

Ing. Zdeněk ZIKÁN
ATREA s.r.o.

Pasivní domy Koberovy s teplovzdušným vytápěním a větráním

Passive Houses in Koberovy with Warm Air Heating and Ventilation

Recenzenti
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Článek popisuje realizovaný soubor 13 pasivních domů v obci Koberovy a seznamuje s realizovaným měřením spotřeby energií v obytném souboru za období 3 let (2009–2011). Zároveň jsou při těchto měřeních spotřeby energií měřeny některé mikroklimatické parametry ve vybraném, užívaném domě. Článek se blíže zaměřuje na vyhodnocení parametru přehřívání domu na překračování nejvyšší dovolené teploty vzduchu v posuzované místnosti nad 27 °C, což je hodnota uvedená v TNI 73 0329 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – rodinné domy a také v ČSN 73 0540–2 s ohledem na skutečnost, že uvedené stavby jsou realizovány jako tzv. dřevostavby.

Klíčová slova: teplovzdušné vytápění, větrání, pasivní domy

The author describes the implemented complex of 13 passive houses in the municipality of Koberovy and introduces readers with the implemented energy consumption measurement in this residential complex during the period of time 3 years (2009–2011), in his article. There are measured certain micro-climatic parameters in one selected and used house concurrently with the aforementioned measurements of the energy consumption. The author concentrates in more detail to the evaluation of the parameter concerning the house overheating the highest permitted air temperature over 27 °C in the evaluated room, in his article. He presents the value specified in TNI 73 0329 – Simplified calculation of evaluation and classification of residential houses with very low heat consumption for heating, i.e. family houses as well as ČSN 73 0540–2 as concerns the fact that specified buildings have been implemented as so called wooden structures (houses).

Key words: warm air heating, ventilation, passive houses

ÚVOD

V obci Koberovy byla realizována výstavba obytného souboru 13 pasivních domů s dřevním nosným konstrukčním systémem. Koncepce domů je řešena ve standardu pasivního domu s výpočtovou měrnou potřebou tepla na vytápění do 15 kWh/m². Plocha zasklení hlavního obytného prostoru, jež je umístěn u jižní fasády a je obvykle propojen s kuchyní a jídelnou, dosahuje více než 30 %, a je proti letnímu přehřívání kryta konzolovým přesahem střechy. Na severní straně jsou vstupní, hygienické a technické prostory, schodiště a mimo tepelnou obálku budovy navazující přistřešky pro auto a zahrádkní kůlnu. Obvodové stěny tloušťky 400 mm jsou konstruovány tak, aby s tepelnou izolací dosahovaly součinitele prostupu tepla $U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Důsledně jsou eliminovány všechny tepelné mosty. Okenní konstrukce mají dřevěné rámy a trojitě zasklení, které dosahují hodnoty součinitelů prostupu tepla $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; velké okenní plochy v přízemí jsou s pevným zasklením. Pro zajištění tepelné pohody a vnitřního prostředí je v těchto pasivních domech použito teplovzdušné vytápění a větrání se ZZT dvouzónovým systémem s rekuperační teplovzdušnou jednotkou Duplex RB. Jednotky jsou v převážné většině objektů napojeny na zemní cirkulační výměník tepla, kte-

rý se využívá pro letní přetlakové nebo cirkulační chlazení a zimní předeřev větracího vzduchu. Teplovzdušné jednotky pracují v několika režimech. Rozlišují se tři režimy zimní a dva letní.

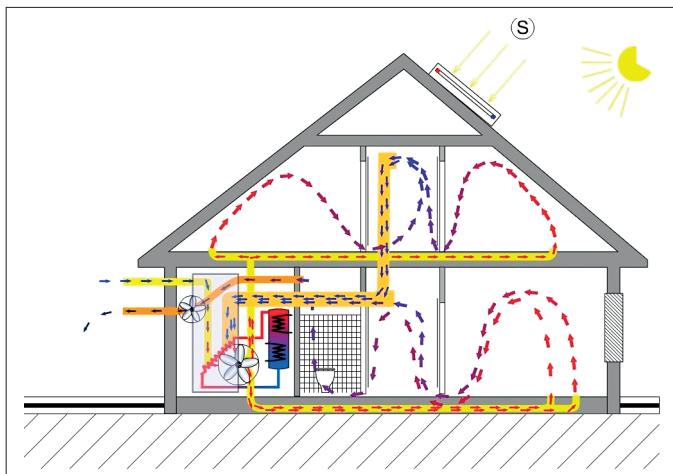
V zimě jednotky pracují v režimu samotné cirkulace, větracím nebo v režimu cirkulace s větráním dohromady. Vždy buď bez dohřevu vzduchu nebo s dohřevem, pokud je nutno pokrýt tepelné ztráty objektu z jiných než vnitřních zdrojů tepla.

V letním období se používá především *letní podtlakové odsávání* vzduchu z koupelen, záchodů, kuchyně, kdy se vzduch do objektu dostává pootevřenými okny nebo při využití zemního výměníku se používá *letní přetlakové* či cirkulační chlazení.

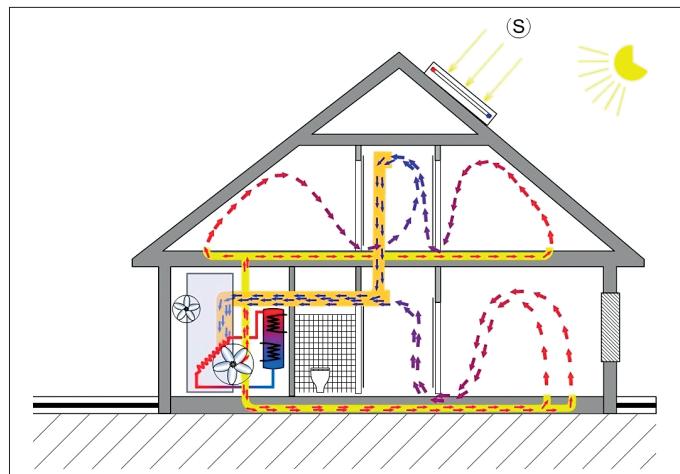
V Koberovských objektech jsou použity integrované zásobníky tepla IZT 615 (kapacita 615 l). Hlavní energie, která je akumulována v IZT, je energie ze solárního okruhu (jeho hlavní využití je především v letním období) a energie z krbových kamen na kusové dřevo s teplovodní vložkou (hlavní využití je naopak v zimním období). Záložním zdrojem na období, kdy ne-

Tab. 1 Statistiky spotřeb tepelné energie v domě a zisku z krbových kamen. Z tabulky vyplývá rovněž četnost používání otopného systému i krbových kamen v daném roce

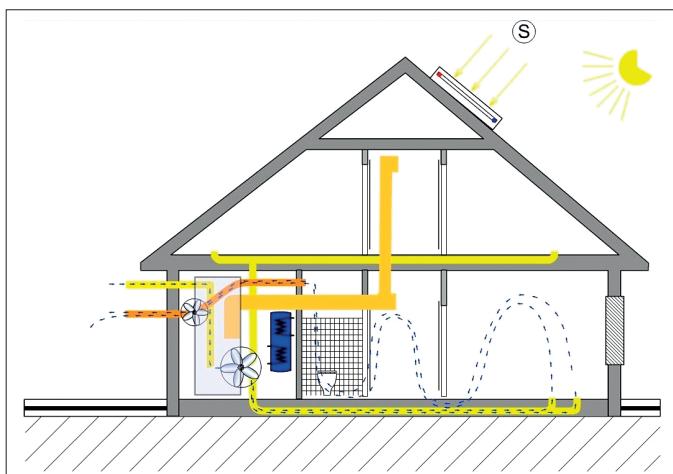
Období	Počet dní	Otopný systém				Otopný zisk z krbu			
		Počet dní využití	Průměrná spotřeba na den	Průměrná spotřeba na den když se topí	Max. denní spotřeba	Počet dnů využití	Průměrný denní zisk	Průměrný zisk na den když je krb v činnosti	Max. denní zisk
		–	–	kWhod	–	–	–	kWhod	–
od počátku	1362	644	3,38	6,19	34,72	194	0,66	3,98	13,61
2008	196	86	3,76	8,54	25,83	56	1,41	4,91	13,61
2009	365	162	4,63	7,28	34,72	72	1,16	3,97	11,90
2010	365	220	3,18	5,28	19,40	42	0,34	2,95	6,60
2011	365	176	2,49	5,17	16,40	24	0,24	3,68	7,60
2012	71	71	7,61	7,61	18,80	16	0,84	3,74	7,10



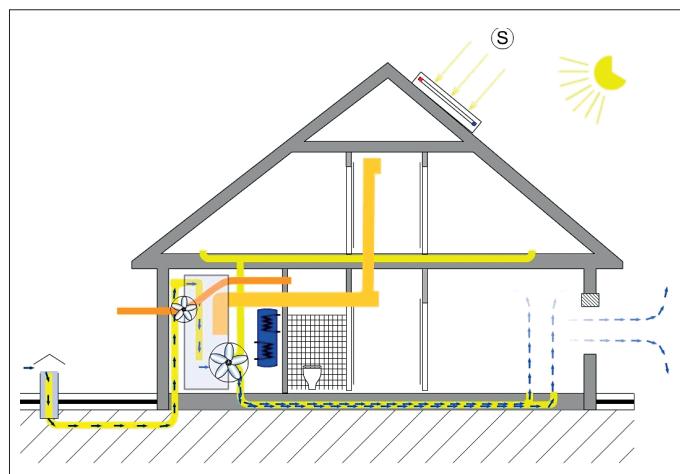
Obr. 1 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – cirkulační a větrací režim



Obr. 3 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – cirkulační režim s ohřevem vzduchu – vytápění objektu



Obr. 2 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – rovnotlaké větrání



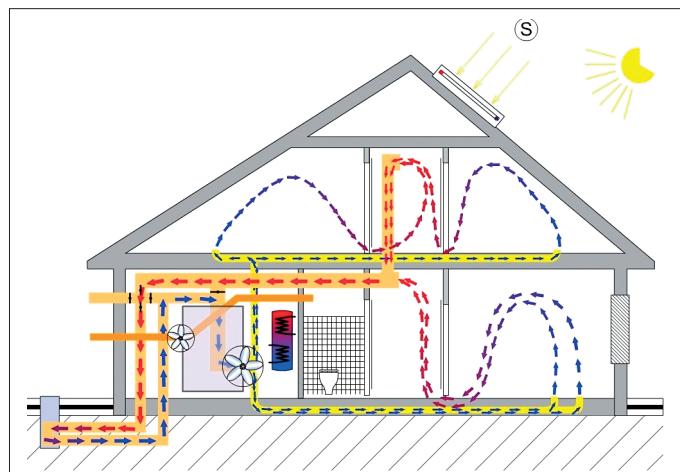
Obr. 4 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – letní přetlakové chlazení jednoduchým zemním výměníkem

svítí slunce a není zatopeno v krbových kamnech, je elektrická energie. IZT je zároveň elektrokotel. Otopná voda z IZT 615 ohřívá teplovodní registr větrací jednotky a otopné žebříky v koupelnách. Průtočně ohřívaná teplá voda proudí přímo do hygienických zařízení a dále přes samostatný termostatický ventil do myčky nádobí a pračky, kde zajišťuje další úsporu přímotopné elektrické energie.

Měření spotřeby energie a některých mikroklimatických parametrů

Podrobná dlouhodobá měření jsou prováděna na 4 domech, na ostatních domech jsou vyhodnocovány jen celkové spotřeby energií. U dvou vybraných domů je navíc prováděno další detailnejší měření některých teplot, relativní vlhkosti, spotřeby TV atd. Pro měření dodané energie jsou použity měřicí kalorimetry Supercal 539, teplotní čidla Pt 100, kombinované čidlo na teplotu a relativní vlhkost.

Kalorimetrické počítadlo Supercal 539 je stanovené měřidlo, které slouží k vyhodnocení množství dodané nebo odebrané energie v otopných a chladicích systémech na základě vyhodnocení průtoku a teploty teplosně látky na přívodu a vratném potrubí podle kalorimetrické rovnice. Supercal 539 je měřicí tepla kompaktního provedení, který v jediném celku integruje tři části – průtokoměr s integrovaným teplotním čidlem pro montáž v přívodním potrubí a kalorimetrické počítadlo s bateriovým napájením vybavené mnoha pokročilými funkcemi a možnostmi komunikace s nadřazenými systémy. Dále jsou prováděny odečty elektrické energie na patě domu a odečet na elektroměru IZT. Jednotlivé měřené hodnoty jsou předávány v reálném čase (vždy po 10 minutách) přes wifi síť do počítačové

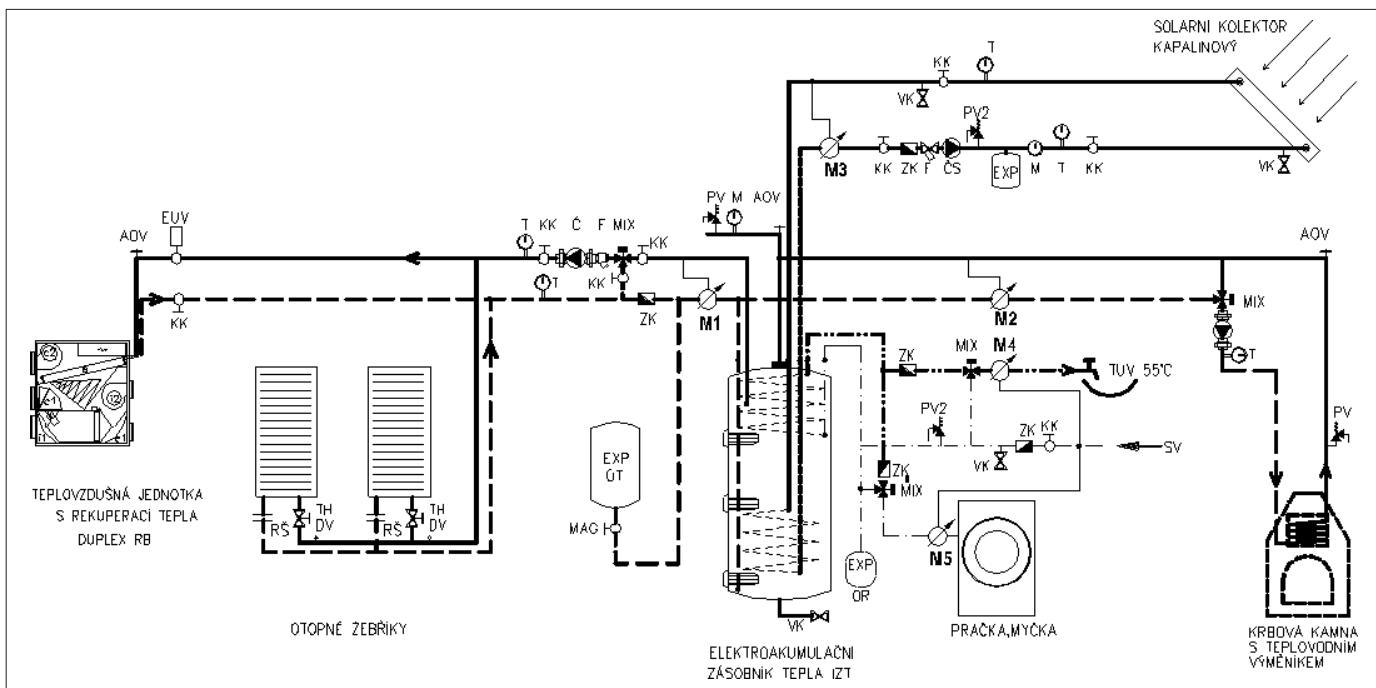


Obr. 5 Teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací – letní cirkulační chlazení dvourubkovým cirkulačním zemním výměníkem

ústředny a je možno je následně vyhodnocovat. Měření spotřeby elektrické energie je prováděno osobním odečtem.

Měření a vyhodnocení některých mikroklimatických parametrů

Na obr. 8 a 9 jsou ukázky grafů vyhodnocující průměrné relativní vlhkost (obr. 8) v domě a průměrné teploty vzduchu v měřené místnosti (obr. 9) v roce 2010.



Obr. 6 Schéma zapojení energetického systému domu s osazenými kalorimetry – M1 až M5 umístění jednotlivých kalorimetru v energetickém systému domu



Obr. 7 Umístění kombinovaného čidla pro měření teploty a vlhkosti vzduchu

V příspěvku je kladen důraz hlavně na výskyt teplot vnitřního vzduchu nad 27 °C, což je hodnota stanovená v TNI 73 0329 – Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – rodinné domy a také v ČSN 73 0540–2, kde je dán tento požadavek na nevýrobní budovy s tím, že norma připouští u obytných budov překročení této hodnoty max. o 2 °C na souvislou dobu maximálně 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí. Hodnocení místnosti se provádí bez zaocítání vnitřních zisků v místnosti.

Z obr. 9 vyplývá překročení teplot nad sledovanou hodnotou 27 °C u průměrných teplot v roce 2010 třikrát, a to počátkem června, počátkem července a v polovině července. V roce 2011 to bylo pouze jedenkrát a to na konci srpna. U červených čár, což jsou křivky spojující maximální teploty daného dne, je toto překročení již vícečetné a mohlo by se zdát, že se jedná o poměrně významné překračování této normy. Podrobnějším vyhodnocením dokládající pak četnost výskytu časového překročení (k maximální teplotě mohlo dojít v daný den jen krátce nebo také na delší dobu) zjistíme celkové doby překračování těchto teplot. Statistika výskytu teplot vzduchu ve vnitřním prostoru vyšší než 27 °C je uvedena v tab. 2.

Z toho vyplývá, že k uvedeným překračování teplot dochází v průměru na 5 až 7 % roční doby. Dalším podrobnějším vyhodnocením je také spojitost

Tab. 2 Statistika výskytu teplot vzduchu ve vnitřním prostoru nad 27 °C
(z uvedeného výskytu nejsou odečteny dny, kdy došlo k ovlivnění teploty vzduchu využíváním krbových kamen)

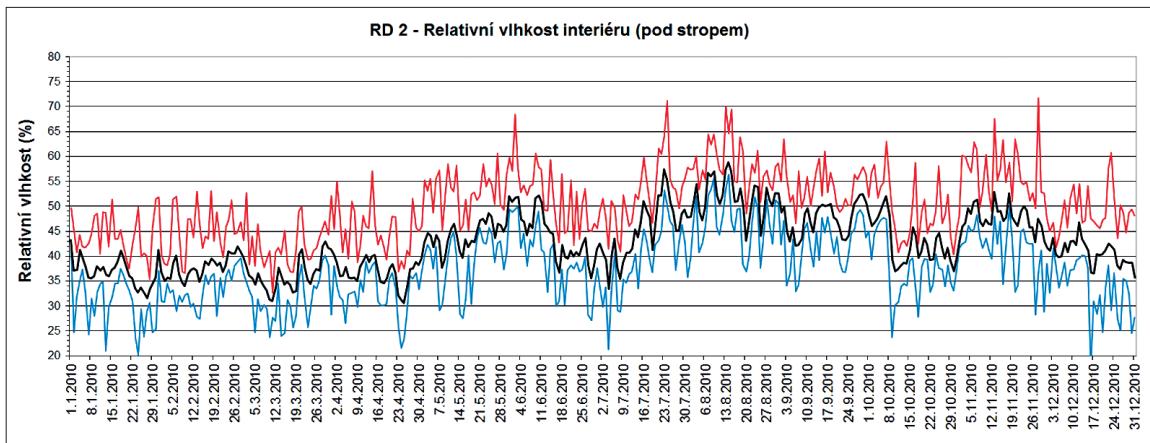
	Počet dní	Počet hodin s teplotou vzduchu nad 27 °C	% z roku
od počátku	1362	2 223,67	6,80
2008	196	478,00	10,16
2009	365	405,00	4,62
2010	365	650,50	7,43
2011	365	596,50	6,81
2012	71	93,67	5,50

s používáním krbových kamen, která mají celkový otopný výkon cca 10 kW, z toho cca 50 % dodávají do teplovodního výměníku (údaj výrobce). Zbytek tepla jde do prostoru obývacího pokoje. Bohužel vhodnější krbová kamna, v době kdy byly pořizovány, nebyly na trhu a lze konstatovat, že do dnešního dne není na trhu mnoho krbových kamen vhodných do pasivních domů – viz obr. 10.

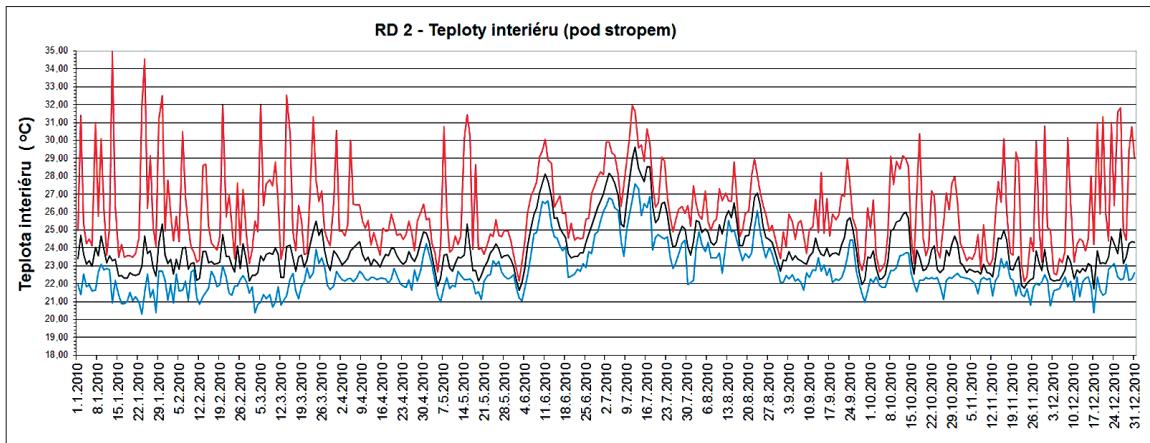
Z obr. 10 vidíme ovlivnění vnitřní teploty působením krbových kamen a následné udržení teploty v domě díky izolaci vlastního domu. Zisk krbových kamen dne 23.12.2011 je 5,2 kW, tzn., že i ohřátí prostoru, jež má reálnou tepelnou ztrátu cca 700 W proběhlo díky příkonu 5,5 kW po dobu cca 4 hodin. Pro budoucí hodnocení bude ještě nutno eliminovat tyto vnitřní tepelné zisky od krbových kamen, což způsobí příznivější hodnocení z hlediska procentuální celkové doby přehřívání prostoru, které je v této chvíli na úrovni v průměru na 5 až 7 % roční doby.

Dalším aspektem, který ovlivňuje hodnocení teploty vzduchu je i umístění čidla teploty a relativní vlhkosti, což dokumentuje obr. 7. Vzhledem k tomu, že při instalaci čidla byl i požadavek, aby čidlo zbytečně nenarušovalo svým umístěním pobytovou místnost, byla zvolena poloha pod stropem místnosti ve výšce 2,5 m nad podlahou. Občasným porovnáním s teplotou ve výšce 1,5 m nad podlahou je možno konstatovat, že pod stropem místnosti je průměrně o cca 0,5 až 0,8 °C vyšší teplota, což odpovídá této poloze. Tento fakt by v konečném hodnocení četnosti výs-

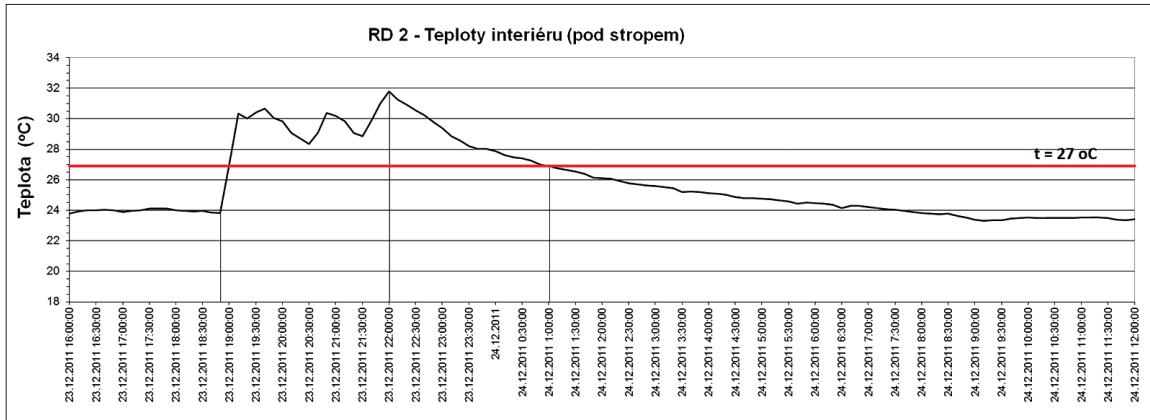
Vytápění, větrání – Heating, Ventilation



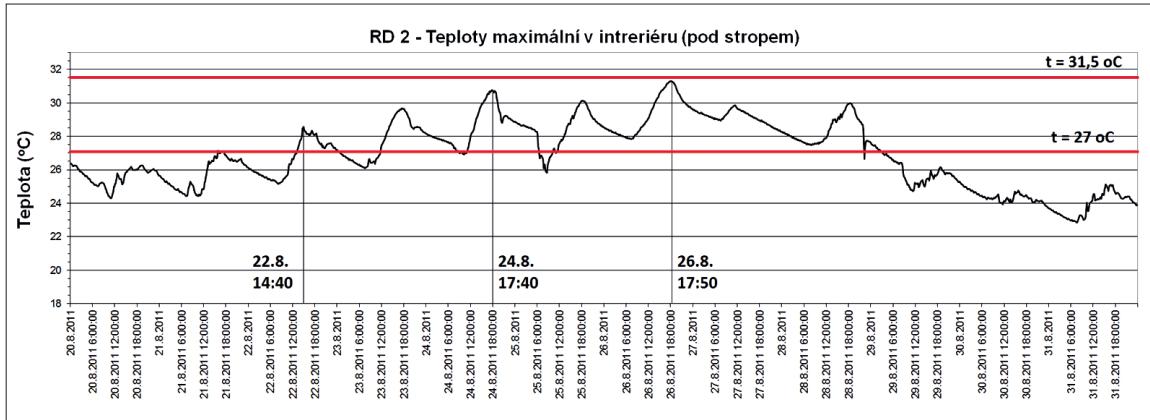
Obr. 8 Průběh průměrných (černá čára), maximálních (červená čára) a minimálních (modrá čára) denních relativních vlhkostí v prostoru za rok 2010



Obr. 9 Průběh průměrných (černá čára), maximálních (červená čára) a minimálních (modrá čára) denních teplot vnitřního vzduchu za rok 2010



Obr. 10 Průběh teplot vzduchu v období od 23. 12. 2011 16:00 hod do 24. 12. 2011 12:00 hod



Obr. 11 Průběh teplot vzduchu ve vnitřním prostoru v období od 20. 8. 2011 0:00 hod do 31. 8. 2011 24:00 hod

kytu teplot nad 27 °C vedl ke snížení této četnosti. Pozorováním a dalším občasným porovnáním v době, kdy jsou používány krbová kamna, je možno konstatovat, že v době používání krbových kamen je rozdíl teplot pod stropem místnosti a ve výše 1,5 m podstatně vyšší a nezřídka dosahuje rozdíl i 5 až 8 °C. To taky vysvětluje i podstatně vyšší naměřené maximální teploty, které občas dosahly hodnot 32 až 35 °C. V místech cca 3 m od krbových kamen u sedací soupravy byly teploty kolem 25 max. 26 °C. Při rozumném používání takovýchto kamen (ne dlouhodobě), může být přijatelné mikroklima v pobytové místnosti. V každém případě bude jistě dobré, aby se pro budoucnost zvýšila nabídka dalších typů krbových kamen malých výkonů, nebo kamen, které co největší část energie předají do akumulačního zásobníku pro další využití a v pobytových místnostech zachovají co nejpříjemnější teplotní mikroklima.

Obdobně jako bylo posuzováno občasné zimní přehřívání prostoru je možno posuzovat i letní přehřívání. Při tomto hodnocení není rozdíl mezi teploměrem pod stropem místnosti a teplotou ve výše 1,5 m nad podlahou velký (do 1 °C), a proto je možno naměřené teploty považovat za kopírující venkovní klima. Nárůst teploty je tedy nutno přicítat

větracímu vzduchu při pirozeném větrání okny, ziskům od slunečního záření případně vnitřním tepelným ziskům (např. od vaření). V letním období není vzduchotechnika využívána, je využíván pouze větrací režim při využívání koupelen, záchodů a při vaření v kuchyni. Po většinu letního období je větráno pirozeně okny.

Na obr. 11 je znázorněn průběh teploty vzduchu v místnosti za uvedené období a tento nárůst teploty je možno příčist postupnému extrémnímu počasí v uvedeném období zejména venkovním teplotám. Extrémní počasí je dokladováno i meteorologickým měřením – viz tab. 3.

Tab. 3 Tabulka meteorologické stanice – hodnoty teploty venkovního vzduchu

Datum	Maximální denní teploty (°C)	Minimální denní teploty (°C)
20/08/2011	22,3	9
21/08/2011	25,1	10,5
22/08/2011	27,5	15,5
23/08/2011	29	12,9
24/08/2011	32,1	19,9
25/08/2011	26,8	16,1
26/08/2011	30,5	14,6
27/08/2011	24,4	11,3
28/08/2011	19	10,2
29/08/2011	20,8	9,2
30/08/2011	17,1	6,3
31/08/2011	18,8	4,5

ZÁVĚR

Přestože ve zkoumaném RD dochází k občasnemu výskytu teplot vnitřního vzduchu nad 27 °C, není využíván v domě instalovaný cirkulační zemní výměník tepla k vylepšení tepelné bilance. Bohužel došlo k jeho poškození a dochází pravidelně k jeho zaplavování spodní vodou. Proto je možno považovat výskyt teplot nad 27 °C ve sledovaném období za přijatelný, zvláště pokud uvážíme, že zvýšení teploty je způsobeno i občasným využíváním krbových kamen. Z hlediska osobního subjektivního posuzování kvality bydlení a kvality mikroklimatu v budově, nezávisle na všech měřeních, od všech bydlících v budově převyšuje kladné hodnocení. Do budoucna je jistě co zlepšovat, ať už v návrzích budov, nebo v nabídce dodavatelských firem (zejména jde o nabídku kvalitních cenově přijatelných krbových kamen vhodných pro nízkoenergetické a pasivní domy) apod. I přes uvedené neduhy lze prvotní pilotní výstavbu souboru pasivních domů v Koberovech na bázi dřevostaveb hodnotit kladně.

Kontakt na autora: poradenstvi@atrea.cz

Větrání pasivních domů

Větrací jednotky Duplex-S 1600 Flex a Duplex-S 2600 Flex dodávané firmou Airflow Lufttechnik GmbH, Rheinbach, získala certifikát komponenty vhodné pro pasivní domy – větrání a zařízení pro zpětné získávání tepla od nezávislého certifikačního ústavu Passivhaus Institut z Darmstadtu. Ústav certifikoval větrací jednotky z hlediska účinnosti zpětného získávání tepla, těsnosti, vyváženosti, regulovatelnosti, ochraně proti hluku a s ohledem na hygienu vzduchu.

Pramen: CCI 10/2012, s. 22a

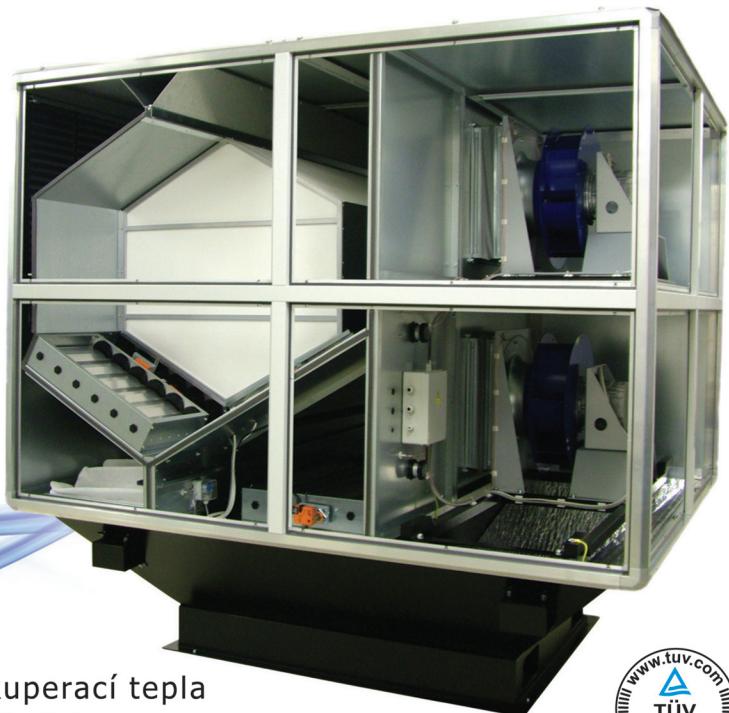
(AB)



NEW

BETA 9/7

průmyslové větrání s rekuperací tepla
s účinností větší > 70 % SFP 4



- větrací a vytápěcí jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do $7000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ • volná oběžná kola s EC motory umožňujícími dvoustupňovou regulaci vzduchového výkonu • automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti ETHERNET a k PC • protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností minimálně 70 %
- distribuce čerstvého vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústekou