

SOUBOR TŘINÁCTI PASIVNÍCH RODINNÝCH DOMŮ ČESKÝ RÁJ – KOBEROVY

THE GROUP OF THIRTEEN PASSIVE HOUSES ČESKÝ RÁJ - KOBEROVY

Petr Morávek, Jan Tywoniak¹

Abstract

The first mass solution of passive houses building in Czech Republic is mentioned in this contribution. Urban, architectural and structural solution are described including the modern heat recovery air ventilating system. Used building system of multiple separated shells by ATREA s.r.o. provides entire elimination of thermal bridges. The final costs of such passive buildings are fully comparable with common buildings.

1 ÚVOD

Koncem roku 2005 byly zahájeny přípravné a projekční práce na výstavbě souboru 13 pasivních nízkonákladových rodinných domů, jako prvního demonstračního projektu skupinové výstavby pasivních domů (PD) v České republice. V současnosti je vydáno územní rozhodnutí a připravují se realizace inženýrských sítí. Zahájení vlastní výstavby PD je v 07/2006.

2 URBANISTICKÁ KONCEPCE VÝSTAVBY

Soubor výstavby je situován uprostřed intravilánu obce Koberovy v nadmořské výšce 430 m.n.m v Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Český ráj. Koncept výstavby respektuje stávající tradiční charakter vesnické zástavby jak charakterem, tak i typologickou formou, kam je kompozičně začleněna jednoduchými sedlovými střechami v jednotném sklonu, výškou hřebenů, charakterem štítů a přesahy střech. Jednotlivé domy jsou umístěné podél neprůjezdné místní komunikace s koncovým obratištěm, která umožňuje pouze pomalý průjezd bez vjezdu cizích vozidel. Trasování komunikací po vrstevnici mírného západního svahu zajišťuje snadnou zimní údržbu a neomezuje oslunění domů.

Jednotlivé parcely mají velikost v rozsahu 900 až 1400 m² podle individuálních požadavků jednotlivých stavebníků.

Situování domů co nejbližší na hranice pozemku uvolňuje celý prostor přilehlých zahrad k rekreačním účelům. Osazení domů podle obrázku 1 s orientací hřebenů střech v ose východ – západ zajišťuje celodenní jižní oslunění hlavního podélného průčelí a zároveň umožňuje nejvýhodnější instalaci solárních termických kolektorů. Postupné natáčení orientace jednotlivých domů od jihu (J) až k jihojihozápadu (JJZ) originálně uvolňuje nerušený výhled z hlavních průčelí mezi sousedícími domy, potlačuje jinak hrozící

¹ Petr Morávek, Ing., CSc., Atrea s.r.o., V Aleji 20, Jablonec n.N. 46601, e-mail: atrea@atrea.cz

Jan Tywoniak, prof. Ing., CSc., FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, Praha 166 29, e-mail: tywoniak@fsv.cvut.cz

monotónnost nové výstavby a odpovídá charakteru obce. Pásová bariéra vzrostlé zeleně opticky vymezuje nerušený výhled a zároveň člení zahradu na veřejnou a intimní část, se zakomponováním obytných teras, popřípadě jezírek s dešťovou vodou.

3 ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ

Vychází z tradiční klasické koncepce vesnického stavení s obytným podkrovím, bez podsklepení, s přímým výškovým napojením přízemí na okolní terén. Po projednání s CHKO Český ráj jsou dominantními prvky jednoduché sedlové střechy ve sklonu 45°, navazující přístřešky pro auta, limitní výška podkrovních nadezdívek, vstupy zásadně na okapové (severní) fasádě, vyloučení balkónů a ložzí. Je zajímavé, že tyto standardně tradiční požadavky CHKO vlastně logicky navazují na moderní zásady pasivní výstavby!

Koncepce domů je řešena na důsledně ve standardu pasivního domu s měrnou potřebou tepla na vytápění do 15 kWh(m²a), s důslednou orientací podélného průčelí k jihu až jihozápadu pro využití pasivních solárních zisků a s prodloužením stínících přesahů střech. Hlavní obytný prostor bezprostředně navazuje na obytnou terasu a zahradu, výškově se tím současně řeší i případný bezbariérový provoz. Polouzavřený přístřešek garážového stání současně překrývá i hlavní vstup a chrání jej před povětrnostními vlivy.

Dispozice domů umožňuje řešit i alternativu tzv. „startovacího bydlení“ mladé rodiny, kdy v první etapě je zprovozněna pouze přízemní část objektu s neobytnou půdou. Až v další etapě života se může zcela nezávisle vybavit celé obytné podkroví.

Na obrázcích 2 a 3 jsou uvedeny vzorové dispozice přízemí a podkroví v nejúspornějších verzích 5 + kk s celkovou výměrou užitné plochy 121 m² (+ 36 m² půdní prostor).

Konkrétní řešení jednotlivých domů řeší pro konkrétní stavebníky významní architekti se zkušenostmi s nízkoenergetickou výstavbou. Všechny domy budou vycházet z výše uvedených jednotných pravidel zástavby a budou používat shodný konstrukční systém.

4 STAVEBNĚ – KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Všechny domy využívají vlastní skeletový konstrukční systém fy Atrea s.r.o. podle obr. 4.

Nosnou konstrukci přízemí tvoří skeletová soustava z lepených dřevěných prvků (sloupků, průvlaků, ztužidel) osazených na základovém prahu, s diagonálním závětrováním, s běžnou technologií spojovacích prostředků.

Celková spotřeba dřeva nepřesahuje 2,7 m³.

Na průvlaky jsou osazeny dřevěné velkorozponové vazníky, jejichž spodní pásnice jako spojitý nosník vytváří přímo stropní konstrukci přízemí. Vazníky jsou přímo na stavbě sbíjeny z prken, tím odpadá nákladná doprava velkorozměrných prefabrikátů. Vazníky vytváří v podkroví zcela volný prostor bez vnitřních podpor pro libovolné řešení vnitřních dispozic.

Obvodové stěny, podle obrázku 5, jsou nenosné, složené ze dvou samostatných pláště bez spřažení, s výplní minerálně vláknitou izolací. Oba pláště mají nosnou kostru buď z tenkostěnných pozinkovaných „U“ profilů, nebo dřevěných latí, a jsou dimenzovány pouze

na vodorovná zatížení. Vnitřní plášť s instalační dutinou a parotěsnou zábranou je ze sádrovláknitých desek. Vnější plášť je řešen v několika variantách s předsazenou termofasádou připevněnou na desky Fermacell, s výstužnou funkcí, případně s větraným dřevěným obkladem.

4.1 Zásadní výhody navržené koncepce obvodového pláště přízemí

- libovolná tloušťka tepelné izolace
- úplná eliminace tepelných mostů v ploše stěn
- libovolný návrh a kombinace konstrukcí i povrchů obou plášťů
- realizace místními firmami přímo na stavbě, která výrazně zlevňuje náklady, nároky na dopravu, odpadá náročné převážení a montáž stěnových panelů
- realizace plášťů pod zastřešením skeletové konstrukce, která zajišťuje dokonalou ochranu před povětrnostními vlivy
- skladebná koncepce umožňuje nezávislou instalaci stěnových vodních, vzduchových nebo fotovoltaických panelů, včetně pozdějších změn

Neprůvzdušnost domu zajišťuje vnitřní parotěsná zábrana z vyztužené PE fólie, samostatně pro každé podlaží, čímž se zcela vyloučí problematické prostupy přes spodní pásnice vazníků.

4.2. Rozhodující návrhové tepelně – technické parametry výstavby

- obvodové stěny : $U = 0,10 \text{ W(m}^2\text{K)}$
- střecha : $U = 0,08 \text{ W(m}^2\text{K)}$
- podlaha : $U = 0,16 \text{ W(m}^2\text{K)}$
- okna a výplně : $U = 0,72 \text{ W(m}^2\text{K)}$
- strop přízemí : $U = 0,22 \text{ W(m}^2\text{K)}$
- výpočtová celková tepelná ztráta : $Q_{\text{max}} = 1,95 \text{ kW}$
- min. výpočtová teplota : $t_{\text{min}} = - 15^\circ\text{C}$
- max. výpočtová teplota : $t_{\text{max}} = + 32^\circ\text{C}$
- střední globální záření dopadající na horizontální plochu : $1050 \text{ kWh(m}^2\text{a)}$ (dle WMO)
- orientace hlavního průčelí : J až JJZ ($180^\circ - 205^\circ$)
- ekvivalentní intenzita větrání : $n = 0,18 - 0,25 \text{ h}^{-1}$
- rozsah prosklení : do 28% plochy fasád

5 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA

5.1 Koncepce

Všechny objekty budou standardně vybaveny dvouzónovým systémem teplovzdušného cirkulačního vytápění a větrání s rekuperací tepla fy Atrea s.r.o. Centrální podstropní jednotka DUPLEX RB obsahuje nízkoteplotní vodní ohřívač, filtr G4, pomaluběžný cirkulační ventilátor, ventilátor odpadního vzduchu, protiproudý rekuperační výměník se základní účinností 90% (bez kondenzace), směšovací klapku volby režimů a vestavěnou digitální regulaci.

Podlahovými rozvody profilu 200x50 mm se rozvádí směs cirkulačního a čerstvého vzduchu do podokenních podlahových vyústek v každé obytné místnosti. Pod dveřmi bez

prahů se vzduch pak odvádí do předsíní k centrálním mřížkám a zpět do jednotky, kde se filtruje, dohřívá a směšuje s čerstvým vzduchem. Z WC, koupelen a kuchyní se odpadní vzduch odsává samostatným kruhovým potrubím k jednotce, kde v rekuperačním výměníku předává teplo čerstvému vzduchu a vyfukuje se ven. Nad kuchyňskými sporáky se standardně instaluje cirkulační digestoř s uhlíkovým filtrem pro záchyt tukových aerosolů, prostor koupelen je nárazově dotápěn infrazářičem, nebo otopným žebříkem.

5.2 Provozní režimy

Jednotka DUPLEX RB zajišťuje podle nastavení na ovládacím panelu celkem 5 provozních režimů (viz obrázek 6):

- č. 1: rovnotlaké větrání s rekuperací (nebo přes by – pass)
- s nastavitelným výkonem 90 – 160 m³/h
- č. 2: cirkulační vytápění a větrání s rekuperací
- s nastavitelným výkonem cirkulace 210 – 420 m³/h, a větrání 90 – 160 m³/h
- č. 3: cirkulační vytápění bez větrání
- s nastavitelným výkonem 300 – 580 m³/h, a topným výkonem až 3,6 kW
- č. 4: podtlakové větrání
- s nastavitelným výkonem 90 – 160 m³/h
- č. 5: přetlakové letní větrání
- s nastavitelným výkonem do 650 m³/h

Jako základní je navržen provozní režim č. 3 – pouze cirkulační, kdy větrání se aktivuje nárazově externím signálem z WC, koupelen. Tím jednotka přechází do režimu č. 2, s nastavitelným doběhem 1 až 10 minut. Při externím signálu z kuchyně přechází jednotka do režimu č. 1. Je tak eliminováno šíření pachů z volných kuchyňských koutů do obytného prostoru. V noci se automaticky spíná větrání v nastavitelném časovém úseku (např. každou hodinu na 18 minut). Podle nově zpracovaných grafů průběhu CO₂ pro modelový případ tento systém bezpečně zajišťuje koncentrace CO₂ v domě do 1200 ppm.

Vestavěný teplovodní ohříváč má při teplotě topné vody 50°C maximální topný výkon 3,6 kW a vykřívá i nárazový zátup po topné přestávce. Provoz ohříváče je spínán nastavitelným digitálním termostatem v referenční místnosti.

5.3 Vlhkostní problematika

Tento cirkulačně – směšovací systém teplovzdušného vytápění s řízeným podílem větracího vzduchu odstraňuje zásadní problém standardních větracích systémů s vytápěcí funkcí, což je přílišné snižování vlhkosti v bytech v zimním období. Právě v období nejnižších venkovních teplot, kdy je nutno intenzivně dotápět byty teplým vzduchem a současně je větrat, je absolutní vlhkost venkovního vzduchu často i méně než 2 g/kg s.v. Tento problém se v ČR vyskytl v celé řadě případů, kdy docházelo k nadměrné výměně vzduchu, a tím ke snižování relativní vlhkosti až na hodnoty pod 20 – 25%, což je z hygienických hledisek již zcela nepřístupné. Dochází totiž k oprávněným stížnostem na „sucho“, vysychání sliznic a následným onemocněním horních cest dýchacích.

5.4 Výpočtový model CO₂

Pro optimální dimenzování výkonů větrání, posouzení hladin relativní vlhkosti a návrh režimů provozu byl ve firmě Atrea s.r.o. zpracován výpočtový model hladin CO₂ (v ppm) v pasivním rodinném domě obývaném průměrnou rodinou v průběhu 24 hodin (viz graf CO₂ v příloze).

Výpočet vychází:

- a) z průměrné produkce 18 litrů CO₂/hod/osoba
- b) ze započitatelné produkce vlhkosti 7,8 kg/24 hod
- c) ze systému teplovzdušného cirkulačního vytápění s nárazovým provozem větrání podle využívání sociálního zařízení průměrnou rodinou s doběhem 5 minut a běžné doby vaření 1,5 hod/den
- d) větraného prostoru domu $V_o = 300 \text{ m}^3$
- e) infiltrace okny $n = 0,05 \text{ h}^{-1}$
- f) předpokladu automatického spínání větrání v noci

Bilanční výměna čerstvého vzduchu v domě pak klesá až na hodnoty $n = 0,18 \text{ h}^{-1}$ přičemž nikdy není překročena limitní hodnota koncentrace CO₂ v hodnotě 1200 ppm, hygienicky přípustná pro třídu „C“ dle ČSN EN 1752.

Současně je ale vždy dodržena optimální relativní vlhkost v obytných místnostech v topném a přechodném období v hodnotě 35 – 42%.

5.5 Výhody cirkulačního teplovzdušného systému vytápění a větrání s rekuperací

- sloučení funkcí nízkoteplotního vytápění a nezávisle řízeného větrání s rekuperací tepla do jediného agregátu a společných rozvodů
- záruka hygienicky nutných trvalých výměn vzduchu v domě s možností řízeného nárazového zvýšení podle skutečného obsazení domů (vylučuje extrémní vysoušení vzduchu)
- úspora až 85% nákladů na větrání
- rychlý zátáp s pružnou regulací teploty
- dokonalá filtrace cirkulačního a větracího vzduchu, a tím i celkové snížení prašnosti v domě
- možnost instalace elektropolarizačního filtru
- možnost chlazení, vlhčení a odorizace cirkulačního vzduchu
- možnost integrace solárních vzduchových systémů (vzduchových kolektorů a okenních kolektorů) do vzduchotechnických rozvodů
- účinné letní noční „předchlazení“ interiéru
- využití všech energetických zisků v domě z provozu domácnosti pro predehřev větracího vzduchu rekuperací
- využití solárních zisků z osluněných oken, případně teplovzdušného krbu s okamžitým přenosem tepla do ostatních neosluněných místností
- instalací zemního potrubního registru se přiváděný větrací vzduch v zimě účinně predehřívá (až o 10°C) a v létě ochlazuje (až o 7°C)
- dokonalou cirkulací se využívá objemu vzduchu v celém domě, a tím se umožňuje snížení dávek přiváděného čerstvého vzduchu na osobu (důležité zejména při malém obsazení domu).

- větvenatý potrubní rozvod odstraňuje problém s akustickými „přeslechy“ a umožňuje dokonalé čištění

6 ZDROJE A ZÁSOBNÍKY TEPLA

Pro všechny domy jsou navrženy integrované zásobníky teplé vody IZT 615, které zajišťují v jediné nádrži ø 600 mm:

- elektroakumulační ohřev topné vody
- průtočný ohřev pitné vody (OPV)
- akumulaci solárních zisků

Zásobníky IZT jsou ocelové stojaté beztlaké nádrže topné vody, obsahující vestavěné elektrospirály ve dvou výškových úrovních, spodní solární vložku, horní vložku pro průtočný ohřev pitné vody, elektrorozvaděč, pojistné a regulační armatury a tepelnou izolaci. Průtočný ohřev pitné vody vylučuje riziko výskytu nebezpečné bakterie *Legionella pneumophilla* (navíc s antibaktericidním účinkem mědi), zcela vylučuje inkrustaci, tvorbu kalů a korozi vnitřních povrchů nádrže a spirál, která je běžná v klasických zásobnících OPV.

Systém integrované přípravy topné a pitné vody v jediné nádrži s elektroohřevem (viz obr. 7) byl ekonomicky vyhodnocen jako nejrentabilnější ze všech posuzovaných variant zdrojů (např. zemní plyn, tepelná čerpadla, lokální zdroje) z hlediska souhrnných nákladů po dobu celé životnosti domu (včetně reinvestic, a při uvažovaném 5% ročním nárůstu cen všech energií).

Pro solární přípravu OPV a podporu vytápění jsou navrženy 3 ks plochých solárních kolektorů s účinnou plochou 5,1 m² s orientací J až JJZ, při sklonu 45°. Vzhledem k nutnosti odstraňování sněhu z plochy kolektorů v podhorských podmínkách by bylo použití vakuových kolektorů zřejmě neefektivní.

Tento kombinovaný systém ohřevu pitné vody a vytápění v jediném integrovaném zásobníku s vestavěným zdrojem umožňuje jednookruhové zapojení s jednoduchou regulací, na rozdíl od standardních tříokruhových systémů se dvěma zásobníky a externím kotlem, s komplikovanou regulací.

7 ZÁLOŽNÍ ZDROJE TEPLA

Ve všech pasivních domech jsou záložní zdroje navrženy ve formě krbových kamen v hlavní obytné místnosti, navíc s možností vaření. Tepelný zisk lze pak cirkulačním systémem (v režimu č. 3) rozvádět do všech obytných místností.

8 ZÁVĚR

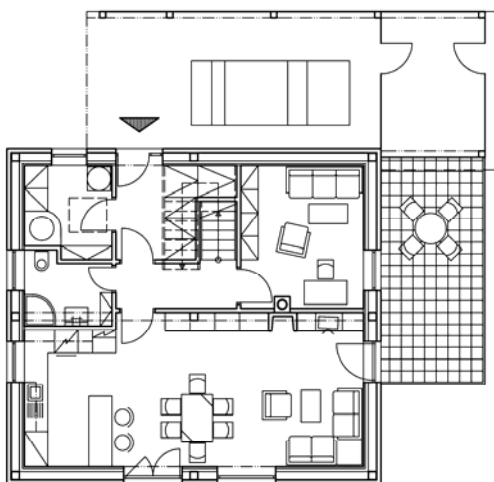
Soubor 13 nízkonákladových pasivních rodinných domů hromadně realizovaných v jediné lokalitě bude první svého druhu v ČR. Dobrou organizací soustředěné výstavby na jediném staveništi je možné dosáhnout urychlení a zkvalitnění prací při výrazném snížení celkových nákladů.

Soubor pasivních domů je demonstračním pilotním projektem s předpokládanou značnou publicitou. Má za cíl přesvědčit laickou i odbornou veřejnost o cenově dostupné filosofii nové výstavby jako jediné možné alternativě v budoucnosti.

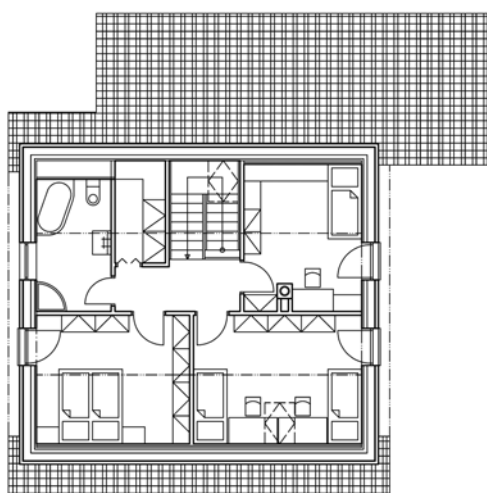
Detailní technické řešení bude podrobně analyzováno a optimalizováno z hlediska konstrukčního, z hlediska stavební fyziky i celkových stavebně-energetických vlastností. Předpokládá se měření rozhodujících vlastností před dokončením a po zahájení provozu (termografie, neprůvzdušnost) a dlouhodobé monitorování skutečných energetických parametrů. Těmto otázkám se bude věnovat výzkumné centrum CIDEAS na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Zajímavé budou jistě i odchylky vlastností jednotlivých individuálně řešených domů i s ohledem na skutečný způsob jejich užívání.



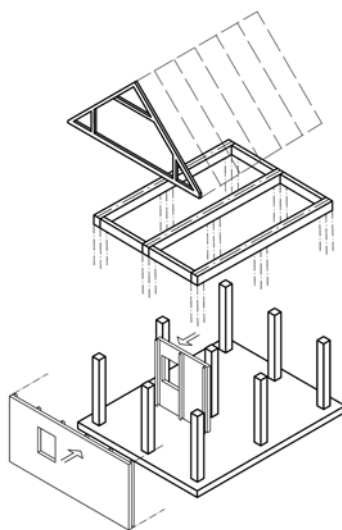
Obr. 1 Generel výstavby 13 pasivních rodinných domů v lokalitě Český ráj - Koberovy



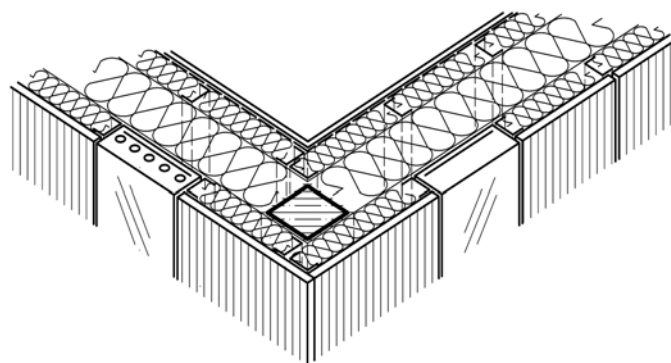
Obr. 2 Půdorys přízemí standardního pasivního domu (varianta A/1)



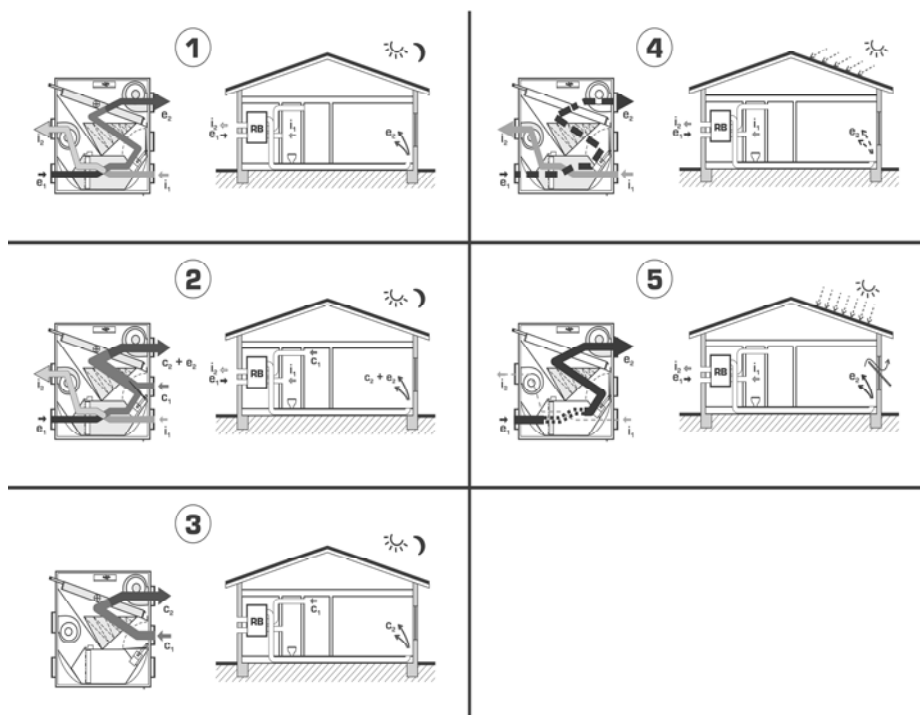
Obr. 3 Půdorys podkroví standardního pasivního domu (varianta B/1)



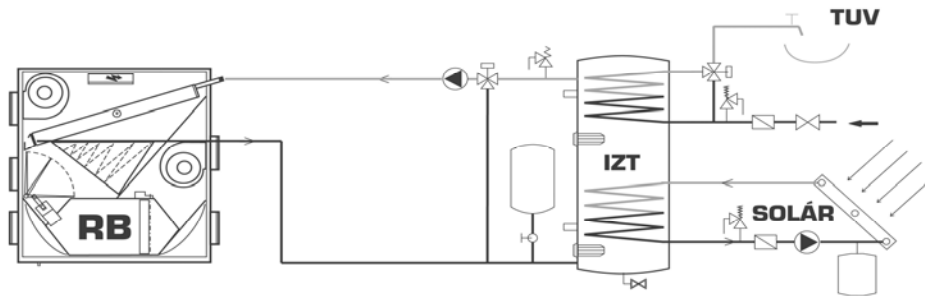
Obr. 4 Schéma skeletové konstrukční soustavy pasivního domu



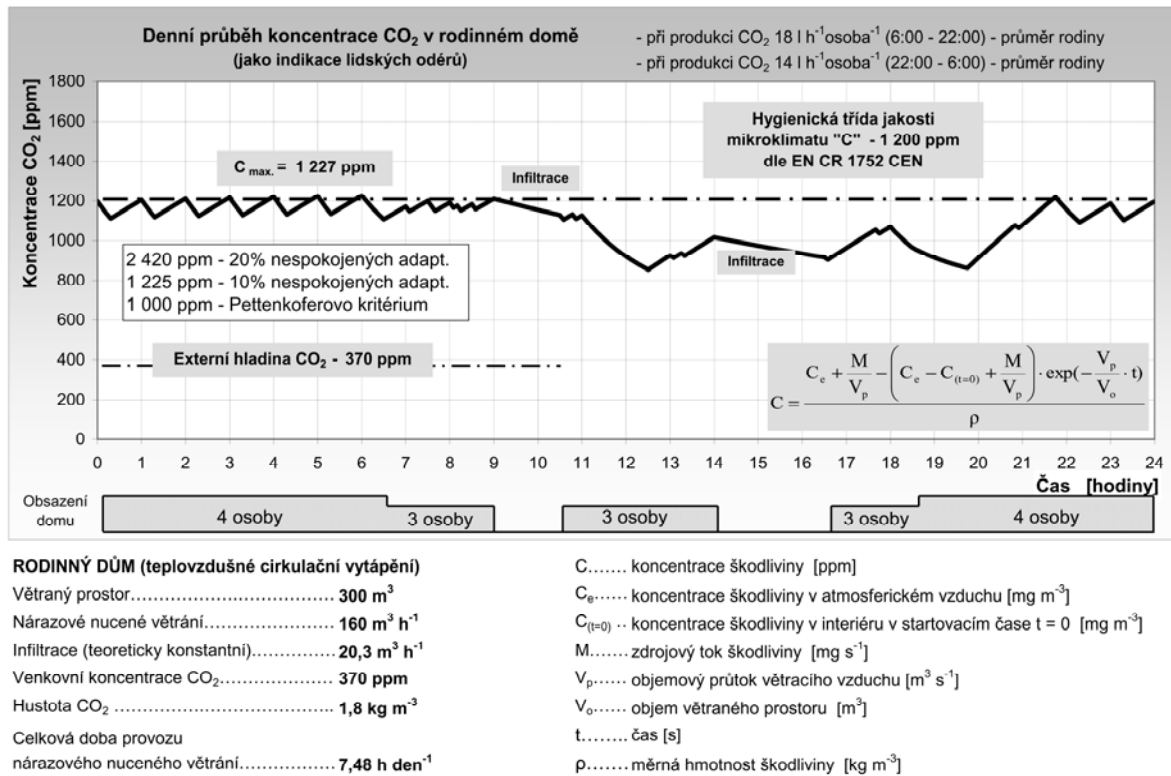
Obr. 5 Detail sestavného obvodového pláště s vestavěnou nosnou konštrukci dřevěného skeletu a integrovanými solárními kolektory (voda;vzduch)



Obr. 6 Provozní režimy č. 1-5 teplovzdušně vytápěcí a větrací jednotky s rekuperací tepla DUPLEX RB



Obr. 7 Energetická soustava vytápění, větrání a přípravy OPV pasivního domu



Obr. 8 Denní průběh koncentrace CO₂ v rodinném domě