

PASIVNÍ DŮM V RYCHNOVĚ – VYHODNOCENÍ NĚKTERÝCH MĚŘENÝCH DAT ZA ROK 2006

Pavel Kopecký

*Katedra konstrukcí pozemních staveb
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz*

Abstrakt

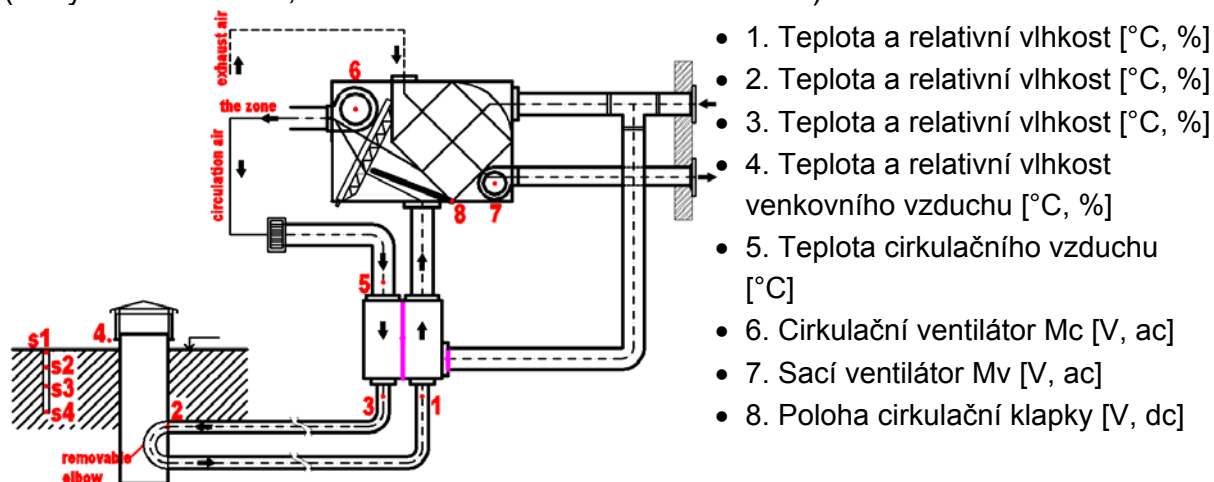
Pasivní dům v Rychnově u Jablonce nad Nisou je monitorován od září 2005. Měření bylo navrženo s ohledem na podrobné sledování provozu mechanického větrání s rekuperací a předřazeným zemním výměníkem tepla a sledování kvality vnitřního prostředí v domě. Příspěvek se zabývá vyhodnocením některých měřených dat za rok 2006.

Úvod

Nucené větrání s rekuperací a zemním výměníkem tepla (dále v textu ZVT) pasivního domu v Rychnově u Jablonce nad Nisou [1] jsou monitorovány od začátku září 2005 (spolupráce ČVUT, FSv a ATREA s.r.o.). Dům je obýván čtyřčlennou rodinou (2 dospělí, 2 děti). Měřená data zejména umožňují sledovat způsob provozování systému větrání včetně spotřeb elektrické energie na pohon ventilátorů, vazbu mezi výměnou vzduchu a kvalitou vnitřního prostředí, vazbu mezi ZVT a systémem větrání. Data dále slouží k validaci dynamického modelu ZVT [2], který umožňuje sledovat a vyhodnocovat tepelně-vlhkostní chování ZVT v průběhu modelového období.

Měření in-situ

Schéma monitorovaného systému je na obr. 1, základní informace k ZVT viz [3]. Zajímavostí systému je, že pro chlazení budovy je možné využít cirkulačního provozu ZVT. Data jsou sbírána do měřicí ústředny (vzorkovací frekvence 1 min) a do tří nezávislých dataloggerů. Jeden z dataloggerů je umístěn v nasávací šachtě (sensor 2 a 4, obr. 1), druhý je umístěn uvnitř domu (obývací pokoj) a sbírá informace o teplotě, relativní vlhkosti a koncentraci CO₂ vnitřního vzduchu (vzorkovací frekvence 5 min). Třetí datalogger sbírá informace o teplotě zeminy (body s1 až s4, vzorkovací frekvence 15 min) z 1 m hlubokého vrtu.

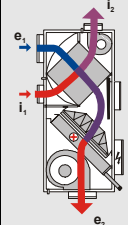
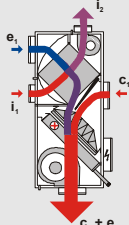
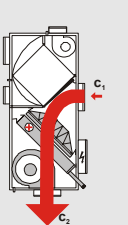
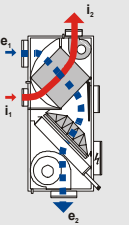
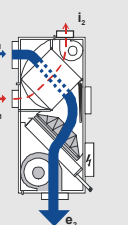


Obr. 1: Schéma monitorovaného systému s umístěním čidel

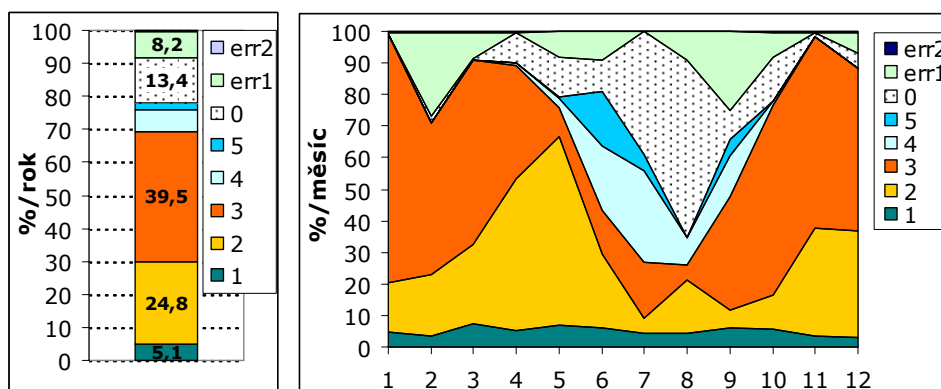
Mechanické větrání

Krátký krok zápisu dat umožňuje podrobné sledování provozních režimů větrací jednotky v průběhu její činnosti, což umožňuje relativně přesně určit velikost aktuálního průtoku vzduchu a časové úseky kdy byl ZVT v provozu. Systém větrání nabízí pět základním režimů provozu ve dvou výkonových úrovních (NORM, MAX) a tři režimy vynucené externím signálem (míněno např. použití WC, vaření), viz tab. 1. Každý z režimů je definován vzájemnou kombinací provozu cirkulačního a odsávacího ventilátoru a polohy cirkulační klapky.

Tab. 1: Režimy větrání – základní definice

| err2 | err1 | 0 | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | externí signály |
|-------------------------|------------|----------------|---|-----|---|-----|---|-----|--|-----|---|-----|------------------------------------|
| | | | NORM | MAX | NORM | MAX | NORM | MAX | NORM | MAX | NORM | MAX | |
| chyba při určení režimu | chybí data | vypnutý systém |  | |  | |  | |  | |  | | režimy 2a, 2b, 5a |
| | | | větrání se ZVT | | vytápění + větrání se ZVT | | vytápění nebo chlazení | | noční větrání | | chlazení (přímé sání přes ZVT) | | větrání vynucené externími signály |

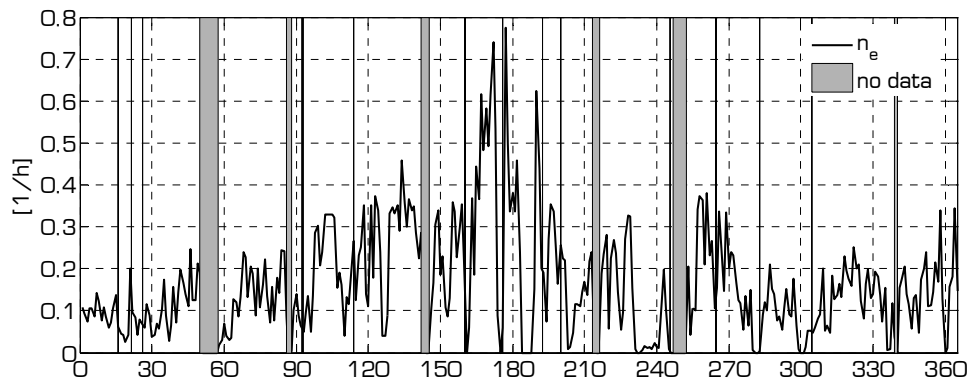
Relativní četnost využití větracích režimů po měsících během roku a za celý rok 2006 je zobrazena na obr. 2. Jasně zřetelná je dominance režimů 3 a 2. Použití režimů 4 a 5 je omezeno jen na letní měsíce (chlazení). Od 11.7.2006 bylo umožněno cirkulační chlazení přes ZVT, což vysvětluje využití režimu 3 v letním období (zejména červenec).



Obr. 2: Četnost využití větracích režimů (rok 2006, pro přehlednost nejsou zobrazeny NORM, MAX)

Průměrná denní výměna vzduchu během roku 2006 je zobrazena na obr. 3. Z průběhu je patrná tendence větrat co nejméně během otopného období, s ohledem na redukci tepelné ztráty větráním a udržení přijatelné vlhkosti vnitřního vzduchu, ale zároveň ještě dostatečně s ohledem na nutný přísun čerstvého vzduchu a odvod škodlivin (indikátorem kvality vnitřního vzduchu může být koncentrace CO₂). Výměna vzduchu se postupně zvyšuje, nejvyšší hodnoty jsou dosahovány během velmi teplých období (zvyšování průtoků pro odvod tepelné zátěže v režimu 5).

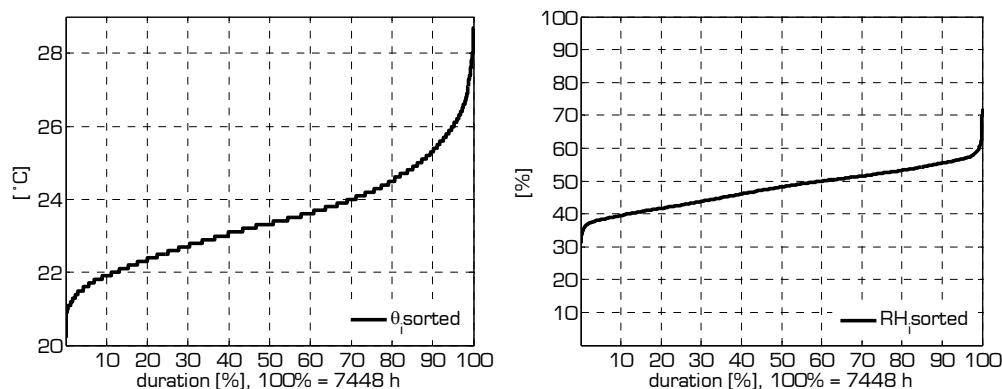
Dosahovaná průměrná řízená výměna vzduchu se může zdát velmi nízká. Například: 0,1 h⁻¹ činí přibližně 30 m³/h, společně s infiltrací přes plášť budovy (n₅₀ = 0,88 h⁻¹) se teoreticky může jednat přibližně o 45 m³/h (~ 0,15 h⁻¹). Při průměrném celodenním obsazení (4 osoby, každá 12 h) potom vychází přívod čerstvého vzduchu 23 m³/h na osobu.



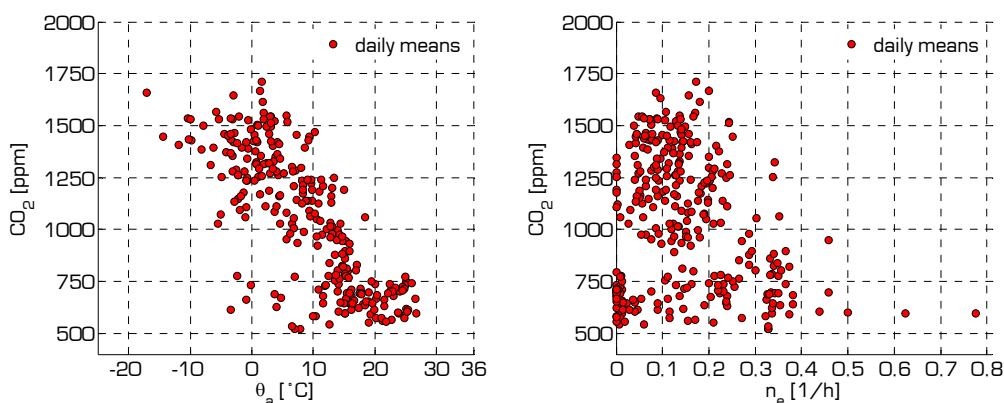
Obr. 3: Průměrná denní výměna vzduchu, rok 2006 (tmavě vyznačena období, kdy chybí data)

Vnitřní prostředí

Teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu (obr. 4, sensory v obývacím pokoji) jsou důležité parametry pro vnímání kvality vnitřního prostředí obyvateli. Teplota vnitřního vzduchu nepřesáhla 28,7 °C (9.7.2006)¹, relativní vlhkost se většinu roku pohybovala mezi 35 – 60 % a ani v chladných dnech neklesla pod 30 %. Hodnoty měřených koncentrací CO₂ (obr. 5) jsou občas vyšší než Pettenkoferovo kritérium 0,15 % = 1500 ppm. Patrně bude ještě větší věci další diskuze a vyhodnocení měřených koncentrací CO₂, jaká průměrná intenzita výměny vzduchu je pro obyvatele ještě optimální. Nepochybně rozhodující je dosti subjektivní stanovisko uživatelů.



Obr. 4: Vlevo - rozříděná teplota vnitřního vzduchu, vpravo – rozříděná relativní vlhkost vnitřního vzduchu (100 % = pětiminutová data z roku 2006, která jsou k dispozici)

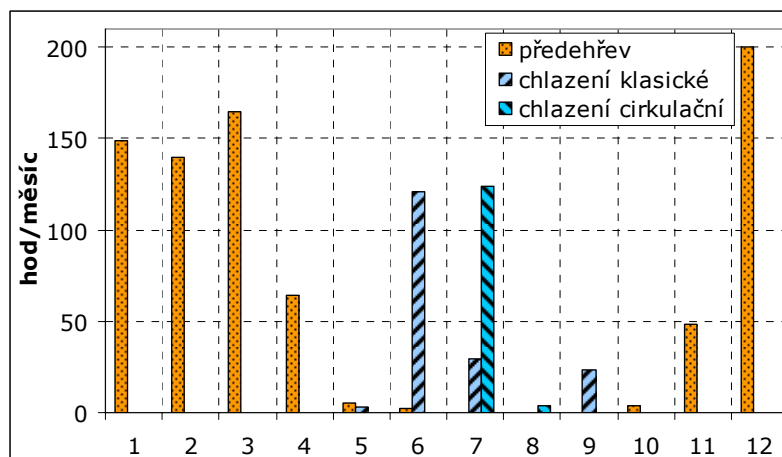


Obr. 5: Vlevo – průměrná denní koncentrace CO₂ rozříděná podle průměrné teploty vnějšího vzduchu θ_a , vpravo – podle průměrné denní výměny vzduchu n_e

¹ Během období 2.7.2006 – 9.7.2006 byl dům neobsazený, nevětraný a zároveň bylo velmi teplé období s maximální teplotou vnějšího vzduchu opakovaně přesahující 30 °C. Po příjezdu rodiny odpoledne 9.7.2006 byl dům vychlazen během jedné letní noci na teplotu nižší než 25 °C.

Zemní výměník tepla

Provoz ZVT v roce 2006 rozdělený na období přehřevu, chlazení pomocí klasického uspořádání a chlazení pomocí cirkulačního uspořádání je zobrazený na obr. 6. Chlazení v ZVT je řízeno denní oscilací teploty vnějšího vzduchu, ZVT je typicky v provozu během denní části velmi teplých období. Naproti tomu, přehřev vzduchu v ZVT je v průběhu dne rozložen velmi nerovnoměrně, kdy se uplatňuje vazba na aktuální režim větrání.



- Přehřev: 778 h/rok
- Chlazení klasické: 176 h/rok
- Chlazení cirkulační: 128 h/rok
- Počet dnů kdy bylo využito chlazení přes ZVT: 42 dnů (26 klasické + 16 cirkulační)
- Počet dnů, kdy bylo využito přehřevu přes ZVT: 127 dnů

Obr. 6: Doba provozu ZVT v hod/měsíc během roku 2006

Závěr

Na základě prezentovaných výsledků měření lze vyslovit tyto závěry:

- Průměrná denní výměna vzduchu v mechanicky větraném domě může být mnohem nižší než s kterou se běžně počítá v energetických výpočtech pro určení potřeby tepla na vytápění. Výměna vzduchu během dne (a tedy i tepelná ztráta větráním) je rozložena velmi nerovnoměrně – snaha větrat zejména tehdy, kdy jsou v domě vyvíjeny škodliviny (večerní přítomnost lidí v domě, vaření, odvod vlhkosti z koupelny, odvod oděrů po použití WC)
- I přesto, že jde o lehkou stavbu (systém montovaných panelů na bázi dřeva), teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu se pohybovaly v přijatelných mezích. To není pouze zásluha dobře fungujícího systému větrání, ale zejména zásluha kvalitního stavebního řešení (např. vysoká těsnost obálky budovy, přiměřená velikost a orientace prosklených ploch, přiměřená velikost celkové tepelné zátěže vnitřního prostoru a chladícího výkonu ZVT).
- Koncentrace oxidu uhličitého se pohybovaly mírně výše než všeobecně přijímané limity (např. EN CR 1752 pro třídu „C“: 1200 ppm).

Poděkování: Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. Autor také velmi děkuje manželům Jindrákovým za laskavé umožnění provozního sledování ZVT a společnosti Atrea s.r.o za spolupráci při vyhodnocování dat.

Literatura:

- [1] Jindrák, M.: Pasivní dům v Rychnově. In: Tepelná ochrana budov, 1/2005.
- [2] Kopecký, P. Zemní výměník tepla: model a validace. In: Vytápění Větrání Instalace 4/2006.
- [3] Kopecký, P.: K energetickému přínosu zemního výměníku tepla, sborník konference Pasivní domy 2006.