

VDUCH V OTOPNÝCH SOUSTAVÁCH

Prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Anotace

Príspevek se zabývá problematikou vzduchu v otopných soustavách a možnostmi eliminace potíží, které způsobuje.

Klíčová slova

vytápění, otopná soustava, vzdušina, odplynění

Úvod

Tento příspěvek se zaměříme na problém permanentně zavzdušněné otopné soustavy a souvislost s teplotou, při které otopnou soustavu provozujeme a souvislost s rozložením přetlaků v otopné soustavě. Přítomnost vzdušiny v otopné vodě je zcela přirozený a nezbytný jev. Je však otázkou v jakém množství a v jaké podobě? Použijeme-li pro plnění otopné soustavy neupravenou vodu s teplotou cca 10 °C, bude obsahovat přibližně necelých 30 l vzdušiny v 1 m³ vody při barometrickém tlaku. Otopnou soustavu po naplnění odvzdušníme, ale jakmile ji ohřejeme a pustíme oběhová čerpadla, nastanou pro obsah vzdušiny v otopné vodě zcela jiné podmínky a tak se její obsah změní a bude odpovídat Henryho zákonu za rovnovážného stavu.

Je zřejmé, že vzdušina se může do otopné vody dostávat různými způsoby. Zde si můžeme uvést čtyři hlavní cesty [1].

První, poměrně bezproblémovou cestou, je vysoký obsah vzdušiny v plnicí a event. doplňovací vodě. Taková voda nese množství vzdušiny odpovídající barometrickému tlaku, který působí na vodní hladinu (cca 30 mg vzdušiny na 1 l vody).

Druhou cestou je difúze propustnými materiály. V otopné soustavě jsou přirozená místa, kterými se otopná voda sytí vzduchem s cílem dosáhnout rovnovážného stavu. Jsou to např. veškeré závitové spoje, ale i spoje s těsněním z materiálů, které nevykazují ochranu proti difúzi plynů, nebo např. odvzdušňovací ventily na otopných tělesech při nevhodném rozložení přetlaků v potrubní síti. Patří sem i používání různého plastového potrubí, kde víme, že např. třívrstvé potrubí má 100% ochranu proti difúzi a např. síťovaný polyetylén (PEX) má rovněž ochranu proti difúzi kyslíku, ale podle DIN to znamená, že propouští do 10ti %. Podobné platí i o polybutenu (PB) a statickém polypropylenu (PP-R, PP-RCT, PP-3). Ostatní plasty jsou z tohoto hlediska pro použití v otopných soustavách nevhodné.

Pro topenáře je rovněž důležitá i třetí cesta zvyšování obsahu vzdušiny v otopné vodě. Tou jsou produkty chemických či elektrochemických reakcí v soustavě poskládané z různých materiálů. Jednoduše řečeno jde o korozi, při jejímž průběhu se uvolňují do otopné vody plyny.

Z hlediska otopných soustav je pak zcela nepodstatnou čtvrtá skupina, zahrnující působení bakterií ve vodě a produkci hnilobných plynů.

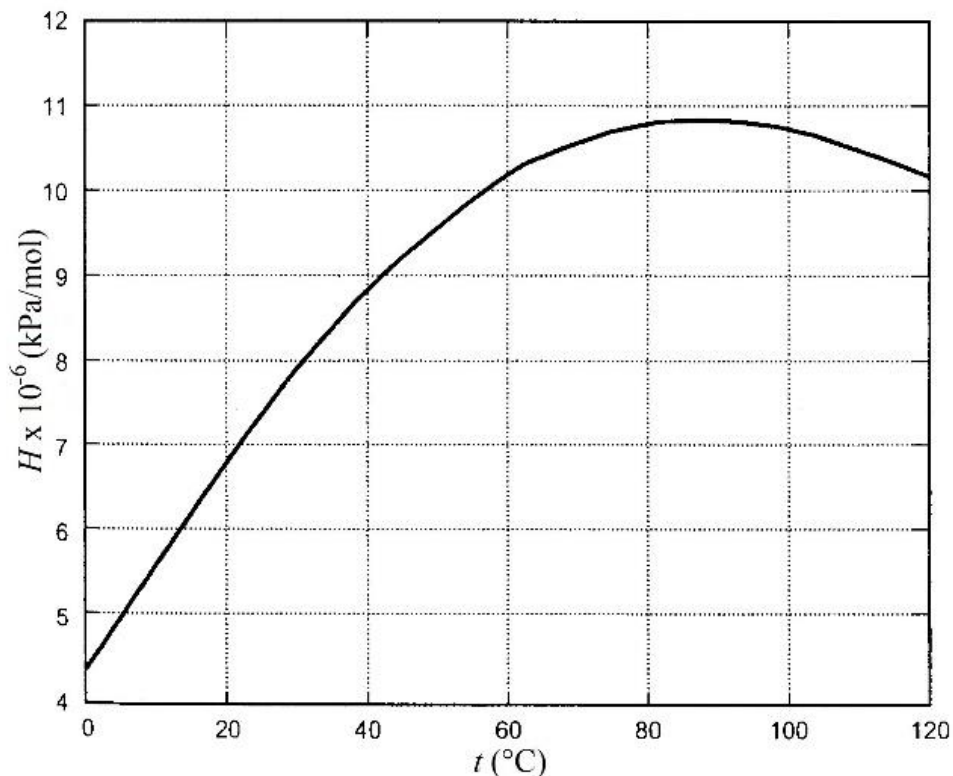
Vzdušina může být v otopné soustavě ve dvou podobách. Je to podoba vzdušiny jako takové, tj. ve volné formě v podobě bublin, nebo v podobě absorbované, tj. rozpuštěné.

Jsme-li nad rovnovážným stavem s obsahem vzdušiny, dojde k jejímu vytěsnění z vody a můžeme tuto vzdušinu poměrně snadno ze systému odvést. Vzhledem k Henryho zákonu, se nejvíce vzdušiny vytěsní v místech s nejvyšší teplotou, nebo v místech s nejnižším tlakem. Naskýtají se tak dvě možnosti odvzdušňovat hned na výstupu otopné vody ze zdroje tepla, kde budeme muset použít trochu sofistikovanější zařízení pracující i se změnou tlaku, nebo v nejvyšších místech soustavy, kde je však již nižší teplota vody a působí téměř jen přetlak od tlakové expanzní nádoby, neboť hydrostatický tlak vodního sloupce je již zanedbatelný. Ale pozor na relativní podtlak v těchto místech otopné soustavy (viz další kapitola).

Co se týká absorbované vzdušiny v otopné vodě, tak nám většinou nevádí, pokud vlastním návrhem nezpůsobíme náhlé změny přetlaků a následné kavitace, nebo chybné rozložení přetlaků v otopné soustavě. Rovněž nepříznivé může být působení kyslíku obsaženého ve vodě v podobě korozivních až destruktivních změn.

Obsah vzdušiny ve vodě

Henryho zákon pro naše účely můžeme interpretovat tak, že vyjadřuje závislost rozpustnosti plynu v otopné vodě x na přetlaku v daném místě otopné soustavy p při určité teplotě t .



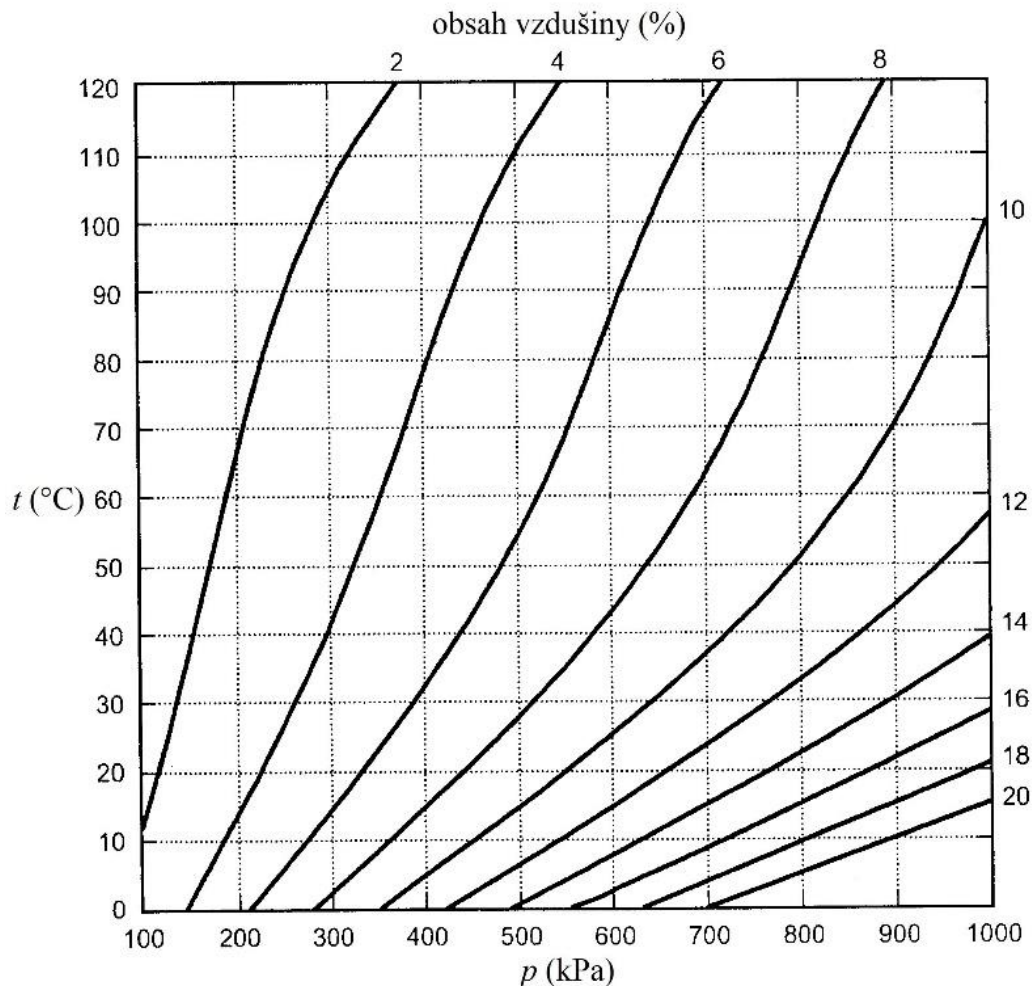
Obr. 1 Závislost Henryho konstanty na teplotě pro vzduch a vodu [2]

$$x = \frac{p}{H},$$

kde x obsah vzdušiny ve vodě [mol na % objemu],
 p přetlak [kPa],
 H Henryho konstanta [kPa/mol].

Henryho konstanta H jednoznačně závisí na teplotě a je charakteristická pro daný plyn. S rostoucí teplotou se zvyšuje. To lze velmi snadno vypočítat i v každodenní praxi. Např. ohříváme-li vodu na kávu, tak již okolo teploty $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ zpozorujeme, že se začnou objevovat první bublinky. To nejsou bublinky vodní páry, ale plyny ve vodě rozpuštěné, resp. vzdušina – z největší části dusík.

Pro praxi je velmi užitečná závislost na obr. 2, která vyjadřuje závislost nasycení vody vzdušinou při určité teplotě a tlaku. Takto zakreslená závislost vychází z Henryho zákona a je pro rovnovážný, ustálený stav. V otopné soustavě však máme nerovnovážný stav, protože voda proudící otopnou soustavou neustále mění svou teplotu a v každém místě soustavy je jiný přetlak. Obsah vzdušiny se tak snaží v rámci měnících se podmínek dosáhnout rovnovážného stavu. Pokud tedy zastáváme názor, že je třeba zbavit otopnou vodu rozpuštěných plynů, není zcela přesný. Zbavme vodu nadměrného množství rozpuštěných plynů, neboť množství plynů pod rovnovážnou hranicí bude vždy následováno absorpcí plynů různými výše uvedenými způsoby s cílem dosažení rovnovážného stavu.



Obr. 2 Závislost procentuálního obsahu vzdušiny ve vodě na teplotě a přetlaku v otopné soustavě [2]

Rozložení přetlaků v otopné soustavě

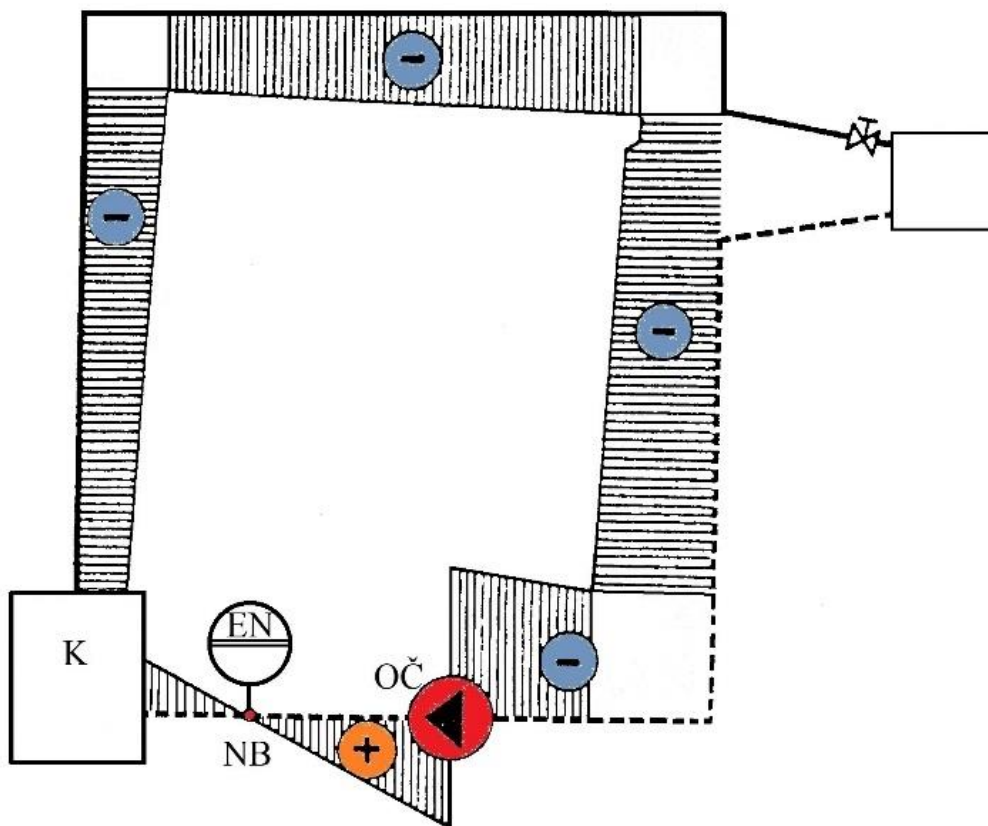
U budov s větším tepelným příkonem, u budov půdorysně rozlehlých a u budov s komplikovanějšími potrubními sítěmi je nutno navrhovat nucený oběh vody. Nucený oběh, tedy oběh s oběhovým čerpadlem je schopen překonat mnohonásobně větší tlakové ztráty.

V otopné soustavě tak působí krom hydrostatického tlaku vodního sloupce nad daným místem i přirozený vztlak a dopravní tlak čerpadla rozložený do podoby relativního podtlaku a relativního přetlaku. O rozložení tohoto přetlaku rozhoduje vzájemná poloha místa napojení expanzní nádoby a oběhového čerpadla.

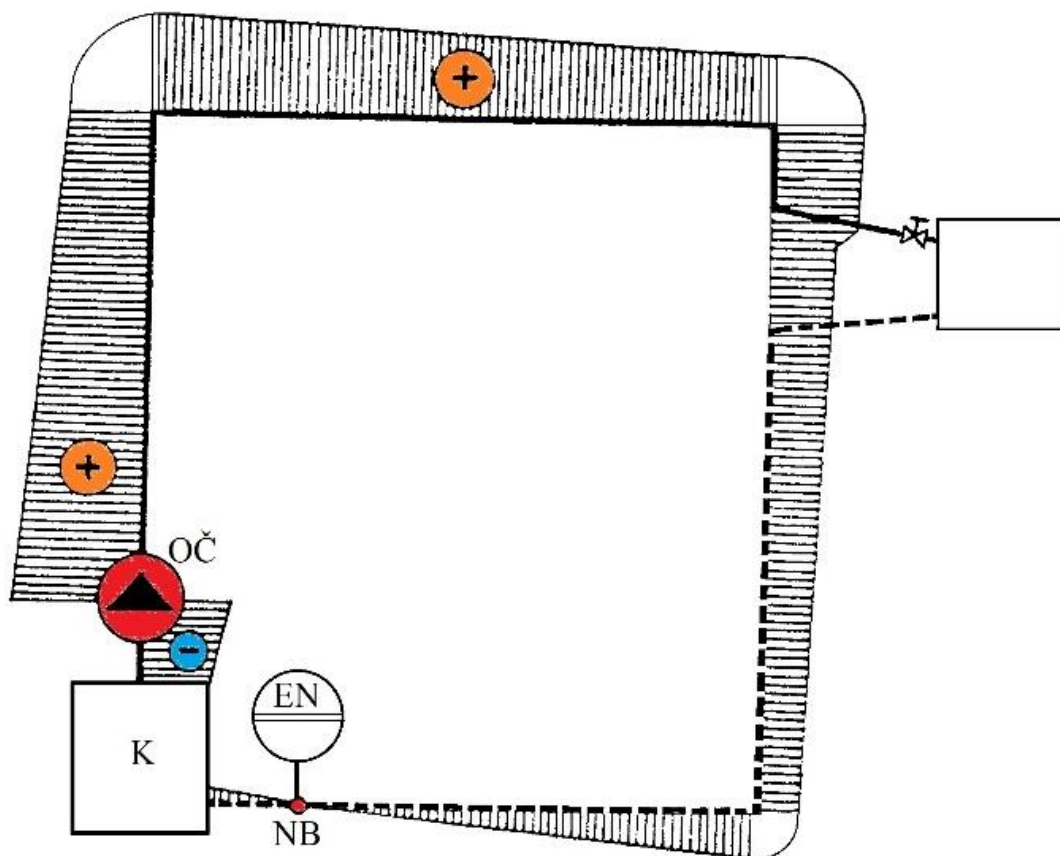
Oběhová čerpadla se dříve, vzhledem k tepelnému namáhání ucpávky, instalovala převážně do vratného potrubí. Dnešní čerpadla jsou navrhována na trvalou teplotní odolnost za provozu do 120 °C a tak je vhodnější, vzhledem k rozložení tlaků v soustavě a napojování tlakové expanzní nádoby či automatického expanzního zařízení na zpátečku, umístit čerpadlo v přívodním potrubí.

Bez ohledu na to, je-li oběhové čerpadlo zařazeno do přívodního nebo vratného potrubí otopné soustavy, je vždy nutno kontrolovat, zda v žádném místě soustavy nevzniká podtlak proti atmosféře, který by vedl k vnikání vzduchu do soustavy, a tím způsoboval provozní poruchy či nežádoucí hlukové projevy. Rozložení relativních přetlaků v otopné soustavě po zapnutí oběhového čerpadla je schematicky znázorněno na obr. 3 a 4 a závisí na vzájemné poloze čerpadla a místa napojení expanzní nádoby.

Na obr. 3 je jednoduché schéma otopné soustavy s tlakovou expanzní nádobou, kde expanzní nádoba je napojena na soustavu ve směru proudění za čerpadlem či jinak za výtlačným hrdlem oběhového čerpadla. Místo napojení expanzní nádoby označujeme jako neutrální bod (NB).



Obr. 3 Expanzní nádoba za výtlačným hrdlem oběhového čerpadla [3]



Obr. 4 Expanzní nádoba na sací straně oběhového čerpadla [3]

Když je čerpadlo vyřazeno z provozu, je v každém místě otopné soustavy pouze hydrostatický tlak, který odpovídá výšce vodního sloupce nad sledovaným místem plus přetlaku od tlakové expanzní nádoby. Po zapnutí čerpadla působí na úroveň přetlaku, vytvořeného hydrostatickým tlakem a přetlakem od expanzní nádoby, dopravní tlak čerpadla zmenšený o tlakové ztráty, tj. v některém místě dílem relativní přetlak (+) a dílem relativní podtlak (-). V místě napojení expanzní nádoby (NB) je nulový dynamický tlak a v tomto bodě působí pouze hydrostatický tlak vodního sloupce a přetlak od tlakové expanzní nádoby.

Umístění čerpadla vůči místu napojení expanzní nádoby tak, aby byl v otopné soustavě relativní přetlak, je z tlakového hlediska příznivější. Když téměř celá soustava pracuje v relativním přetlaku, pak nehrozí nebezpečí, že dojde k přísávání vzduchu do soustavy a k neustálému zavzdušňování např. nejvýše položených otopných těles za provozu.

Zapojení podle obr. 4 považujeme za příznivější z hlediska dobré funkčnosti a spolehlivosti soustavy. Na obr. 3 je uvedeno obdobné zapojení jako na obr. 4, leč s jiným umístěním oběhového čerpadla v soustavě. Je zde patrné, že převážná část otopné soustavy je v relativním podtlaku. Pokud budeme mít silné čerpadlo a malý přetlak od expanzní nádoby hrozí zavzdušňování nejvýše položených otopných těles přes jejich odvzdušňovací ventily.

Je zřejmé, že o rozložení přetlaků v otopné soustavě rozhoduje vzájemná poloha čerpadla a neutrálního bodu. Přijmeme-li, že tlaková expanzní nádoba, nebo automatické expanzní zařízení, je napojena vždy na vratnou větev, můžeme obrázky 3 a 4 označit jako zapojení s „čerpadlem na zpátečce“ a zapojení s „čerpadlem na přívodu“.

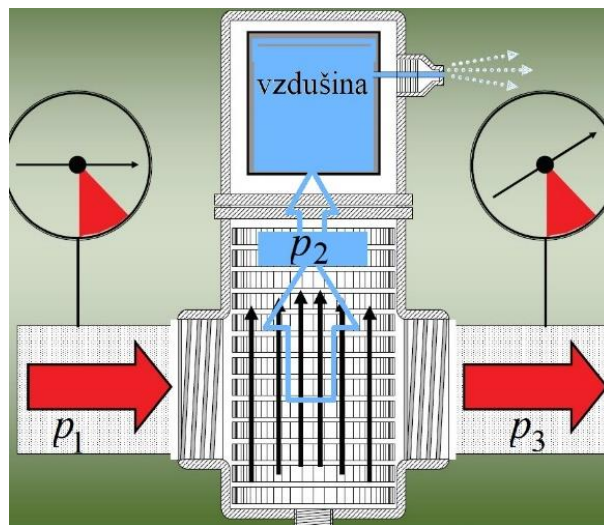
Možnosti odplynění otopné vody

Z předchozího je zřejmé, že o obsahu vzdušiny v otopné soustavě rozhoduje jak teplota, tak i přetlak a tudíž i tlakové poměry v otopné soustavě. Z Henryho zákona víme, jaké množství vzdušiny je schopna nést otopná voda za rovnovážného stavu. V otopné soustavě se však nejedná o setrvalý rovnovážný stav. To nás vede k možnostem odplynování vody, tedy dosahování menšího obsahu vzdušiny v otopné vodě, než předpokládá rovnovážný stav a bránění provozním potížím a korozivnímu působení kyslíku na materiály otopné soustavy. Nicméně voda v otopné soustavě se bude snažit stále dosahovat rovnovážného stavu a přijímat do sebe vzdušinu podle výše popsaných principů.

Obecně rozlišujeme tři základní možnosti odplynění otopné soustavy či odplynění vody v otopné soustavě. Jedná se o:

- odplynování za nezměněných provozních podmínek,
- odplynování při zajištění barometrického tlaku a
- odplynování při vytvoření podtlaku.

První možnost představuje využití automatických odvzdušňovacích ventilů či separátorů plynů. Zde však narážíme na problém, že k maximálnímu vytěsnění vzdušiny z vody dochází při vysoké teplotě, nebo nízkém tlaku. Automatické odvzdušňovací ventily umístěné v horních částech soustavy tak využívají nejnižšího přetlaku v otopné soustavě. Stejně jako separátory plynů, které se umísťují za výstupem ze zdroje tepla, tedy využívají hlavně maximální teploty, jsou schopny odloučit pouze již vytěsňovanou vzdušinu. U automatických separátorů plynů pak i nepatrnou část absorbovanou ve vodě, díky konstrukčnímu provedení, kde dochází i k náhlé změně přetlaku díky náhlé změně průřezu (viz obr. 5).



Obr. 5 Separátor plynů [4]

Druhou možností je snížení přetlaku na nulu, tj. zajištění působení pouze barometrického tlaku a při takto dosaženém rovnovážném stavu odvést vytěsňovanou vzdušinu. To bývá standardní proces u automatických expanzních zařízení (např. Reflex – Variomat), kde část otopné vody ze soustavy proudí do nádoby, kde působí pouze barometrický tlak a odplyněná je pak tlačena zpět do otopné soustavy.

Poslední možnost jde ještě dál. Místo působení barometrického tlaku, působí na otopnou vodu dokonce uměle vytvořený podtlak. Taková zařízení pak představují skupinu zařízení pro

automatické odplynování a doplňování či dokonce chemickou a fyzikální úpravu vody (např. Reflex – Servitec).

Závěr

Řešíme-li problémy se vzduchem v otopné soustavě, vzpomeňme si vždy na Henryho zákon. Buď je v soustavě nevhodné rozložení tlaků, a to i lokálně, kde v určitých místech může docházet k ejekčním účinkům, kavitacím či jen náhlým změnám průřezů, a tak i přetlaků, nebo máme velké rozdíly teplot (nad 25 K), které umožňují průkaznou změnu rovnovážného stavu a následnou difúzi plynů do otopné vody.

Literatura

1. Vaněk, V.: Odplynění otopných a chladicích soustav. <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/15846-odplyneni-otopnych-a-chladicich-soustav>
2. 2008 ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ISBN 978-1-933742-34-2
3. Bašta, J., Kabele, K.: Otopné soustavy teplovodní – sešit projektanta. Třetí přepracované vydání. STP 2008, ISBN 978-80-02-02064-6, 96 s.
4. Volně přístupné firemní internetové zdroje (Reflex, Altecnic).