\,min.$$

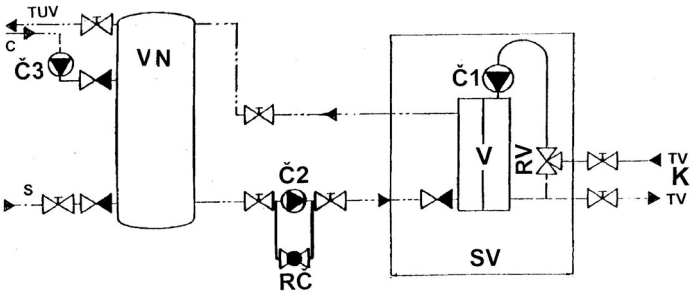


Obr. 4.14 – Průtokový ohřívač (V) s vyrovnávací nádobou (VN) se zásobním obsahem (ZO) při maximálním odběru teplé vody q_{max} (s oběhovým čerpadlem v provozu)
Legenda: Č1 – oběhové čerpadlo otopné vody; Č2 – oběhové čerpadlo teplé vody; TUV – teplá voda; S – studená voda; T – teploměr; K – kotel

Průtokový ohřev se zásobní nádobou je systém, který je, u větších zdrojů s extrémním krátkodobým špičkovým odběrem, nebo se značnými krátkodobými výkyvy v odběru, užíván nejčastěji.

4.9 SESTAVA ZAPOJENÍ PRŮTOKOVÉHO OHŘÍVAČE A VYROVNÁVACÍ NÁDOBY

Příklad zapojení průtokového ohřívače s vyrovnávací nádobou je u stanice URANUS naznačen ve schématu na obr. 4.15.



Obr. 4.15 – Schéma zapojení průtokového ohřívače (V) s vyrovnávací nádobou (VN) typu URANUS
Legenda: SV – skříň výměníku s armaturami; K – přívod od kotle; RV – směšovací regulační ventil; RČ – regulace okruhu čerpadla Č2
Oběhová čerpadla: Č1 – otopné vody; Č2 – vyrovnávací nádoby; Č3 – cirkulace teplé vody

4.10 PRŮTOKOVÝ OHŘEV ZE ZÁSOBNÍKU TEPLA

V kapitole 7.4.4 a na obr. 7.14 až 7.17 je popsán způsob průtokového ohřevu ze zásobníku otopné vody (zásobníku tepla), který je napojen na kondenzační kotel podle užitného vzoru č. 11 826. Ve schématech jsou znázorněny fáze provozu nabíjení zásobníku i ohřevu TV ve spirálovém výměníku podle obr. 4.3.