

Systém výměny vzduchu s využitím teploty země pro kontrolovatelné větrání objektů

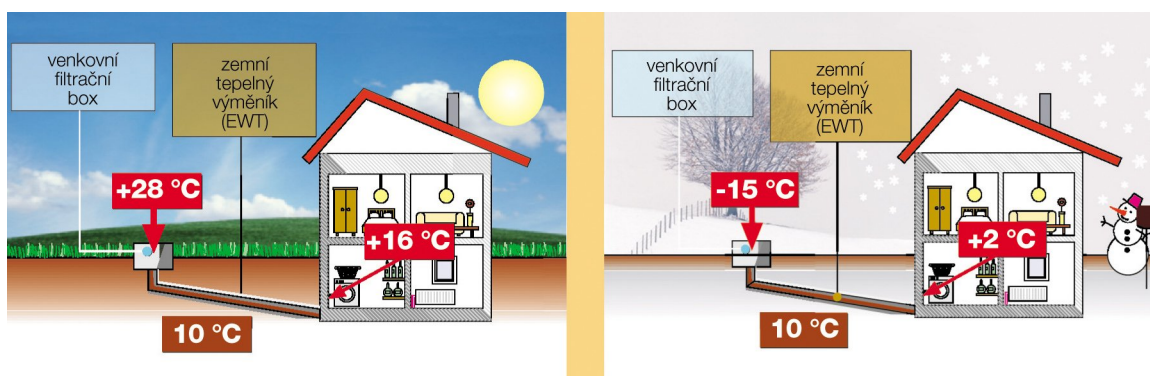
Ivan Chichmanov

REHAU s.r.o., Obchodní 117, 251 70 Čestlice, Ivan.Chichmanov@prag.rehau.com

Úspora energie je pojem, který v posledních letech úplně zdomácněl i v České Republice. Využití tepelných čerpadel jako velmi levný zdroj tepla již dlouho není žádnou novinkou. Novinkou však je využití zemního tepla k předehřátí/chlazení vzduchu u systémů kontrolovatelného větrání objektů!

Také při extrémně vysokých nebo nízkých vnějších teplotách se má střední teplota v obytných budovách pohybovat mezi 20 °C a max. 26 °C. Současně je nutno zajistit stanovený přívod čerstvého vzduchu. Velkým přínosem ke splnění těchto požadavků a nároků odpovídajících požadavkům stanoveným např. normou DIN 1946, vztahující se na vzduchotechnická zařízení, je u objektů s moderní koncepcí systém tepelné výměny vzduchu s využitím teploty země (EWT), který redukuje obrovský rozsah vnějších teplot na minimum. To přispívá nejen ke zvýšení kvality bydlení, ale také ke značnému snížení energetických nákladů za vytápění v zimě a chlazení v létě.

Vlastně i u systémů větrání se již používají zařízení na využití tepla odváděného vzduchu k předehřívání přiváděného čerstvého vzduchu, avšak to, co nám tyto rekuperační jednotky nabízejí, je jen zlomek toho, co nám nabízí systém tepelné výměny vzduchu s využitím teploty země. Samozřejmě je kombinace obou dvou systémů s cílem dosažení maximálních úspor nákladů na vytápění možná. Na rozdíl od zmíněných rekuperačních jednotek však zajišťuje systém EWT nejen předehřátí přiváděného vzduchu v zimě, ale navíc i jeho ochlazení v létě (obr.1). Této skutečnosti by měla být věnována pozornost při navrhování systému větrání.



Obr. 1

Podstata systému ETW je zdánlivě jednoduchá – přiváděný vzduch se vede potrubím uloženým v zemi a po dobu setrvání vzduchu v tomto potrubí dochází k výměně tepla mezi vzduchem a zemí. Přitom se využívá skutečnost, že teplota půdních vrstev v hloubce kolem 2 m je konstantní (+10 °C). Tato zdánlivá jednoduchost je však způsobená nedostatečnou znalostí problematiky. V tomto článku bych chtěl obrátit Vaši pozornost na ty nejdůležitější zásady, které je nutno dodržovat při navrhování a budování systému ETW, aby byla zajištěna jeho bezproblémová funkčnost.

Základní aspekty funkčního systému EWT je, jako u každého jiného systému, správné navrhnutí a použití správného materiálu. Při návrhu zemního tepelného výměníku vzduchu musí být zjišťovány nejvýhodnější podmínky mezi tlakovou ztrátou, prostupem tepla, rychlostí proudění a stavebními náklady.

Výchozí situace pro návrh je provoz v zimě, kde základním kritériem je, aby teplota na vstupu u zařízení na zpětné získávání tepla (ZZZT) byla větší než bod mrazu (+2%). Tím odpadá nutnost použití rozmrazovacího zařízení u ZZZT. Pro zvýšení teploty přiváděného studeného vzduchu (např. z -15°C na +2°C) je rozhodující doba jeho setrvání v potrubním vedení. Vycházejí z maximální rychlosti proudění <3m/s (nejlépe 2-2,5 a menší), z tepelné vodivosti materiálu použitého potrubí a intenzity výměny vzduchu v objektu lze odvodit nutnou délku potrubí. Důležitý je také výběr průměru potrubí. Obecně potrubí malých průměrů umožňují dobrý přestup tepla, ovšem při malých průřezích značně narůstá tlaková ztráta. Potrubí velkých průměrů umožňují naproti tomu nízkou tlakovou ztrátu, avšak výměna tepla není velká, protože vzduch proudí především středem velkého potrubí a výměna tepla na jeho stěnách se může projevovat jen v malé míře. Z pohledu termodynamiky (koeficient předávání tepla) je snaha dosáhnout turbulentního proudění v trubce. Optimální podmínky z různých možností je nutno zjistit. Podle zkušeností je možno s jedním výměníkem tepla EWT zvýšit v zimě teplotu přiváděného vzduchu o 20 K a v létě snížit o 12 K.

Pokládka potrubí se může provádět buď formou kruhového vedení kolem objektu nebo formou registru. Jsou možné i kombinace obou způsobů. Zde je důležité, aby odstup mezi trubkami navzájem a od okraje stavby byl min. 1m. U velkých objektů, jako jsou kancelářské budovy, sportovní haly apod., kde připadají v úvahu velké délky potrubního vedení, je v případě nedostatku místa možná bez omezení pokládka systému EWT pod základovou desku objektu. Na rozdíl od zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo zde neexistuje nebezpečí porušení statiky objektu.

Při navrhování systému zemního tepelného výměníku vzduchu se nesmí zapomínat na odvod vzniklého kondenzátu. Při opomenutí této problematiky způsobí stojící kondenzační voda hnilobní zápach, který se větracím systémem bude rozvádět po celém objektu. Ještě horší důsledek budou mít bakterie, které v tomto prostředí najdou optimální podmínky pro vývoj, a podávány v „hojném množství“ osobám v objektu způsobí různá chronická onemocnění a alergie. Tvorbu kondenzátu lze vypočítat pomocí Mollierova diagramu. K jeho odvodu je třeba počítat u potrubního vedení se spádem cca 2% k sifonu na odvod kondenzátu, popř. ke kondenzační sběrné šachtě.

Nesmí se také zapomínat na zajištění vodo- a plynutěsného prostupu potrubí EWT zdí objektu.

Při navrhování systému EWT je důležité zajistit filtraci vzduchu před jeho vstupem do potrubí EWT, a to nezávisle na tom, že větrací zařízení je obvykle opatřeno vlastní filtrační jednotkou. Filtrací přiváděného vzduchu na jeho vstupu do systému EWT se zabráňuje znečištění potrubí prachem a pylem, což výrazně ovlivňuje kvalitu vzduchu a tím nevyvolává náklady na časté čištění systému.

Druhým základním aspektem pro funkčnost systému EWT je použití správného materiálu na potrubní vedení. Nejdůležitější požadavky na materiál jsou:

- antimikrobiální úprava vnitřního povrchu potrubí
- optimální přestup tepla
- velká kruhová a podélná pevnost trubek
- možnost vysokotlakého proplachování
- absolutní těsnost systému vůči vnějším jevům (prorůstání kořeny, vlhkost, spodní voda)
- těsnost systému vůči zemním plynům (radon!)

Antimikrobiální úprava vnitřního povrchu potrubí

Jde o vlastnost materiálu potrubí, která je bezpodmínečně nutná! Na rozdíl od jiných vlastností trubního materiálu, jako např. koeficient tepelné vodivosti, které lze zkompenzovat jiným způsobem (však na úkor snahy o optimalizaci nákladů), zde nelze použít materiál bez této vlastnosti. Jak bylo již uvedeno, při letním provozu systému EWT vzniká kondenzát. Tím se v potrubí EWT vytváří optimální podmínky pro vývoj choroboplodných zárodků (stinné, vlhké prostředí s teplotou 16°C - 25°C). Výsledkem toho je nepříjemný hnilobní pach podáváný

větracím systémem a následná chronická onemocnění osob zdržujících se v objektu, což znehodnocuje celý systém a vyvolává značné náklady na nápravu (zpravidla buď kompletní výměna potrubí – obzvlášť nákladná při již upraveném povrchu pozemku (trávník, dekorativní jezírko, zámková dlažba apod.), nebo vůbec nemožná v případě pokládky pod základovou desku objektu, nebo odpojení systému EWT).

Případy z praxe, zaviněné hlavně neznalostí a kutilstvím, se kterými jsem se již setkal, výše uvedené potvrzují. Kromě toho představují takové případy velké nebezpečí vzniku fám poškozujících tento systém. V takovém případě moje rada zní: místo používání nevhodných materiálů, jako např. běžné kanalizační trubky, kde problém s choroboplodnými zárodky s absolutní jistotou nastane, raději systém tepelného výměníku vzduchu s využitím zemního tepla vůbec nebudovat! Bude to lepší jak pro majitele objektu, tak i pro samotný systém.

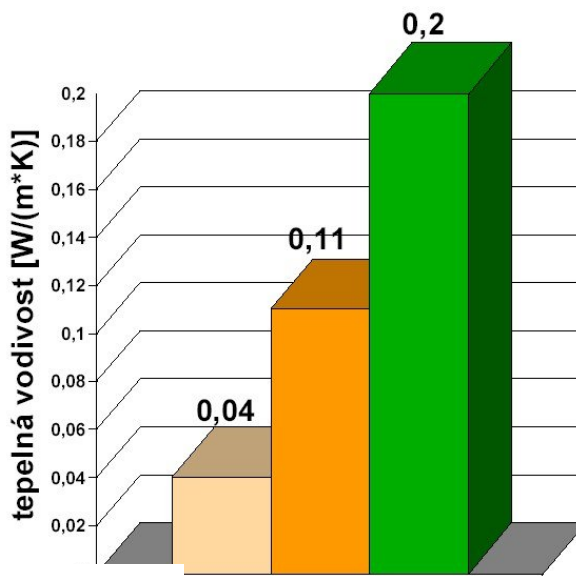
Optimální prostup tepla

Tepelná vodivost použitého materiálu přímo ovlivňuje náklady na vybudování systému EWT. Zjednodušeně řečeno: čím menší je tepelná vodivost materiálu potrubí, tím větší musí být délka vedení, aby byl zajištěn požadovaný stupeň výměny tepla mezi vzduchem a zeminou. Když vezmeme v potaz, že se potrubí pokládá v hloubce 1,3m – 2,5m, což znamená požadavek na práci v paženém výkopu, znamená každý běžný metr výkopu náklad ve výši několik tisíc Kč. Z tohoto vyplývá, že je výhodnější používat potrubí se zvýšenou tepelnou vodivostí. Z tohoto pohledu je nevýhodné použití běžné kanalizační trubky. V současné době jsou na českém trhu k dostání pouze tzv. trubky s pěnovým jádrem (neboli koextrudované trubky, trubky se sendvičovou konstrukcí, se strukturovanou stěnou atd.). Jde o konstrukci stěny, kdy je mezi velmi tenkou vnitřní a vnější vrstvou nosná vrstva z vypěněného materiálu (viz obr.2).

Vedle ostatních nevýhod, které trubky tohoto typu mají, jako zvýšená křehkost, snížená odolnost na vysokotlaké proplachování, nejisté dlouhodobé chování, je taková trubka extrémně nevhodná k uplatnění v systému ETW z důvodu velmi dobrých izolačních vlastností její stěny. Dále jsou z pohledu tepelné vodivosti nevhodné materiály obsahující minerální plniva (izolátory!), korugované systémy (izolační vlastnosti vzdušných mezer mezi vnější a vnitřní stěnou. V grafu na obr. 3 je uvedeno porovnání tepelné vodivosti jednotlivých materiálů.



Obr. 2



Obr. 3

s pěnovým jádrem
plnostěnné dle EN 1401-1
le EN 1852

Velká kruhová a podélná pevnost trubek

Potrubí pro systém EWT se pokládá přesně opačným způsobem, než se má správně

pokládat plastové potrubí. Plastové potrubí se musí zpravidla velmi dobře zhutnit do lože z nevazného materiálu (písek, štěrk), aby byla zajištěna jeho stabilita. Obsypávat potrubí EWT pískem nebo štěrkem by však znamenalo snížení účinnosti výměny tepla mezi vzduchem a zemínou, poněvadž je v tomto případě nutno zahrnout a „zhutnit“ potrubí do stávající vazné zeminy (hlína, jíl). U slova zhutnit jsem použil uvozovky, poněvadž je známo, že hutnění vazné zeminy není možné. Časem vždy dojde k dalšímu sesednutí. V případě použití potrubí s běžnou kruhovou tuhostí dojde v důsledku sil způsobených sesednutím zeminy k deformaci (zploštění) potrubí a k možnému vzniku netěsnosti v oblasti spojů. Výsledkem bude systém netěsný vůči radonu a spodní vodě. Je velmi pravděpodobné, že spodní voda potrubí zaplní.

Při použití potrubí s nedostatečnou podélnou pevností (např. žebrované potrubí), se potrubí tohoto typu při sesednutí zeminy v důsledku různé míry sesednutí zvlíná a v nízkých bodech se bude stékat kondenzát. Na důsledky stojícího kondenzátu bylo již upozorněno.

Možnost vysokotlakého proplachování

Je důležité, aby systém EWT poskytoval možnost vysokotlakého proplachování – metoda, běžná v oblasti kanalizačních vedení. Zde je žádoucí odolnost na proplachovací tlaky min. 200 bar.

Absolutní těsnost systému vůči vnějším jevům (prorůstání kořeny, vlhkost, spodní voda)

Je to bezpodmínečně nutné k bezproblémovému fungování systému EWT a zajištění kvality přiváděného vzduchu

Těsnost systému vůči zemním plynům (radon!)

Radon je přírodní bezbarvý radioaktivní plyn bez zápachu, který se nachází všude v horninách a půdách. Vzniká z přirozeného procesu rozpadu prvků uranu a thoria. Radon proniká půdou, rozpouští se ve vodě a vystupuje na povrchu země do atmosféry.

V současné době nabízí firma REHAU jako jediná na evropském trhu ucelený systém tepelného výměníku vzduchu s využitím zemního tepla. Je to výrobní program AWADUKT Thermo. Jde o výrobky ze speciálního, za účelem zvýšení tepelné vodivosti modifikovaného polypropylénu (PP), s antimikrobiální úpravou vnitřního povrchu proti biologickému „znečištění“. Tato vnitřní úprava povrchu je trvale funkční a neopotřebovává se. Je docílena tím, že se speciálním postupem zakomponovávají do základního polymeru vnitřní vrstvy potrubí fyziologicky zcela nezávadné látky. Tyto přídavné látky se mimo jiné používají v lékařství a ve výrobcích, které přicházejí do styku s potravinami. Tato vrstva zabraňuje růstu choroboplodných zárodků na vnitřní straně potrubí. Výsledkem je hygienický, choroboplodnými zárodky téměř nezatížený čerstvý vzduch ve větracím zařízení. Antimikrobiální účinek této vnitřní vrstvy byl zkoušen a potvrzen v Institutu Fresenius, Taunusstein, SRN, za použití standardu ASTM E2 180.

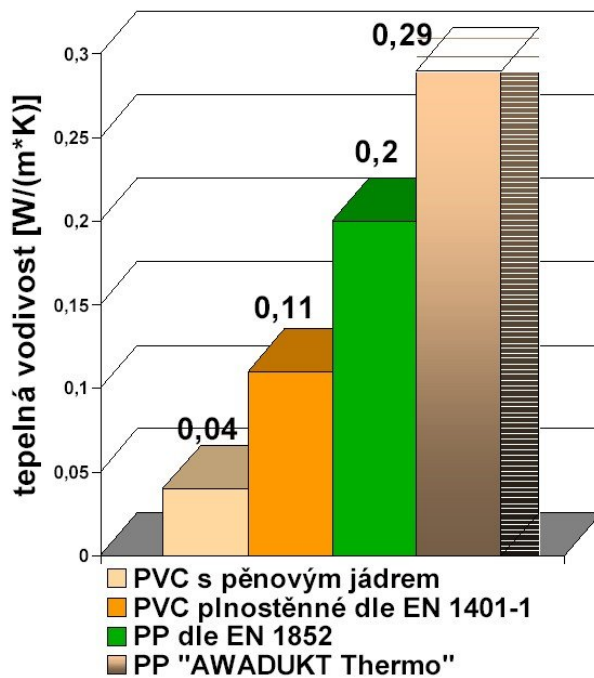
AWADUKT Thermo je vyvinutý tak, aby svou konstrukcí a vlastnostmi splňoval všechny požadavky kladené na systém tepelného výměníku vzduchu s využitím zemního tepla:

- hladký vnitřní povrch potrubí s antimikrobiální úpravou
- vynikající tepelná vodivost (o cca 50% vyšší, než u běžného PP neobsahujícího příměsi a plniva – viz obr. 4)
- vysoká kruhová tuhost a podélná pevnost
- možnost vysokotlakého proplachování až 340 bar (!)
- absolutní těsnost vůči vnějším jevům – prorůstání kořeny, spodní vodě, zemním plynům

Program AWADUKT Thermo zahrnuje všechny komponenty nutné k vybudování kompletního vedení systému EWT:

- venkovní filtrační box se systémem filtrů
- trubky AWADUKT Thermo
- kompletní sortiment tvarovek pro každou stavební situaci
- prvky pro odvod kondenzátu
- průchodka zdí zajišťující vodo- a plynutěsné zavedení potrubí do objektu

K systému AWADUKT Thermo nabízí REHAU výpočetní program ulehčující navrhování systému EWT hlavně u velkých objektů. Pro menší objekty je k dispozici také jednoduchý výpočtový diagram.



Obr. 4

Společnost Rehau s.r.o. podpořila konání tohoto semináře

REHAU®

REHAU, s.r.o.

Obchodní 117

251 70 Čestlice

Tel.: 272 190 111

Fax: 272 680 170

E-mail: paha@rehau.cz

Web: www.rehau.cz

Okno edition pro pasivní dům

Martina Čížková

Bělohorská 164/167, 169 00 Praha 6, m.cizkova@internorm.cz

„Pasivní dům je budova, ve které se může docílit komfortního vnitřního klimatu bez aktivního systému vytápění a klimatizace – dům se sám pasivně vytápí a ochlazuje“ (citace pánů Adamsona a pana Dr. Feista - průkopníků a propagátorů principu pasivních domů).

U pasivního domu je primárně natolik vylepšena tepelná ochrana schránky budovy (obvodové stěny, střecha, strop sklepa, okna a dveře), že lze zcela vypustit klasický systém vytápění.

Větší část potřebné energie je kryta z interních a solárních zisků. K dispozici je kontrolované (řízené) větrání vnitřního prostředí se zpětným získáváním tepla, kde se zbytkové teplo používá k ohřátí přiváděného vzduchu.

Pro klasifikaci budovy jako „pasivní“ musejí být splněny následující základní požadavky:

- měrná potřeba tepla na vytápění menší než 15 kWh/m²a
- celková neprůvzdušnost budovy vyjádřena celkovou intenzitou výměny vzduchu n_{50} menší než 0,6 h⁻¹
- množství primární energie spojené s provozem budovy menší než 120 kWh/m²a

Tyto požadavky mohou být splněny různými technologiemi a tvary staveb a stavebními materiály.

Klíčovou funkci v konceptu pasivního domu má i okno – okenní systém. Musí mít velice dobré tepelně-izolační vlastnosti, tak aby i bez topných těles byla zaručena pohoda v jeho blízkosti.

Domněnka, že tyto požadavky mohou být splněny pouze a jenom s certifikovanými¹⁾ komponenty, je dle našeho názoru mylná. Kritéria pro okna pro pasivní domy musejí být splněna, ale existuje možnost zohlednit technickou proveditelnost a ekonomické faktory popř. faktory nákladů/užití.

Při nákupu oken se nemusí výlučně sázet na certifikované¹⁾ komponenty, neboť ty oproti standardním stojí podstatně více peněz.

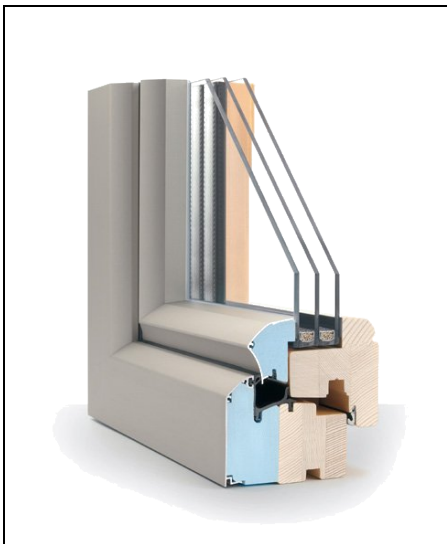
Také s necertifikovanými¹⁾ okenními systémy do $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ lze dosáhnout těchto požadavků na spotřebu tepla pro vytápění, pokud se v rozsahu stěny zvýší izolace.

Okna s hodnotou nad $U_w = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ již pak nejsou vhodná, neboť příliš velkými rozdíly teplot mezi vnitřními povrchy stavebních dílů a vzduchem v prostředí dochází k asymetrii teplotního proudění a tím k tvorbě vzduchových polštářů, které ovlivňují pohodu v prostoru.

Společnost Internorm je v oboru otvorových výplní na předním místě i s vývojem okenních systémů. Trhu nabídla standardní okno s $U_w 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, tepelně optimalizované a technicky vyzkoušené a připravila i variantu okenního systému certifikovaného PHI Darmstatt (Passivhaus Institut Darmstatt).

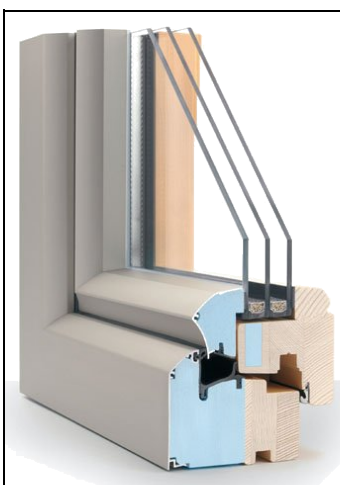
Jedná se o dřevo/pěno/hliníkový systém pod obchodním názvem **ed[it]ion**, dříve prodávaný pod názvem **geniAL+** a **ed[it]ion4** s možností využití pro nízkoenergetické domy.

¹⁾certifikovaný PassivhausInstitut Darmstatt



Obr. 1 Standardní okno s trojsklem

- $U_w 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- izolační trojsklo 4g/15g/4/15g/b4
 $U_g 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- plyn: argon, meziskelní rámeček ocel.
- celková tloušťka skla 42 mm
- rám NR 76 mm + křídla NF/DF/CF
- pohledová šířka 114 mm
- možný i širší rám 95 mm
- vestavná hloubka 93 mm
- skryté závěsy, celoobvodové kování
- všechny modely: posuvy, skládací
- posuvné, zamykatelné varianty
- s podparapetní lištou s pěnou

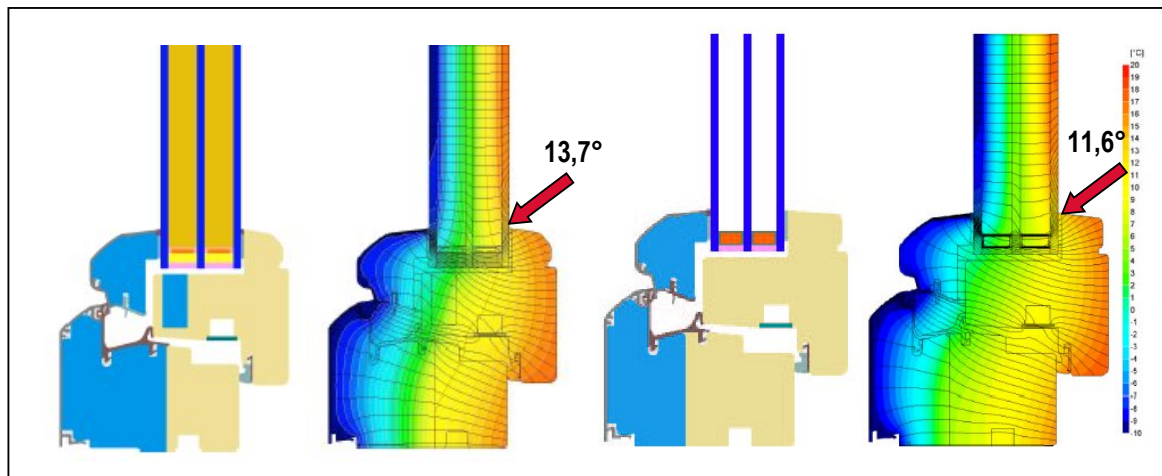


Obr. 2 Okno, dle PHI Darmstadt

- $U_w 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- pouze rám NR 76 mm + NF/DF/CF
- izolační trojsklo 4g/12g/4/12g/b4
 $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - plyn: argon, meziskelní rámeček Thermix
 - celková tloušťka skla 36 mm
- podparapetní lišta s pěnou
- dodatečný izolační klín v křídle
- masivnější pěnovou částí
- cenově o cca 20 % dražší
- k objednání pouze na základě technické poptávky

ed[it]ion	$U_f \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_g \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\psi \text{ W}/(\text{mK})$	$U_w \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno, dle PHI Darmstadt	0,73	0,7	0,038*	0,8
standardní okno, dle EN 10077	0,86	0,6	0,047**	0,8
standardní okno, dle EN 10077 (sklo 4b/12g/4/12g/b4 krypton)	0,87	0,5	0,048**	0,73
standardní okno, dle EN 10077 (dvojsklo)		1,1	hliníková rozpěrka	1,2
* meziskelní rozpěrka Thermix				
** meziskelní rozpěrka ocelová				

Porovnáme-li varianty okenního systému **ed[it]ion**, pak vidíme, že hodnota U pro okno (rozměr 1,23 x 1,48 m) se neliší nebo je dokonce lepší (viz tab. sklo s $U_g 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Také povrchové teploty v místě osazení skla v profilu se liší pouze minimálně a jsou u variant znatelně nad kritickou teplotou, tzn. že nedochází k tvorbě kondenzátu!



Teplota: povrch tabule skla 18°C
povrch rámu 17°C

$T_{\text{uvnitř}} + 20^\circ\text{C}$
 $T_{\text{vně}} - 10^\circ\text{C}$

Zdroj: PHI Darmstadt

Obr. 3 Průběh izotermy, povrchové teploty

Vlastní popis systému:

Dřevěná část (ve standardu smrk) je tvořena ze tří lamel, zasklívací lišta je pevně slepená s profilem křídla. Povrchovou úpravu tvoří produkty fy. Adler, tj. 10 odstínů lazur a 3 krycí barvy. Do **hliníkových profilů** předem povrchově upravených (barvy RAL nebo imitace dřeva, designy nerezů) se vlepí a zalisují pěnové profily. Takto připravené se lepí na dřevěné rámy oken. Mezi pěnou a dřevem jsou v podélném i příčném směru větrací drážky pro vyrovnání tlaku páry (odvod kondenzátu) tzv. zadní odvětrávání.

Zasklívání rámu křídla probíhá z vnější strany. Zasklení se vlepí na dřevěné části profilu křídla pomocí oboustranné lepicí pásky, vyklínkuje se a přišroubuje pomocí distančních úchytů k rámu křídla. Křídlové AL-profil s pěnou se pak nalepí na zasklení, které se nakonec zatmelí silikonem.

Zasklívání pevných dílů se provádí zevnitř pomocí dvoudílných zasklívacích lišt.

Odvodnění okenní konstrukce může být spodem nebo předem. Odvodnění ze předu je standardem a probíhá dvěma odvodňovacími otvory schovanými za plastovými krytkami, u spodního odvodnění je rám na 4 místech provrtán a voda odtéká pod spodní rám okna.

Zasklení : pro okna pro pasivní domy používáme izolační trojskla s pokovením. Meziprostor je vyplněn buď směsí plynů argon/krypton nebo jen kryptonem (dražší a lepší varianta). Samozřejmě trojskla váží více a i k tomuto faktu je nutno přihlídnout při dimenzování jednotlivých okenních prvků.

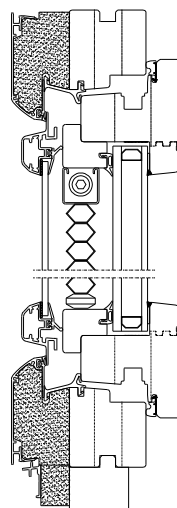
U těchto izolačních trojskel – jako zdroje pasivních zisků je důležitá hodnota g (tj. celková energetická propustnost slunečního záření), která stanoví podíl energie pronikající skrz zasklení do interiéru. Hodnoty g použitých trojskel se pohybují kolem 50 %.

Těsnění: Přesahové těsnění je ve speciálním tvaru z materiálu Q-LON, v rozích spojeno na pokos, středové těsnění je celoobvodové z materiálu EPDM.

Okenní systém **ed[it]ion4** vychází ze systému **ed[it]ion**, rám je totožný a křídlo je upraveno pro osazení vnitřní žaluzie, faltstóry (látkové žaluzie) a dueta. Plní zároveň 4 funkce – tepelně izolační, zvukově izolační (ve standardu 43 dB), sluneční ochrana a ochrana proti nežádoucím pohledům zvenku.



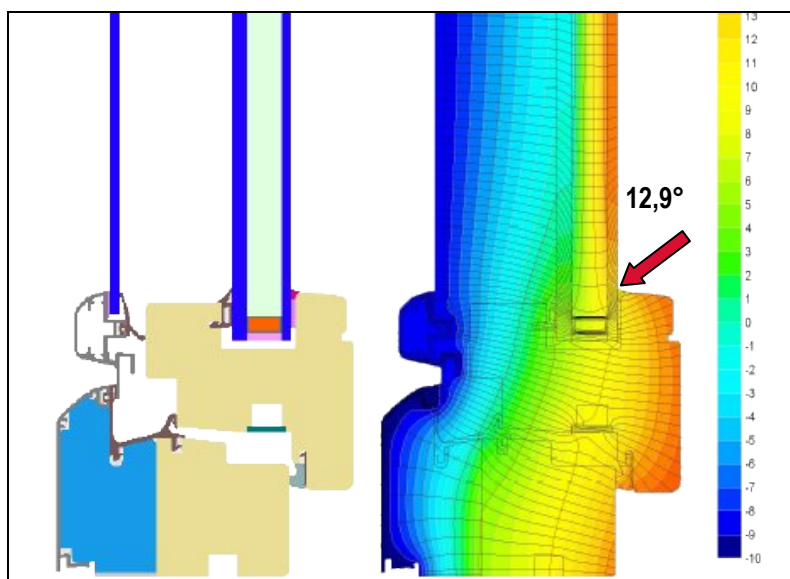
obr. 4 Sdužené okno s žaluzií



Obr. 4 Řez oknem s duetou

ed[it]ion4	U_f W/(m ² K)	U_g W/(m ² K)	ψ W/(mK)	U_w W/(m ² K)
certifikované okno dle EN10077 * meziskelní rozpěrka ocelová sklo: 4//6/14g/b4 plyn: argon/krypton	0,96	0,81	0,025 *	0,92
ed[it]ion4 žaluzie dole				0,81
ed[it]ion4 dueto dole				0,70

Přestože křídlo nemá pěnovou část, vykazuje celý systém velice dobré tepelně izolační vlastnosti. Povrchové teploty v místě osazení skla v profilu byly naměřeny velice dobré, opět nad kritické hodnoty.



Teplota: povrch tabule skla 18°C
povrch rámu 17°C

$T_{\text{uvnitř}}$ + 20°C

$T_{\text{vně}}$ - 10°C

Zdroj: PHI Darmstadt

Hodnoty g zde dosahují extrémně nízkých čísel a to v souvislosti, jaký typ stínění se zvolí:

ed[it]ion4	Bez stínění	S žaluzií	S faltstórou	U _w W/(m ² K)
Hodnoty g	0,48	0,09-0,17 *	0,07	0,92
* hodnota závislá na sklonu lamel				

Osazení a provedení spáry mezi oknem a stěnou:

Pro hloubku ostění v okenním otvoru platí, že rovina polohy okna by měla být co nejbližší roviny středu tepelně-izolační vrstvy tak, jak je to technicky možné. Okno se může osadit na kovové úhelníky kotvené do zdiva z vnější strany okenního parapetu nebo na dřevěné hranolky upevněné do stěny po obvodu okna. Neméně důležité je i utěsnění spáry systémem parotěsných a paropropustných zábran. V praxi se velice dobře osvědčily produkty Illbruck a jejich systém „i3“.

Literatura:

www.internorm.com

www.passiv.de

Tywoniak, Nízkoenergetické domy, Principy a příklady, Grada 2005

Internorm Prüfzeugnisse 2005

Walluschnig, Internorm, Passivhausstandard

Celková průvzdušnost budovy a její kontrola

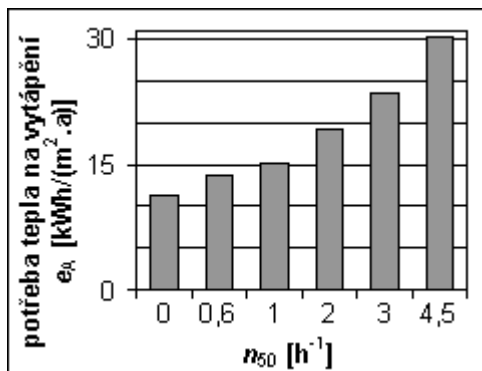
Jiří Novák

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

Výměna vzduchu a vzduchotěsnost obálky v konceptu pasivního domu

Výměna vzduchu v budově by se měla řídit především hygienickými potřebami uživatele, neměla by však způsobovat nepřiměřené tepelné ztráty. Proto by měla být budova vybavena větracím systémem umožňujícím kontrolu a regulaci množství vzduchu přiváděného do budovy a odváděného ven. Pojem větrací systém obecně nemusí zahrnovat pouze mechanický systém s potrubním rozvodem a ventilátory, ale také pokročilé systémy přirozeného větrání a systémy hybridní. Všechny tyto systémy však mají jedno společné – nemohou plnit předpoklady projektanta ani očekávání uživatele, pokud bude přiváděný nebo odváděný vzduch proudit mimo systém a obcházet tak jeho regulační prvky.

Mezi místa, kde větrací vzduch opouští systém, patří také netěsnosti v obálce budovy, vznikající jako chyby při návrhu a výstavbě. U budov vybavených mechanickým větracím systémem je těmito netěsnostmi přísáváno určité (někdy velké) množství vzduchu navíc oproti předpokladům návrhu. Vzduch vnikající do budovy netěsnostmi v obálce může způsobit průvan (v zimním období chladný) a znehodnotit tak kvalitu vnitřního prostředí. Pro dosažení požadované vnitřní teploty je v takových případech zapotřebí více tepla (vnější vzduch infiltrující netěsnostmi je potřeba ohřát) – tepelná ztráta budovy stoupá.



Obr. 1 – vliv celkové průvzdušnosti obálky na potřebu tepla na vytápění pasivního rodinného domu (stanoveno výpočtem podle ČSN EN 832)

Důsledky jsou ještě nepříjemnější, pokud je větrací systém vybaven zařízením pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu. Netěsnostmi v obálce může být vzduch nejen přísáván, ale může tudy i unikat ven, aniž by teplo, které unášel, bylo předáno čerstvému větracímu vzduchu – účinnost zpětného získávání tepla klesá. S exfiltrací teplého a vlhkého vnitřního vzduchu netěsnými konstrukcemi směrem ven je navíc spojeno vysoké riziko kondenzace vodních par a následného poškození konstrukce ([1]).

Jestliže u běžných budov může dojít v důsledku netěsné obálky budovy k významnému zvýšení tepelných ztrát, pak u budov s nízkou potřebou tepla na vytápění (a zejména pasivních domů vybavených větracími systémy se zpětným získáváním tepla) jsou energetické důsledky netěsné obálky dramatické (obr 1).

Uvedené skutečnosti vedly tvůrce konceptu pasivního domu k zavedení velmi přísného, ovšem oprávněného požadavku na vzduchotěsnost obálky budovy. Tento požadavek je považován za klíčový a jeho splnění prokazované měřením na dokončené budově podmiňuje vydání certifikátu o dosažení úrovně pasivního domu. Dosažení těchto přísných požadavků není jednoduché a proto bývá v zahraničí vzduchotěsnost pasivních domů kontrolována měřením v různých fázích výstavby, aby mohly být včas odstraněny případné nedostatky.

Reálně dosahovaná průvzdušnost

Míra vzduchotěsnosti je v českých předpisech ([5]) nazývána průvzdušností. Pro tepelné chování budovy jako celku je podstatná průvzdušnost všech stavebních dílů a jejich spojů – tzv. celková průvzdušnost obálky budovy. Nejčastěji používanou veličinou pro hodnocení celkové průvzdušnosti je intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (n_{50} [h^{-1}]), která je definována takto:

kde: V_{50} je objemový tok vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa v m^3/h
 V je objem vnitřního vzduchu měřené budovy v m^3

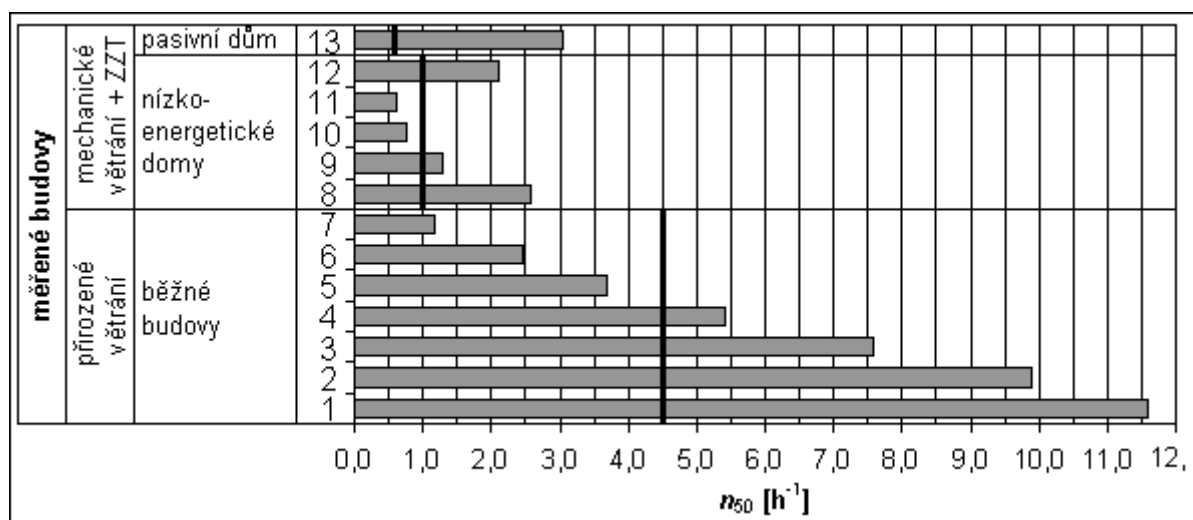
$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V}$$

Hodnota V_{50} se odvozuje z výsledků měření na budově, postup měření je podrobně popsán v dalším textu. Česká norma [5] nepředepisuje dosažení určité úrovně průvzdušnosti, ale uvádí doporučené hodnoty n_{50} v závislosti na způsobu větrání budovy (konkrétní hodnoty jsou uvedeny např. i v [1]). Zahraniční předpisy pro certifikaci pasivních domů požadují dosažení hodnoty n_{50} nižší než $0,6 \text{ h}^{-1}$.

	počet budov			$n_{50} [\text{h}^{-1}]$		
	celkem	bez n_{50}	s n_{50}	nejnižší	nejvyšší	průměrná
dřevostavba	20	2	18	0,20	0,58	0,41
masivní stěny, lehká střecha	15	5	10	0,20	0,60	0,37
masivní stěny i střecha	2	0	2	0,23	0,35	0,29
všechny budovy, bez rozlišení typu obvodových konstrukcí	37	7	30	0,20	0,60	0,39

Tab. 1 – statistické údaje o průvzdušnosti náhodného výběru z databáze pasivních domů [3]. Jedná se ve všech případech o samostatně stojící rodinné domy. Samostatně je uveden počet budov, u kterých v databázi není uveden údaj o dosažené celkové průvzdušnosti (sloupec označený „bez n_{50} “) a počet budov, u kterých tento údaj uveden je (sloupec označený „s n_{50} “).

Záznamy v internetové databázi skutečně realizovaných pasivních domů [3] dokládají, že výše uvedený přísný požadavek na průvzdušnost je u pasivních domů v západní Evropě běžně dosahován. V tab. 1 jsou uvedeny statistické údaje náhodného výběru 37 samostatně stojících rodinných domů ze souboru 363 budov téhož typu, registrovaných v databázi pasivních domů [3]. Uvedené údaje byly zjištěny měřením celkové průvzdušnosti na dokončených budovách. U některých budov v databázi údaj o průvzdušnosti chybí, důvod není uveden. Všechny budovy, na nichž bylo měření celkové průvzdušnosti provedeno (81 % náhodného výběru), vykazují hodnotu n_{50} nižší, než $0,6 \text{ h}^{-1}$. Výsledky statistické analýzy náhodného výběru mimo jiné potvrzují, že velmi nízké hodnoty n_{50} jsou dosažitelné u budov s libovolným typem obvodového pláště (tedy i u budov s obvodovým pláštěm z lehkých skládaných konstrukcí – typicky dřevostaveb). Graf na obr. 2 uvádí výsledky měření celkové průvzdušnosti 13 českých samostatně stojících rodinných domů ([2]). Většina budov sledovaného souboru (62 %) překračuje hodnoty n_{50} doporučené normou [5]. U budov s mechanickým větracím systémem překračuje doporučenou úroveň průvzdušnosti 67 % budov, přestože při návrhu a/nebo výstavbě každé z nich byla systematicky uplatňována zvláštní opatření a postupy s cílem zajistit co nejnížší hodnotu n_{50} . Pouze jediná z měřených budov dosáhla hodnoty $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Úroveň celkové průvzdušnosti běžně dosahovaná v současné české výstavbě je tedy zjevně nedostatečná. Příklad budovy 11 naznačuje, že velmi nízká průvzdušnost, požadovaná u pasivních domů v zahraničí, je realizovatelná i v českých podmínkách.



Obr. 2 – Výsledky měření celkové průvzdušnosti obálky 13 českých samostatně stojících rodinných domů. V grafu je uvedena předpokládaná energetická náročnost a způsob větrání budov (ZZT značí zpětné získávání tepla). Tlustou čarou jsou označeny doporučené hodnoty $n_{50,N}$ podle [5] pro daný způsob větrání.

Možnosti snížení průvzdušnosti

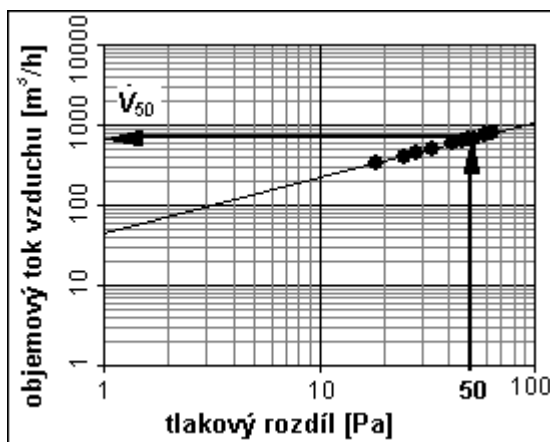
Zkušenosti z měření celkové průvzdušnosti souboru 13 českých budov jasně ukazují, že pro dosažení velmi nízké úrovně celkové průvzdušnosti ($n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$) je nezbytné:

- systematicky zohledňovat problematiku průvzdušnosti ve všech fázích projekční přípravy a výstavby
- v projekční fázi navrhnout způsob zajištění vzduchotěsnosti všech obvodových konstrukcí, jejich spojů a dalších kritických detailů (volba tzv. vzduchotěsnících vrstev a vzduchotěsnících opatření) - navržená řešení musí být v projektové dokumentaci podrobně popsána
- pečlivé provedení všech navržených vzduchotěsnících opatření během výstavby budovy
- použití kvalitních výrobků (lepících pásek, tmelů, atd.) pro spojování a utěšňování vzduchotěsnících vrstev
- kontrola provedení vzduchotěsnících opatření v průběhu výstavby

Jen výjimečně lze nízké hodnoty n_{50} dosáhnout pouze pečlivým provedením vzduchotěsnících vrstev. Průvzdušnost budovy ovlivňuje již volba tvarového řešení budovy na úrovni architektonické studie nebo volba konstrukčního systému v úvodních fázích projektování. Podmínka detailního návrhu v pokročilejších fázích projekční přípravy je skutečně zásadní – praktické zkušenosti ukazují, že chyby v návrhu jsou v průběhu výstavby již zpravidla neopravitelné. Základní pravidla návrhu vzduchotěsnících opatření jsou uvedena např. v [1]. Kvalitu provedení je nejlépe kontrolovat měřením celkové průvzdušnosti budovy v několika fázích výstavby. Důležitá je zejména kontrola před finálním zakrytím vzduchotěsnících vrstev, aby bylo možno odhalit a opravit případné netěsnosti.

Kontrola dosažené průvzdušnosti – Blower Door test

Celková průvzdušnost obálky budovy se běžně stanovuje měřením metodou tlakového spádu

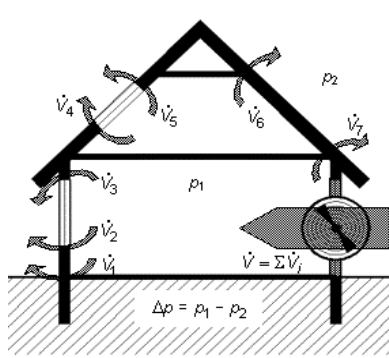


Obr. 3 – Měření celkové průvzdušnosti – výsledný graf a způsob stanovení hodnoty V_{50}

[4]. Princip této metody spočívá ve stanovení závislosti objemového toku vzduchu skrz netěsnosti v obálce budovy na tlakovém rozdílu (čím větší je tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím, tím větší je tok vzduchu netěsnostmi – tuto závislost je potřeba kvantifikovat). Hodnocená budova je během zkoušky vystavena sérii uměle vytvořených, odstupňovaných tlakových rozdílů, na každé úrovni tlakového rozdílu je měřen objemový tok vzduchu netěsnostmi v obálce budovy. Z naměřených hodnot je statistickými metodami nebo graficky odvozena spojitá funkce, ze které je možno vypočítat hledanou hodnotu objemového toku vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa, V_{50} (obr. 3). Z hodnoty V_{50} se následně odvodí hodnota n_{50} .

Měření metodou tlakového spádu se provádí pomocí zařízení zvaného Blower Door (obr. 4). Sestává z ventilátoru s plynule měnitelnými otáčkami, čidel pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu, osazovacího rámu a vzduchotěsné plachty s otvorem pro ventilátor. Plachta se pomocí osazovacího rámu napne do vhodného otvoru v obvodové stěně (okno, dveře). Do otvoru v plachtě se nasadí ventilátor. Nainstalují se přístroje pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu. Otáčky ventilátoru se nastaví tak, aby mezi interiérem budovy a vnějším prostředím bylo dosaženo požadovaného tlakového rozdílu. V okamžiku, kdy je tlakový rozdíl konstantní, se změří objemový tok vzduchu transportovaný ventilátorem. Předpokládá se, že stejné množství vzduchu protéká netěsnostmi v obvodovém plášti budovy (obr. 4). Měření se opakuje pro různé úrovně tlakového rozdílu v rozsahu cca 20 až 80 Pa.

Obvykle se provádí dvě série měření – podtlakem a přetlakem, za výsledek se považuje průměr z obou. Moderní zařízení bývají vybavena řídicí elektronickou jednotkou, která prostřednictvím osobního počítače a speciálního software kontroluje úroveň tlakového rozdílu, mění otáčky ventilátoru, řídí a okamžitě vyhodnocuje průběh celého měření. Software umožňuje měření předem naprogramovat, takže probíhá zcela automaticky a je možno jej beze změny opakovat např. na jiných budovách.



Obr. 4 – Měření celkové průvzdušnosti obálky budovy metodou tlakového spádu. Vlevo princip metody, vpravo zařízení blower door.



Před měřením je ovšem nutné provést i několikahodinovou přípravu budovy. Rozsah této přípravy závisí na cíli měření, postup přípravy je popsán v [4]. Cílem měření může být buď určení celkové průvzdušnosti budovy v provozním stavu (výsledky slouží např. jako vstupy do výpočtu tepelné bilance) nebo určení celkové průvzdušnosti obálky budovy (výsledky slouží pro kontrolu kvality provedení stavebních konstrukcí a porovnání s požadavky předpisů na celkovou průvzdušnost obálky budovy). Pokud se má měřením

určit průvzdušnost budovy v provozním stavu, pak se pro přípravu budovy použije metoda A podle [4]. To znamená, že budova se uvede do stavu, který je typický pro otopné období (event. pro období, kdy je v provozu strojní chlazení). Nejčastěji se ovšem zjišťuje celková průvzdušnost obálky budovy a pro přípravu budovy se použije metoda B podle [4]. Při použití metody B je měřen pouze objemový tok vzduchu netěsnostmi v obvodových konstrukcích a veškeré další netěsnosti a místa možného úniku vzduchu, která nesouvisí se stavební částí budovy musí být během měření utěsněny (např. větrací klapky, kuchyňské digestoře, spalovací prostory krbů, kamen, apod.). Ve speciálních případech je potřeba budovu připravit tak, aby při měření nedošlo k poškození některých jejích částí. Např. při měření průvzdušnosti před zakrytím vzduchotěsnících vrstev musí být fóliové parozábrany dostatečně přikotveny k podkladu (např. přitlačnými latěmi), aby nedošlo k jejich odtržení a poničení při měření podtlakem.

Provedení samotného měření není složité, vyžaduje však pečlivý přístup a určité zkušenosti ze strany měřiče. Chyby měřicího zařízení mají relativně malý vliv na přesnost výsledku měření. Ta je ovlivněna zejména klimatickými podmínkami během měření (vítr a velký rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou zvyšují riziko chyby a někdy mohou měření znemožnit) a kvalitou přípravy budovy před měřením. V některých případech může být výsledek měření velmi těsných budov s mechanickým větracím systémem ovlivněn prouděním vzduchu netěsnostmi v rozvodech větracího systému (zejména pokud tyto rozvody procházejí hranicí měřené části budovy). Při výpočtu hodnoty n_{50} je potřeba dbát na správnost výpočtu objemu vzduchu v budově, především na volbu soustavy rozměrů. Chybně stanovený objem může způsobit neporovnatelnost výsledné hodnoty n_{50} s předpisy a výsledky měření na jiných budovách. Správný postup výpočtu je uveden v [4].

Během měření je často potřeba lokalizovat místa netěsností (zejména při kontrole provedení vzduchotěsnících vrstev před jejich zakrytím). K dohledání výrazných netěsností není potřeba zvláštních přístrojů, projeví se silným prouděním vzduchu, které je možno zaznamenat nastavením dlaně. Drobnější poruchy se dohledávají pomocí citlivého anemometru nebo pomocí vyvíječe dýmu. Velmi názorné výsledky poskytuje termovizní snímkování vnitřních povrchů při podtlaku v budově.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1]** Tywoniak J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady, Grada 2005
- [2]** Novák J.: Měření průvzdušnosti budov – praktické zkušenosti, sborník konference Tepelná ochrana budov 2005
- [3]** www.ig-passivhaus.de
- [4]** ČSN EN ISO 13829 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method
- [5]** ČSN 73 0540-2: 2002 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Úvod

Zdárný průběh realizace nízkoenergetických a pasivních domů a následně jejich fungování je dán již v sestavení zadání (konceptu) projektu a to ve všech jeho fázích, ať už se jedná o celou lokalitu nebo jeden rodinný dům. Při sestavování zadání je nutné provázat nejdůležitější souvislosti spojené nejen s výstavbou, ale i s fungováním v čase, na úrovni krajinné, urbanistické a sociální a dále na samotných objektech. Ve většině případů je nutné, aby takový přístup podněcovaly obce v územních a regulačních plánech a tak připravovaly podmínky pro vhodnou výstavbu.

!!! U lokalit současně již zainventovaných - vzniklých většinou jen na základě investorského prvoplánového rastru parcel, navrženého s ohledem jen na maximální počet stavebních pozemků bez ohledu na okolní vazby a stávající urbanizaci - je takové zadání omezené jen na konkrétní parcelu, která vlastně již nemá příznivý vztah k okolním vazbám jako např. solární orientace objektu versus stanovená uliční čára apod.

Než-li se přistoupí k návrhu samotného nízkoenergetického (NED) nebo energeticky pasivního domu (EPD), je dobré sledovat kontext okolí, do něhož bude dům nebo domy zasazeny. V lepším případě je základem lokalita, která již má ve svém plánovaném obsahu zahrnutý hlediska spjatá s celkovou koncepcí, např. jak je řešena orientace vůči světovým stranám – solární orientace, poloha a strukturování lokality, možnosti napojení nebo využívání alternativních zdrojů, nevýjimaje vodní hospodářství – zadržování vody v krajině atd.

Architektura samotných objektů pak řeší soulad mezi obsahem a formou – vztah člověka k vybudovanému prostředí skrze tvary, materiály, barvy, ale také sem patří vzduch, teplo a samozřejmě příznivá energetická bilance (bioklimatická architektura).

Fáze projektu

- a) Utváření studie/návrhu (STS), nejen rodinných domů, je na základě participativní metody, kdy architekt vede dialog s investorem nad problematikou jeho požadavků a předkládá možnosti tak, aby investor mohl provést kompetentní rozhodnutí o tom, co doopravdy chce a potřebuje. Výsledkem je optimalizovaný dům inspirovaný osobností a požadavky investora a mírou ochoty, jak chce zohledňovat dopady na životní prostředí. Nejedná se o katalogové řešení, jedná se o konkrétní dům pro konkrétního uživatele. V této fázi jsou položeny i základy nízkoenergetické koncepce – tvar a poloha domu na pozemku, snížení energetické náročnosti domu na potřebné minimum a návrh zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody atd.
- b) Dokumentace nutná pro vydání stavebního povolení (DSP) a pro vyjádření všech požadovaných veřejnoprávních orgánů a institucí. Na jejím základě již lze začít stavět a rozpočtovat, ale velmi nepřesně. Špatná kontrola nad vedením stavby (chybí detaily) a finančními výdaji!
- c) Dokumentace pro provedení stavby (DPS) je detailní rozpracování předchozí dokumentace (většinou ještě odstranění jejích nedostatků). Definuje požadavky na konečné provedení stavebního díla a je zásadní pro konečnou kvalitu. Právě zde je klíčový moment u NED a EPD. U tohoto druhu staveb je nutné dbát na pečlivou koordinaci profesí, které jsou zde obsaženy a to vše pod jednotnou koncepcí. To platí jak pro fázi projektu, tak při realizaci stavby. Oproti stavbám realizovaným standardním způsobem jsou některé prvky nezvyklé a pro mnohé nové, např. vzduchotechnika vč. rekuperace, kombinované nízkovýkonové tepelné zdroje, integrace solárních kolektorů, dále vysoký tepelně-izolační standard, vzduchotěsnost, akumulace tepla atd. Z tohoto

důvodu je důraz kladen na DPS, která zásadně ovlivňuje výslednou kvalitu zvolené koncepce. Lze podle ní podrobně rozpočtovat a docílit tak i kontroly nad dodavatelskou firmou a veškerými financemi.

!!! Častým negativním jevem některých investorů je, že v rámci snížení rozpočtových nákladů chtějí ušetřit právě na fázi prováděcí dokumentace nebo na dokumentaci vůbec. To má v 99% negativní vliv na dodržení celého konceptu i výsledné kvality, protože firmy v ČR zatím nemají mnoho zkušeností s výstavbou tohoto druhu a kvalita základních řemesel je nízká.

Realizace nízkoenergetických a pasivních domů

Vedení staveb

!!! Nejčastější zanedbávané organizační okruhy při vedení stavby:

- **projektová dokumentace – obeznámení se strukturou a jejím používáním na stavbě**
- **stavební deník – pravidelné zápisy o průběhu stavby a případné změny oproti dokumentaci**
- **pořádek na staveništi - cedula „stavba povolena“, údaje o dodavateli, stavební buňka a skladování materiálů, odpady na staveništi**
- **pracovní list – (denní) zápis odvedené práce**
- **hmotná zodpovědnost řemeslníků - max. zabezpečení materiálu, ochrana již hotových finálních povrchů a konstrukcí**
- **veškerá kontrola rozměrů a parametrů po řemeslnících**

Typy nosných konstrukcí používaných v kategorii rodinných domů s nízkou spotřebou energie.

- a) zděné konstrukce > těžké
- b) dřevěné konstrukce > lehké

Zděné konstrukce

Pro řadu investorů v našich zeměpisných šířkách je princip zděných konstrukcí nedotknutelný, především z hlediska jakési „solidnosti a bytelnosti“ stavby. Základním kamenem NED a EPD je vysoký stupeň tepelného izolování, který se v realitě pohybuje v rozmezí od 200 do 300 mm. Z toho vyplývá, že klasická zděná nosná konstrukce má vlastní tloušťku (240-450 mm) značně rozšířenou o tepelnou izolaci a obvodový plášť nabíhá do nepraktických rozměrů.

U NED a EPD je nutné tloušťku nosné zděné konstrukce minimalizovat a to na 140 mm nebo 175 mm z plných cihel spojených na maltu MC10 nebo v případě vápenopískových cihel (VPC) na stavební lepidlo. Ke konstrukci jsou dále přidány vrstvy tepelné izolace v tloušťkách od 200 do 300 mm s fasádním záklopem. Výsledná reálná síla zdi je cca 530 mm vč. omítek. Stropní konstrukce jsou pak z vyztuženého monolitického betonu pro celkové prostorové ztužení objektu.

Hlediska spjatá se zděnými konstrukcemi:

Zakládání zděných konstrukcí

- standardním způsobem na základových pásech > poměrně velké zemní práce, betonování základů dvoufázově (1. přímo do výkopu, 2. pomocí BD dílců)
- prostupy skrze základy (potrubí zemního registru VZT DN 200, kanalizace, přípojky) > správné dilatování prostupů
- hydroizolace a radonová izolace spodní stavby – většinou PVC fóliemi (účinněji svažené spoje oproti asfaltovým pásům) > dvě až tři ochranné vrstvy fólie, náročné utěšňování prostupů, dále nutné odvodňování základů drenážemi

- tepelné izolování základů - pomocí desek z nenasákavého extrudovaného polystyrenu (XPS) v tloušťkách od 160 do 220 mm > účinné spojování desek náročné na pečlivost, odstraňování tepelných mostů kotev, špatná dostupnost tloušťky desek nad 120 mm, celkem nákladné (desky XPS by se správně na sebe neměly vrstvit bez lepící PU pěny, viz např. rakouská norma)

Svislé konstrukce

- nosné zděné stěny > minimalizovat konstrukční tloušťku na možné minimum (140 mm cihly plné, musí být propočteno statikem), náročné na pečlivost při zdění > bez zapuštěných maltových spár
- výhodou zdění z plných cihel je dobrá pasivní akumulace tepla
- tepelné izolování obvodových stěn získáme pomocí předsazeného dřevěného roštu se záklopem a dutinou mezi zděnou konstrukcí a záklopem, která je vyplněna tepelnou izolací > obvodový plášť je tvořen vrstvou nosné konstrukce, k níž je přidána vrstva tepelné izolace, **tzn. jsou zde dvě konstrukce za sebou**

Vodorovné konstrukce

- stropní konstrukce spočívající na slabých nosných zdech musí být z vyztuženého monolitického betonu > náročné energeticky i ekonomicky, poměrně velké množství oceli a betonu třídy min. B20, šalování s prostupy, mokrá proces
- ztužující věnce – vzhledem k tomu, že jsou objekty tvořeny slabými stěnami, je nutné je provázat, např. ve štítových stěnách, vyztuženými betonovými věnci
- zateplení podlah je limitováno únosností vrstev tepelné izolace > nákladné

Střechy sedlové

- vazby krovů sedlových střech se nijak neliší od standardních
- zateplení sedlových střech – tloušťky tepelných izolací jsou o 10% vyšší oproti obvodovému plášti (cca 330 mm) a je možno volit z několika způsobů
- úskalím je odstranění tepelných mostů krokví ve vztahu k poměrně těžkým keramickým i betonovým krytinám, nutné rozvinout vrstvu tepelné izolace nad krokviemi > možné použít systém dílců z EPS (Thermodach max. tl. 140 mm), ale dále se musí doplnit tloušťka tep. iz. ještě mezi krokviemi na požadovanou hodnotu (cca 190-200 mm) nebo přidat přes krokve ještě jednu tesařskou konstrukci vyplněnou tep. iz., to je však náročnější na systémovou práci
- **!!! celkově jsou sedlové střechy náročnější z hlediska zateplování, provětrávání, ale i provádění > tvar střechy vychází z dřívějších podmínek, jejichž dodržování je dnes bezpředmětné (objekty starých obydlí byly v přízemí pro obývání a pod sedlovou střechou, která byla účelně tvarována na rychlý odvod dešťových srážek, bylo skladováno nečastěji seno a sláma, proto zobytnování podkroví pod sedlovými střechami v konceptu novostaveb, které mají téměř 35 % plně nevyužitého prostoru a zvětšují ochlazovanou plochu až o 40 %, je k uvažování**

Dřevěné konstrukce

Hlavní doménou dřevostaveb je dobrá adaptabilita nosné konstrukce (skeletu) v rámci vysokého stupně tepelného zaizolování, aniž by neúměrně (neprakticky) nabývala tloušťka obvodového pláště jako je tomu u zděných konstrukcí.

Hlediska spjatá s dřevěnými konstrukcemi:

- dřevo je obnovitelný zdroj
- ošetřené (impregnované) dřevo v konstrukci má životnost i 300 let
- snadná a rychlá montáž skeletu domu bez těžké techniky > **měla by být nižší cena !!!**
- spoje dřevěných prvků – pomocí tesařského kování, které je běžné na trhu > kování velmi urychluje montáž narozdíl od tradičních tesařských spojů
- dřevěný skelet (kostra) je tvořen subtilními (fošinkovými) profily např. 40x180 mm v rastru cca po 600 mm, tudíž nosná konstrukce je svými dimenzemi minimalizována na potřebné minimum

Zakládání dřevostaveb a jejich přednosti

dřevostavby jsou nejčastěji zakládány na pilotkách > snížení podílu zemních prací
odpadá hydroizolační vrstva vč. drenáží
provětrání pod objektem > eliminace radonu
zateplení podlah na roveň obvodového pláště
snadná případná recyklace základových částí

Detaily dřevostaveb

- tepelné izolování dřevostaveb – dřevěný skelet je z obou stran zaklápěn a tepelná izolace vyplňuje jeho vnitřní dutiny; vnější záklop je přesazen cca o 120 mm na laťovém roštu, aby byly odstraněny tepelné mosty nosného skeletu, nosná konstrukce objektu je tak plně integrována v tloušťce stěn
- **!!! nepostradatelnou součástí tepelného izolování je závětrná, vysoce difúzní fólie, na vnější straně tepelné izolace pod záklopem s odvětrávanou mezerou, která zabraňuje snižování účinnosti tepelné izolace při poryvech větru**
- skelet je z vnitřní strany zaklopen deskami OSB3 tl. 12 mm > objekt stranově ztužují a zároveň jsou parotěsnou vrstvou
- vnitřní povrchy stěn > jsou většinou opatřovány silnovrstvými omítkami (cca 40 mm) pro dobrou akumulaci tepla a eliminují dutý zvuk jako je např. u SDK konstrukcí
- spoje dřevěných prvků - pomocí tesařského kování > program staveb. spojování dřeva

Ploché, pultové, vlnové... vegetační střechy

- u NED a EPD je vhodný tvar zastřešení odehrávající se ve sklonech od 0° až do cca 20°, u nichž je výhodnější konstrukční způsob vzhledem k vysokému stupni tepelného izolování, jehož součástí je i důležitá větrací dutina nad izolací, min. 150 mm
- vazby střech jsou ve stejném konstrukčním duchu jako celý skelet domu, většinou mají navíc prvky vazníků z lepeného lamelového dřeva
- hydroizolační krytina na prkenném nebo deskovém OSB záklopu je tvořena PVC fóliemi se substrátem tl. cca 50 mm a s vegetačním biotopním krytem, který má pozitivní vliv jak na vnitřní prostředí domu > povrch střech se ohřívá při horkých slunných dnech pouze na cca 25°C a tím nedochází k přehřívání jejich interiéru, tak v exteriéru nevzniká sloupec horkého vzduchu na rozpálenou střechou a tudíž se víří méně prachu kolem objektu

Výplně otvorů

Výplně otvorů mají zásadní vliv při klasifikaci objektu podle spotřeby energie na vytápění zda jde o NED nebo o EPD. U dvou stejně tepelně zaizolovaných objektů (300 mm) s rekuperací tepla, ale s rozdílnými U hodnotami oken, může být každý zařazen do jiné kategorie > objekt s lepšími okny do EPD a ten s horšími okny ještě do NED .

hodnoty U oken pro NED = 1,26 až 0,97 W/m²K

hodnoty U oken pro EPD = 0,85 až 0,60 W/m²K

!!! Důležité je správné usazení okenních rámců do vnějšího líce tepelné izolace, vyneseno konstrukčním ostěním z OSB desek, aby se max. eliminovaly tepelné mosty v ostění kolem oken.

Závěr

Při porovnání odstavců s přehledem základní problematiky vyplývá, že dobrý NED resp. EPD je navržen v celkovém konceptu, který začíná u širších vztahů v daném místě a končí u konkrétního detailu stavby. U obou zmíněných konstrukčních systémů je zřejmé, že zděné konstrukce jsou principiálně schopné reagovat na požadavky nízkoenergetického konceptu, avšak pouze do jisté míry a to náročněji jak energeticky (podíl vkládané energie na výrobu), tak ekonomicky. Na druhé straně dřevostavby umožňují ve svém základním konceptu větší škálu možností nejen z hlediska úspor energií, ale také pružnější reakci na současné požadavky ve výstavbě, které u nás teprve čekají na svou příležitost!



Zděné tenkostěnné konstrukce > nutné provázání betonovými věnci a stropní deskou



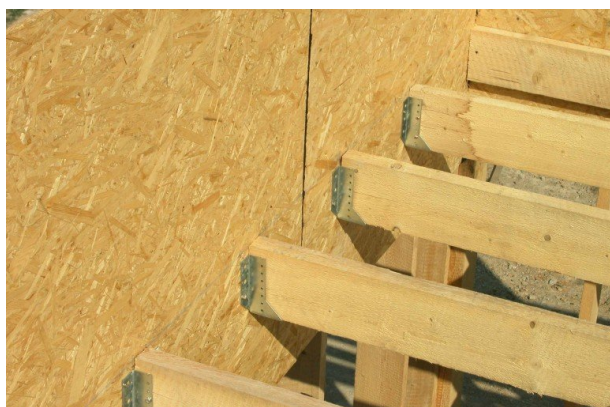
Tepelné izolování deskami z minerální vlny tl. 300 mm ve čtyřech vrstvách



Odstranění tepelných mostů talířových kotev a lepení vrstev XPS pomocí PU pěny



Konstrukční ostění otvorů v dřevostavbě > připravenost pro tepelné izolování tl. 300 mm minerální vlny



Napojování stropních trámů na obvodovou stěnu > důležité je vyvarovat se zbytečných prostupů parotěsnou konstrukcí resp. OSB deskou



Zateplování dřevěného skeletu

Tepelné mosty při realizaci pasivních domů

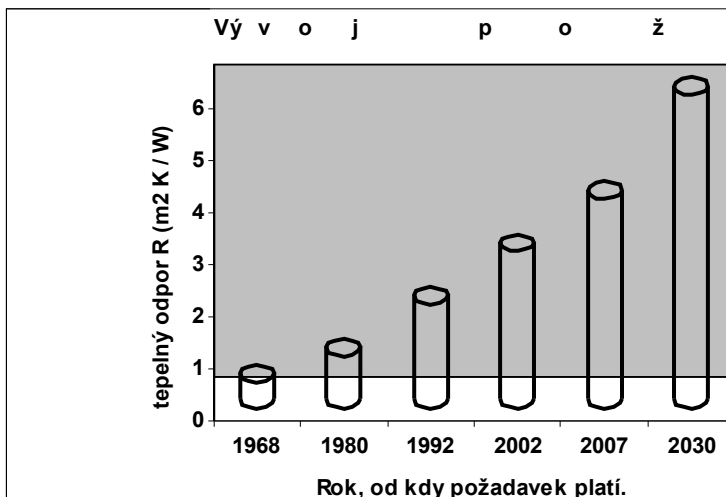
Roman Šubrt

sdružení Energy Consulting, Alešova 21, České Budějovice, Czech republic

e-mail: roman@e-c.cz, tel. 777 196 154

Trend zlepšování tepelných izolací je neustálý. To, co bylo dřív nadstandardem dnes nevyhovuje standardu. Toto bude platit i v budoucnosti. Pokud tedy dnes stavíme dům, je vhodné uvažovat alespoň s tím, jaké standardy budou platit za 25 let, což je při předpokládané morální životnosti stavby 50 let právě polovina. Pokud bude stavba polovinu svého věku vyhovovat a druhou ne, je to stavba patřící na současný trh. Smutnou záležitostí je, že bohužel většina dnes postavených staveb nevyhovuje ani současným požadavkům. Setkal jsem se i s tím, že při stavbě nebyly z neznalosti respektovány ani požadavky 10 let staré.

Pro orientaci zde uvádím minulé i předpokládaný budoucí vývoj požadavků na tepelný odpor vnějších stěn:

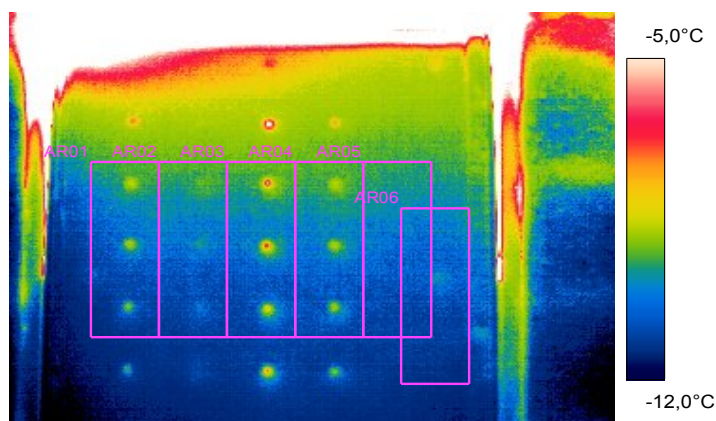


potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi [kWh/a]							
konstrukce	dům ze 70.let 20. stol.	tepelné izolace dle požadavku ČSN 73 0540-2	tepelné izolace dle doporučení ČSN 73 0540-2	tepelné izolace zesílené proti požadavku normy	dtto, ale tepelné mosty U = 0,05 W/(m².K)	dtto, navíc uvažováno s rekuperací větraného vzduchu	dtto, ale vliv tepelných mostů snížen na U = 0,02 W/(m².K)
podlaha	4535	1512	1008	630	630	630	630
střecha	6928	1512	1008	945	945	945	945
okna	6046	4283	3023	2267	2267	2267	2267
stěna	17634	4786	2519	2267	2267	2267	2267
tepelné mosty	2393	2393	2393	2393	1197	1197	479
větrání	5226	5226	5226	5226	5226	1045	1045
zisky	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860
celkem	37902	14851	10317	8868	7672	3491	2773
měrná potřeba tepla za rok na m² zastavěné podlahové plochy [kWh/m²,a]							
ev	190	74	52	44	38	17	14

Jak se toto odráží v celkové spotřebě energií lze dokumentovat tabulkou, ve které je spočtena potřeba energie na pokrytí tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi. Jde o zjednodušený výpočet, který však celkem jasně dokumentuje vývoj účinnosti tepelných izolací i to, na co je potřeba se zaměřit. Z uvedené tabulky je také patrné, že při konstantních tepelných ziscích se musíme, pokud chceme dosáhnout statutu pasivního domu, zaměřit na rekuperaci, tedy zpětné získávání tepla a na tepelné mosty. Bez jejich cíleného optimalizování není možné pasivní dům postavit.

Tepelné mosty, respektive tepelné vazby, což je zvláštní druh tepelných mostů mají tu zvláštnost, že jejich velikost je více–méně nezávislá na tepelně izolačních vlastnostech okolních konstrukcí. V dřívějších normách (např. ČSN 06 0210) se tepelné mosty započítávaly přírážkou k součiniteli prostupu tepla ve výši 10%. Pokud tedy byly běžné konstrukce se součiniteli 1,0 až 1,4 (např. klasická zeď z plných cihel tl. 45 až 75 cm), byla přírážka ve výši 10% přijatelná a znamenalo to zvýšení součinitele prostupu tepla U o $\Delta U = 0,1$ až $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tato difference byla v té době akceptovatelná, bohužel u současných konstrukcí není možné uvažovat s oněmi 10%, ale je nutné uvažovat s $\Delta U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. To, zejména u pasivních a nízkoenergetických staveb znamená podstatné zvýšení součinitele prostupu tepla. U těchto domů jsou běžné tloušťky tepelných izolací 24 i více cm, součinitel prostupu tepla je pak $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a zvýšení o $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ znamená zvýšení o 70%.

Příčiny vzniku tepelných mostů mohou být různé. Někdy je to dáno konstrukcí (například nosný prvek v lehkém obvodovém plášti), někdy se může jednat o tepelnou vazbu, tedy vzájemná vazba dvou konstrukcí a tepelný most vzniklý jejich napojením, jako je například napojení dvou zdí, někdy se může jednat o vliv technologie, což jsou například maltová lože u zdíva z lehkých materiálů. Typickou ukázkou těchto všech tepelných mostů je následující termogram:



Úkolem pro projektanta, stavitele i stavebníka je minimalizace všech tepelných mostů pokud možno za co nejpríjemnější cenu.

Toto řešení má svoje specifika. V první řadě je nutné pro daný objekt a danou situaci zvolit co nejvhodnější konstrukční i materiálový systém. Totu volbou se dojde k tomu, že konstrukce bude optimálně volena z hlediska ceny, místa stavby, určení stavby, realizačních podmínek, realizační firmy a pochopitelně konečných užitných vlastností stavby. Tato volba, která se často odehrává na základě pocitů investora je klíčová, protože do budoucna podstatně ovlivňuje reálnost a způsob řešení dalších problémů. Investorovi lze pochopitelně při návrhu konstrukčního systému vyjít vstříc, je však nutné očekávat, že každý systém má svoje specifika, která je nutné zohlednit a která do jisté míry i předurčují výsledné vlastnosti stavby.

Při projektování pasivního domu je obzvlášť nutné věnovat se všem tepelným mostům, nejenom tepelným vazbám a klasickým lineárním tepelným mostům ako je například překlad nad oknem či nosný trámek v dřevostavbě, ať již se jedná o sloupek či krokev. Je nutné se věnovat i bodovým tepelným mostům. Například následující termogram a tabulka naměřených hodnot se věnuje porovnání různých typů hmoždinek u kontaktního zateplovacího systému:

Tabulka min. a max. teplot v okolí různých typů hmoždinek v termogramu:

	1	2	3	4	5	6
minimální teplota	-11,4°C	-11,0°C	-11,1°C	-11,1°C	-11,1°C	-11,4°C
maximální teplota	-8,1°C	-5,4°C	-9,3°C	-9,1°C	-8,2°C	-9,4°C
rozdíl teplot	3,3°C	5,6°C	1,8°C	2,1°C	2,9°C	2,0°C

Je patrné, že různé hmoždinky mají různou tepelnou vodivost a tím způsobují různé velké tepelné mosty. Z tabulky je patrné, že rozdíl teplot činí minimálně 1,8 °C, avšak u některých typů hmoždinek přesahuje čtyřnásobek této hodnoty.

Pokud se tomuto problému bude projektant podrobně věnovat, může například spočítat tak jako my vliv různých typů hmoždinek při konkrétním zdivu a tepelné izolaci na bodový tepelný most. My jsme se tomuto v jednom případě věnovali poměrně podrobně a uvažovali jsme se 4 druhy stěnové konstrukce (1 až 4) a 6 druhů hmoždinek (A až F), konkrétně šlo o tyto skladby stěn a tyto hmoždinky:

- 1.: 6 mm stěrková omítka, 80 mm EPS, 15 mm původní omítka, zdivo CP, 15 mm omítka (Tepelný tok bez hmoždinky 2,87 W.)
- 2.: 6 mm stěrková omítka, 120 mm EPS, 15 mm původní omítka, zdivo CP, 15 mm omítka (Tepelný tok bez hmoždinky 2,79 W.)
- 3.: 6 mm stěrková omítka, 80 mm EPS, 6 mm lepidlo, 50 mm beton, 30 mm EPS, 150 mm železobeton (Tepelný tok bez hmoždinky 3,33 W.)
- 4.: 6 mm stěrková omítka, 120 mm EPS, 6 mm lepidlo, 50 mm beton, 30 mm EPS, 150 mm železobeton (Tepelný tok bez hmoždinky 2,51 W.)

Byly počítány tyto hmoždinky:

- A** – hmoždinka s kovovým trnem
B – hmoždinka s kovovým trnem se zapuštěním do zateplovacího systému 30 mm
C – hmoždinka s plastovým trnem
D – hmoždinka s plastovým trnem se zapuštěním do zateplovacího systému 30 mm
E – hmoždinka s kovovým trnem s přerušením tepelného mostu
F – hmoždinka s kovovým trnem s přerušením tepelného mostu se zapuštěním

Výsledkem byla následující tabulka, kde jsou min. a max. teploty teplotami dosažené na vnějším povrchu počítané výšece. Tepelné toky jsou počítané při stacionárním vedení tepla a při rozdílu 36 °C.

Tabulka výsledných hodnot:

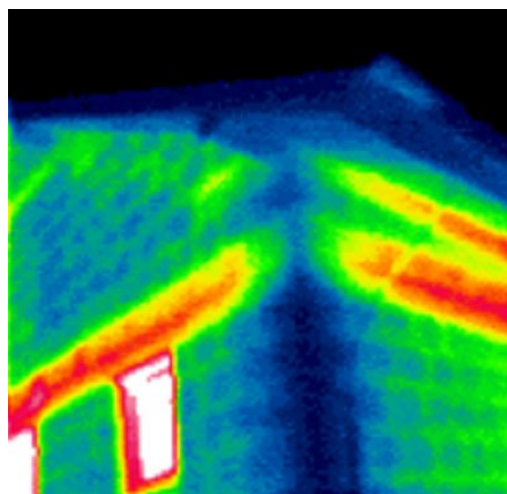
			kovový trn	kovový trn + zateplení	plastový trn	plastový trn + zateplení	termos-top trn	termos-top trn + zateplení
konstrukce			A	B	C	D	E	F
80 mm EPS + zdivo CP	1	tepelný tok [W]	3,9234	3,8604	3,8433	3,8429	3,8825	3,8545
		min. teplota [°C]	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,2	-14,4
	tep. tok 3,8417 W	max. teplota [°C]	-9,7	-14,3	-14,3	-14,4	-13,5	-14,3
		zvýšení tepel. toku [%]	2,127	0,487	0,042	0,031	1,062	0,333
		bodový tep. most [W/36K]	0,082	0,019	0,002	0,001	0,041	0,013
		rozdíl teplot	4,700	0,100	0,100	0,000	0,700	0,100
120 mm EPS + zdivo CP	2	tepelný tok [W]	2,8686	2,8204	2,7903	2,7901	2,8386	2,8145
		min. teplota [°C]	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6
	tep. tok 2,789 W	max. teplota [°C]	-10,5	-14,4	-14,5	-14,6	-13,7	-14,5
		zvýšení tepel. toku [%]	2,854	1,126	0,047	0,039	1,778	0,914
		bodový tep. most [W/36K]	0,080	0,031	0,001	0,001	0,050	0,025
		rozdíl teplot	4,100	0,200	0,100	0,000	0,900	0,100

konstrukce			kovový trn	kovový trn + zateplení	plasto- vý trn	plastový trn + zateplení	termos- top trn	termostop trn + zateplení
			A	B	C	D	E	F
80 mm EPS + 30 mm beton + 30 mm EPS + 150 mm ŽB	3	tepelný tok [W]	3,3943	3,3475	3,3341	3,3344	3,3641	3,343
		min. teplota [°C]	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5
	tep. tok 3,3335 W	max. teplota [°C]	-10,2	-14,4	-14,4	-14,5	-13,5	-14,4
		zvýšení tepel. toku [%]	1,824	0,420	0,018	0,027	0,918	0,285
		bodový tep. most [W/36K]	0,061	0,014	0,001	0,001	0,031	0,010
		rozdíl teplot	4,300	0,100	0,100	0,000	1,000	0,100
120 mm EPS + 30 mm beton + 30 mm EPS + 150 mm ŽB	4	tepelný tok [W]	2,5753	2,5365	2,5118	2,512	2,5513	2,5317
		min. teplota [°C]	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6
	tep. tok 2,5111 W	max. teplota [°C]	-9,8	-14,5	-14,5	-14,6	-13,6	-14,5
		zvýšení tepel. toku [%]	2,557	1,012	0,028	0,036	1,601	0,820
		bodový tep. most [W/36K]	0,064	0,025	0,001	0,001	0,040	0,021
		rozdíl teplot	4,800	0,100	0,100	0,000	1,000	0,100

Obdobně jsme se zabývali vlivem Spidi kotev. Její vzhled je patrný z obrázku níže. Při prostudování této tabulky zjistíte, že zvýšení tepelného toku dosahuje někdy až neuvěřitelných 20%. Znamená to tedy, že přestože přidáme 80 mm kamenné vlny, její účinnost je o více jak 20% snížena právě vlivem těchto bodových tepelných mostů.

Tabulka bodových tepelných mostů Spidi kotvami

podložka: tl. 10 mm, $\lambda=0,1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ tep. izolace: Rockwool tl. 80 mm	panel – železobeton 150 mm, EPS 30 mm, beton 50 mm			Therm 240 mm – omítka 10 mm, zdivo Therm 240 mm		
	tep. tok [W/m ²]	bodový most [W]	navýšení %	tep. tok [W/m ²]	bodový most [W]	navýšení %
zeď + kotva	0,2975	0,0167	9,4	0,3676	0,0214	9,7
zeď + kotva + lišta	0,3014	0,0190	10,5	0,3718	0,0239	10,7
zeď + kotva, umístěno přímo na zdi bez podl.	0,3220	0,0314	16,3	0,4009	0,0414	17,2
zeď + kotva + lišta, přímo na zeď bez podložky	0,3385	0,0413	20,3	0,4009	0,0414	17,2
pouze zeď	0,2697			0,3319		



Termogram nezatepleného zdiva z bloků typu therm

Fyzikální vlastnosti izolace ze slaměných balíků a jejich úprava pro pasivní domy

RNDr. Jan Hollan

Fakulta stavební VUT v Brně, jhollan@amper.ped.muni.cz

Sláma jako stavební materiál má velmi dlouhou tradici. Ve stěnách ve formě provazců omazaných hlínou nebo jako přídavek do hliněných cihel, na střeše coby krytina. Ve formě balíků se začala používat coby nosný materiál (na nosnosti se podílí omítky) v devatenáctém krátkce po zavedení lisů v Nebrasce a jinde v USA. Nezávisle se z balíků stavěly domy, coby východisko z nouze, na Ukrajině a nejspíš i jinde.

Domy, u nichž tvoří většinu hmoty vnějších zdí balíky slámy, nejsou ale kvůli tomu nijak substandardní, právě naopak. Sláma totiž výborně tepelně izoluje. V dnešní době se balíky většinou vkládají do nosné dřevěné konstrukce, moderním trendem jsou nosné zdi z obřích balíků (s minimem otvorů, až na velkoryse prosklenou jižní stěnu).

Stlačená sláma s objemovou hmotností nad 70 kg/m^3 izoluje téměř stejně jako jiné dobré izolační materiály, obvykle udávaný materiálový koeficient slámy je $\lambda = 0,044 \text{ W/(m.K)}$. To je dáno tím, že většinu objemu tvoří vzduch, který je rozdělen na malé komůrky, čímž je znemožněn zářivý tok energie na vzdálenosti přes jeden milimetr, a také je velmi potlačeno proudění vzduchu. Tepelná vodivost vzduchu je malá a ani tepelná vodivost vláken není vysoká, ty navíc tvoří jen malou část objemu. U minerálních izolací je sice vodivost vláken vyšší, objemový podíl ale bývá menší. Lépe izolují materiály s jemnější strukturou, kde je volná dráha pro záření ještě menší; přitom je důležité, aby byl materiál pro záření s vlnovými délkami nad čtyři mikrometry co možná nepropustný (poměrně propustný je polyethylen a polystyren, který se dnes už zlepšuje přidáváním vloček grafitu nebo hliníku, je pak na pohled stříbřitý).

Proudění vzduchu se v nějaké míře vyskytuje ve všech prodyšných materiálech. Při malých rozdílech teplot a tenkých vrstvách tepelný tok téměř nezvyšuje, v zimě a při tlustých vrstvách to ale už nemusí být pravda. Je to jako u oken: dvě skla dva centimetry od sebe izolují lépe, než kdyby byla jeden centimetr od sebe, ale vzdálit je na dvacet centimetrů už moc nepomůže.

Základním opatřením, které vliv proudění vzduchu sníží, je opatření izolační vrstvy málo prodyšným povrchem. Ten má zabránit vlivům poryvů větru, i „zkratu“ proudění oblastí, která mu neklade žádný odpor. Např. izolace volně položené na podlaze půdy nemají mít nikdy volný povrch, je na ně nutno položit alespoň nějakou fólii (např. libovolnou starou mírně děravou polyetylenovou, dírký jsou potřebné, aby se pod fólií nemohl držet vlhčí vzduch; jde-li o papír, ten děravý být nemusí) a přitížit ji tak, aby byla pod ní nebyly žádné kapsy tlustší než několik milimetrů.

Pak zbývá už jen tepelná konvekce, samovolné proudění uvnitř samotného prodyšného izolačního materiálu, vyvolané různými hustotami vzduchu na chladné a teplé straně. To se vyskytuje, když je nějaká teplá oblast níže než sousední chladná.

Kupodivu nejmenší problém nastává, když jde o vodorovnou vrstvu nad teplou místností. Tehdy totiž v homogenní izolační vrstvě může vzniknout stabilní zvrstvení, v němž teplota nahoru klesá. Aby vzduch neproudil, k tomu je potřeba, aby tzv. modifikované Rayleighovo číslo pro takovou situaci bylo menší než 40. S využitím balíků slámy je to snadné docílit, když se použijí dvě vrstvy (tedy tloušťka 80 cm), které se téměř neprodyšně oddělí (opět libovolnou, pro difuzi prostupnou či zprostupněnou fólií).

Ve stěnách a v šikmých vrstvách ale taková stabilní situace nastat nemůže, proudění tam probíhá vždy, je-li venku a uvnitř různá teplota. Tomu nelze zabránit a ani to není potřeba. Jde jen o to, aby zvýšení tepelného toku vrstvou, které je tím působeno, bylo zanedbatelné.

Vliv proudění na tepelný tok se kvantitativně vyjadřuje tzv. Nusseltovým číslem. Je-li rovno jedné, je to případ, kdy se proudění nijak tepelně neprojevuje, tepelný tok se realizuje jen zářením a vedením ve vzduchu a vedením ve vláknech. Je-li rovno dvěma, pak to znamená, že proudění snížilo tepelný odpor izolační vrstvy na polovinu. Jak ukazují americká a dánská měření, a jak také vyplývá z teorie, to je právě případ slaměných balíků v situaci, kdy je venku mráz.

Nejde-li o to, dosáhnout parametrů stěny, které se považují za potřebné pro pasivní dům, tj. hodnoty $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ nebo menší, není to žádný velký problém. 40 cm slámy bude mít i s konvekcí „slušnou“ hodnotu U menší než $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, a při venkovních teplotách nad pět stupňů bude klesat k oné žádoucí hranici $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pokud ale jde o to, aby i tak prodyšný izolační materiál, jako je sláma, izoloval skvěle, srovnatelně s komerčními tepelně izolačními materiály, i v nejhorších podmínkách, tj. když je venku zvláště zima, pak je potřeba konvekci účinně potlačit. Samozřejmě, pokud by to nebylo moc drahé a pracné, stojí za to potlačit ji v každé aplikaci.

K tomu se nabízejí dvě základní možnosti. Zdánlivě nejsnazší je snížit nějak prodyšnost slámy. Bohužel, bylo by potřeba ji snížit desetkrát, a to se ukazuje jako nerealizovatelné. Druhou možností je rozdělit vrstvu slámy tak, aby se proudění odehrávalo v menších buňkách a jeho tepelný vliv se tím dostatečně snížil.

Ukazuje se, že tato cesta je realistická, i když nejspíše znamená zdražení takto upravených balíků na třetinu ceny komerčních izolačních materiálů. V balících lze vytvořit injektáží dvě přepážky napříč tepelného toku, které proudění rozdělí z jedné buňky do tří. Tehdy Nusseltovo číslo nepřesáhne 1,1, tedy zhoršení tepelných vlastností slámy deset procent. Při tloušťce 40 cm bude $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, což je zcela vyhovující.

Pro injektáž lze užít různé materiály (polyuretanovou pěnu, jíl atd.), zvláště snadná je injektáž sádry, která má malou viskozitu. Používáme pro ni „hřeben“ z dutých jehel. Jehly mají vnější průměr 4 mm a lze je do balíku zanořit až 25 cm hluboko, jsou v rozteči 10 mm a je jich celkem 20, tj. hřeben má délku 20 cm. Jedna přepážka v balíku, tlustá jeden centimetr, vyžaduje tedy šest injektáží, dvě přepážky dvanáct. Použití delšího hřebene naráží na problém, že pro posun každé jehly v balíku je potřeba až 200 N, takže při šedesáti jehlách by to vyžadovalo komplikované zařízení. I takové je ale myslitelné. Lze si dokonce přestavit výrobní linku, kde se kompletní injektáž balíku odehraje v jedné operaci.

Minerální přepážky zvýší hmotnost standardního balíku na dvojnásobek, což ještě umožňuje, aby se s ním i nadále manipulovalo ručně. Výhodou může být vyšší nosnost balíku (je-li užít jako nosný prvek), dalším přínosem je velké zvýšení požární odolnosti takové stěny.

Další vývoj injektážních postupů by mohl vést k tomu, že se z balíků opatřených dvěma, tentokrát tlustými minerálními přepážkami, stanou přesné nosné zdící prvky, vlastně první svého druhu: jediné „cihly“, které po omítnutí budou plně vyhovovat parametrům kladeným na pasivní domy.

Alternativou injektáže hotových balíků je naopak sestavování tříkomorového souvrství, kde je sláma kombinovaná s jinými materiály, minerálními nebo dřevěnými. Tak lze v principu sestavovat dílce velikosti až celých stěn, podobně, jako tomu již bylo v případě několika pasivních domů jižně od Vídně (tam ovšem byly použity balíky bez vnitřních přepážek).

Více informací, vč. vzorců pro modifikované Rayleighovo číslo a mnohých hypertextových odkazů, viz příspěvky autora v březnovém a dubnovém archivu 2005 konference <http://amper.ped.muni.cz/strawbale>.

Seminární Centrum Hostětín – investiční záměr výstavby pasivního domu ekocentra

Ing. Ludvík Trnka

ZO ČSOP Veronica, Panská 9, 602 00 Brno, e-mail: veronica@ecn.cz

Obec Hostětín má velkou šanci stát se jednou z prvních nefosilních obcí v České republice. Kromě vytápění, které je v Hostětíně zajišťováno z centrální biomasové výtopny, jsou na mnoha domech instalovány sluneční kolektory na ohřev vody, proto spotřeba fosilních zdrojů se již zredukovala pouze na spotřebu elektřiny a propan-butanu v domácích spotřebičích a na ohřev vody v některých domácnostech. Odpadní voda se čistí v kořenové čistírně odpadních vod a na přilehlých zemědělských pozemcích se pomalu rozvíjí ekologické zemědělství.

Pasivní budova seminárního centra v Hostětíně

Stavba seminárního centra je součástí školicího programu zaměřeného na energeticky uvědomělé stavění. Projektování i realizace stavby probíhá jako permanentní proces přenosu zkušeností ze zahraničí v oblasti nízkoenergetické a solární architektury a stavby pasivních domů. Projekt stavby vznikl ve spolupráci s předním rakouským architektem G. W. Reinbergem, přičemž prostředky pro jeho financování byly poskytnuty rakouskými státními zdroji v rámci mechanismů Česko-rakouského energetického partnerství. Stavba by měla navázat na nedávný vývoj v oblasti stavění zaměřeného na úsporu zdrojů a využití šetrných inovativních technologií, který se odehrál v rámci evropského projektu CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards).

Seminární centrum je objekt rozdělený na dvě části, část společenskou a část ubytovací. V ubytovací části je 25 lůžek, dílna, skladovací prostory apod., ve společenské části je sál, kuchyň, kanceláře a ve sklepě technologické zázemí celého objektu. Objekt má masivní nosné stěny zateplené minerální vatou a slaměnými balíky. Zastřešen je kombinací tradiční sedlové střechy a zatravněnou plochou střechou. Celková podlahová plocha je 700 m².

Projekční fáze pasivního domu z pohledu zasněženého investora

Pasivní domy jsou v České republice projektované a realizované velmi zřídka. Proto byl osloven zahraniční architekt pro zpracování studie a k němu vyhledán český partner zajišťující dopracování do prováděcího projektu při stabilní kontrole ze strany hlavního architekta pana prof. Reinberga. Tento model vyžaduje ovšem i po českém projekčním týmu zvládnutí řady zásad týkajících se pasivních domů.

1. Nepřerušená tlustá izolace (prostup tepla menší než 0,15 W/m².K)

Projektanti běžně nedbají na tepelné mosty, na ztenčené izolace apod.. Velmi problematicky jsme zpravovali tepelný most mezi nosnou zdí a betonovým základem. Dodržování tohoto bodu je zapotřebí neustále hlídat.

2. Okna pro pasivní domy ($U < 0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $g > 50\%$)

Tato podmínka je dobře splněna výběrem renomovaného dodavatele, bylo třeba opravovat pouze uložení oken. Velmi diskutabilní je ovšem umístění šikmých střešních oken, které osvětlují prostor kanceláří. Střešní okno je v pasivním domě natolik problematický prvek, že jeho umístění musí být velmi silně argumentováno hlavním architektem. V tomto případě jde také o ústupek regulativům územního plánu a plánu páče chráněné krajinné oblasti.

3. Rekuperace odpadního vzduchu s účinností nad 80% a předeřev čerstvého vzduchu v zemním výměníku

To je zadání, které hraničilo až s nemožností. Do podmínek se navíc dostaly rychlosti vzduchu v potrubí (kvůli spotřebě elektřiny by neměla být rychlost vyšší než 2 m/s), podmínka nezávislé regulace v jednotlivých částech domu, nízká hluchost jednotek a zamezení přeslechů mezi pokoji. Podmínka využití odpadního tepla z jedné části (např. z kuchyně či sálu) pro jinou část

objektu (např. pokoje) byla ze zadání odstraněna pro přílišnou složitost. Po silných atacích ze strany investora i ze strany hlavního architekta se zadání podařilo splnit v uspokojivé míře. Jedinou nevýhodou je, že čeští projektanti mají malé zkušenosti se zahraničními vzduchotechnickými jednotkami, což značně zužuje jejich návrhy.

4. Absence teplovodního vytápěcího systému

Tento požadavek jsme nesplnili z několika důvodů. Jednak máme díky teplovodnímu systému větší možnost regulace teploty v jednotlivých částech objektu. Dále teplovodní systém nespotřebuje na svůj provoz tolik elektřiny, takže při neobsazeném stavu, kdy bude zapotřebí minimálně vytápět a nebude zapotřebí větrat budeme mít daleko nižší provozní spotřebu. Nakonec teplovodní systém umožňuje lepší využití nízkoteplotních zdrojů.

5. Těsnost objektu

Požadavek těsnosti je dán do výběrového řízení jako tzv. uživatelský standard včetně provedení zkoušky „Blower door test“.

Stavba Seminárního centra v Hostětíně je plánována na rok 2006.

Praktické zkušenosti z realizace nízkoenergetických a pasivních domů

Akad. Arch. Aleš Brotánek

Předseda o.s.Ekodům, Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Tř., e-mail: abrotanek@volny.cz

1. Je reálné redefinovat zadání a začít věci organizovat jinak? Jak s tím souvisí energetická koncepce státu (EKS) a ekologická daňová reforma (EDR)?

Proč se nestaví více NE a pasivních domů?

Je to jednoduché, plýtvání se vyplácí. Je možné se odvolávat na to, že není dost architektů, stavařů a firem, které to umí. Ale tento nedostatek je jen proto, že není dost investorů, kteří by pociťovali potřebu takových staveb. První zájem ze strany poměrně malé skupiny osvěcených investorů se začal probouzet po prvním citelnějším nárůstu cen energií. Ty ale ještě stále neodrážejí tržní ceny ani škody, které jejich plýtvání přináší. Tudiž, když s realizacemi jsou jen problémy, ani z nich neplynou žádné druhotné výhody, prestižní ani ekonomické, je logické, že zájem o tyto stavby je jen od vysoce poučených osob, které mají mimoekonomické zájmy spíše obrácené k osobnímu svědomí, anebo hledí daleko za současný horizont.

Je možné získat v ČR dotaci na realizaci NED a EPD?

Bohužel ne. Je to proto, že dotace se přidělují na čtyřech různých ministerstvech. I kdyby všechny komponenty NE a pas. domů bylo možné poskládat z různých dotačních titulů, většinou není možné na jeden projekt čerpat více dotací než jednu.

Dalším důvodem je to, na co jsou dotace směřovány. V prvních letech to bylo na tzv. ekologické elektrické přímotopy a na plynofikaci. Později se rozšířily na kotle na biomasu, tepelná čerpadla, sluneční kolektory. Podle tabulky posloupnosti opatření je vidět, že se dotace týkají technologií souvisejících se zdroji vytápění (kromě kolektorů). To znamená těch opatření, která jsou na konci procesu. Pokud se provedou opatření směřující k celkovému snížení spotřeby energií, bude potřeba malý zdroj a tudíž podíl dotace bude také malý. V praxi to znamená, že se pak ani nevyplatí o něco žádat, neboť vyřízení žádosti také něco stojí a může se stát, že se nakonec náklady na žádost s dotací vyruší. Proto je výhodné žádná výrazná opatření nekonat, pořizovat velké zdroje a žádat o velké dotace na ně. A zase jsme u toho, že je plýtvání výhodné. Chyba je v tom, že není stanoven hlavní cíl a k tomu pak voleny vhodné prostředky.

Pokud jednotlivá ministerstva vykazují pouze plošně instalované výkony jednotlivých tzv. ekologických způsobů vytápění, nemůže to nikdy vést k logickému řetězení jednotlivých opatření a k úsporám energií.

Plýtvání neekologické je pouze nahrazováno plýtváním ekologickým

Bohužel, tato zdánlivě nesmyslná teze nejlépe vyjadřuje současný přístup k řešení problému. Pokud by totiž cílem dotací mělo být lepší VYUŽITÍ POTENCIÁLU ÚSPOR, logicky by byli investoři odměňováni za dosažené výsledky. Po uvedení stavby do provozu se dá snadno měřením **skutečných vlastností stavby** ohodnotit (OŠTÍTKOVAT) její zařazení podle mezinárodně uznávané metodiky a podle toho přidělit dotační prostředky. Čím lépe, tím více, bez ohledu na to, jaké technologie a prostředky byly použity. Výsledkem by mohlo být nejen využití potenciálu úspor, ale především snížení rizika plýtvání státních prostředků. Na dotacích by pak nebyly zainteresovány především montážní firmy (položení co největšího počtu solárních kolektorů, velkých tep.čerpadel. atd..), ale hlavně investoři, aby objednávali jen to, co skutečně potřebují. Šetření by mohlo začít být **výhodné** a hlavně průhledně dotovatelné.

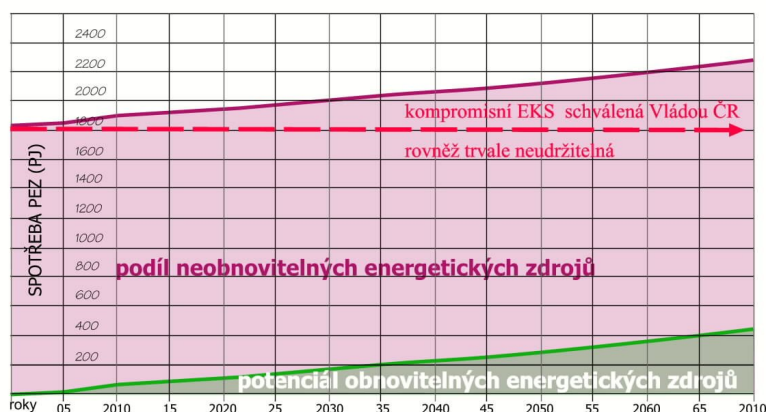
Štítkování by mělo svůj význam ve zvýšení tlaku na kvalitu stavební výroby. Z reálných staveb vím, že hodnoty splnění platné normy jsou často plněny pouze na papíře v dokumentaci ke stavebnímu povolení. Pokud by novostavba nesplňovala deklarované parametry, měla by být nezkolaudovatelná, nebo by měla platit ze svého provozu pravidelný příspěvek do fondu na odstraňování škod na životním prostředí. Nejde o to za každou cenu někoho trestat, ale o zvýšení povědomí osobní odpovědnosti.

Vyžívání potenciálu úspor není problém technických řešení, ale nastavení mantinelů ekonomického prostředí

Ve vládě ČR byla v roce 2004 s velkým úsilím schválena energetická koncepce státu (EKS). Polemika, která ji předcházela, se pohybovala v názorech, zda spotřeba energií u nás stále ještě poroste, nebo zda je možné uvažovat aspoň o nepatrném snižování spotřeby. Smutné bylo zjištění, že stále ještě ve vládních strukturách (především na ministerstvu průmyslu a obchodu) převládá názor, že hospodářský rozvoj je možný jedině s nárůstem spotřeby. Pojem POTENCIÁL ÚSPOR, je vytěsňován mimo zorný úhel dlouhodobých úvah, přestože vstupem do EU jsme se přihlásili k trendům trvale udržitelného rozvoje a tendencím zcela opačným. Kompromisem je koncepce, která připouští, že spotřeba neporoste, a která nerada bere na vědomí, že bude nutné rozvíjet i využívání obnovitelných zdrojů energií.

Podíváme na využitelný potenciál obnovitelných zdrojů a současnou spotřebu. Na grafu SCÉNÁŘE TRVALE NEUDRŽITELNÉHO a vládou přijaté EKS vidíme, že i když využijeme veškerých **možností obnovitelných zdrojů**, nemůžeme jimi nikdy pokrýt současné **plytvání neobnovitelnými zdroji**. Má taková koncepce nějaký smysl?

SCÉNÁŘ (trvale neudržitelný) ENERGETICKÉ KONCEPCE STÁTU



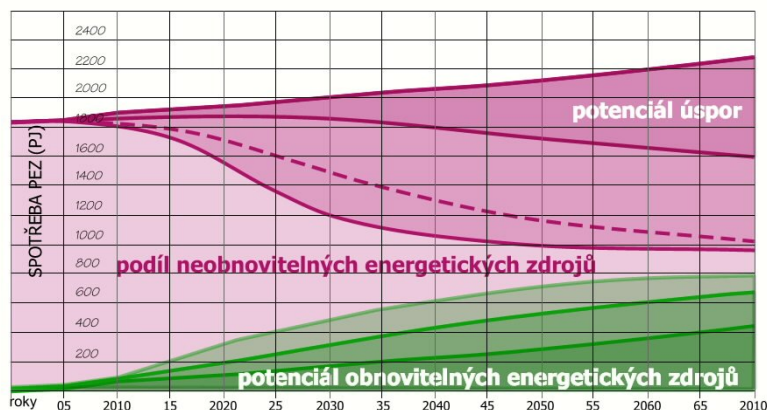
EKS by měla vytyčovat dlouhodobé trendy na základě analýzy skrytých nebo nevyužívaných potenciálů současného stavu, pojmenovávat životně důležité cíle budoucího vývoje, ale především udávat směr, kudy je možné hledat cestu k jejich naplnění.

Musíme najít odvahu si přiznat, že se chováme tak, jako kdybychom se nalézali ve světě neomezených zdrojů. Jedině v takovém světě je možné žít s neustálým nárůstem spotřeby.

Pokud přiznáme, že žijeme na planetě omezených zdrojů, kde **trvale udržitelně** je možné žít jedině **s takovým potenciálem energie, který k nám ročně přichází ze slunce, a který je redukován na využitelný potenciál OZE, teprve definujeme NOVÝ CÍL umožňující budoucí rozvoj.**

Z toho vyplývá, že rozvoj a využívání OZE může mít zásadní význam jen tehdy, pokud se s ním spojuje i opačná tendence, a tou je rozvíjení potenciálu úspor. Pokud současné plytvání začneme nahrazovat jen nezbytně nutnou spotřebou (s lepším komfortem a kvalitou životního prostředí) a tuto zmenšující se spotřebu budeme pokrývat z potenciálu OZE, začne se rýsovat scénář hledající TRVALE UDRŽITELNÉ EKS, jak je vidět na dalším grafu.

hledání
SCÉNÁŘ (trvale udržitelné) ENERGETICKÉ KONCEPCE STÁTU



Pak bude záležet na tom, kde si zvolíme, že se tyto dvě tendence v čase mají setkat. Kam umístíme vytčený cíl. Pak můžeme diskutovat, jaké potřebujeme prostředky (nejen finanční) a strategie k jeho dosažení.

Jak se na redefinovaném zadání úkolů může podílet architektura budov?

Ze zkušeností 25let vím, že v architektuře takové potenciály jsou. Z toho, co jsem doložil v první kapitole, to již lze vysledovat a pro úplnost stručně rekapituluji:

- a) **v obsluze budov se spotřebovává POLOVINA současné spotřeby energií**
- b) **je možné stavět budovy s energetickými nároky na provoz o 70% - 90% nižšími**
- c) **nová výstavba představuje 1% staveb za rok, za 100let se prakticky obnoví fond budov**
- d) **od určitého data by nebylo možné stavět nové budovy horší než nízkoenergetické, tj. bez zvýšení nákladů realizaci, ale o 80% úspornějších v provozu**
- e) **z toho plyne, že minimálně za 100 let by bylo možné zbývajících 20% energie potřebných na provoz budov pokrývat z obnovitelných zdrojů energie**

Vidíme tedy, že architektura může řešit minimálně polovinu problémů znečištění a globálního oteplování, když pochopí nutnost redefinovat aktuální zadání a začne měnit základní vlastnosti budov. Energetickou koncepci státu by pak bylo možné konstruovat v několika trajektoriích a hledat optimální možnosti budoucího rozvoje, protože podobné potenciály úspor lze hledat i v dalších odvětvích.

Čím by ekologická daňová reforma měla být ?

V již zmíněné knize "Přírodní kapitalismus" je přehledně popsáno, že ve všech oborech lidského konání jsou obrovské, ale nevyužité potenciály umožňující s desetinou prostředků dosáhnout desetkrát lepšího výsledku. Využívání potenciálu úspor není problém technických řešení (ta jsou již známá), ale působení ekonomického prostředí, které nás nutí chovat se **nenormálně = PLÝTVAT**.

Proto klíčovým zlomovým nástrojem může být narovnání tržních vztahů v ekonomickém prostředí, ve kterém by se začalo vyplácet chovat se **normálně = ŠETRNĚ**. O to se ekologická daňová reforma snaží.

Čím EDR není a nesmí být.

EDR není zavádění nového zdanění X má jenom začít vybírat daně na jiných místech než na znevýhodňování lidské tvůrčí práce

EDR není zvýšení daní X má z hlediska daňové výtežnosti být neutrální a dlouhodobě by měla spíše působit na jejich snížení

Před 150 lety bylo považováno za štěstí, pokud jste našli na cestě podkovu.

Nebylo to proto, jak se nám to může z dnešního pohledu jevit, že by měla nějakou magickou sílu, ale proto, že byla ze vzácné suroviny. Bylo ji možné překovat, nebo z ní udělat hřebíky a vyplatilo se to. Dnes se nevyplatí opravit poměrně složitou tiskárnu od PC. Za cenu opravy + inkoustu dostanete novou, opravovat si ji nechá jen blázen. I starý dům je většinou levnější zbourat a postavit nový. Recyklování se musí dotovat, neboť základní suroviny a energie jsou za režijní náklady = LEVNÉ. Společným jmenovatelem všech šetrných řešení je vysoký nárok na potřebu lidské tvůrčí práce. Výběr daní na veřejné státní služby stojí nejvíce na vysokém zdanění lidské práce, která se tím stává DRAHOU= ZNEVÝHODNĚNOU V TRŽNÍM SYSTÉMU. Úspěšní v tomto systému jsou ti, kteří lidskou práci nahrazují roboty, nebo otrockou nekvalifikovanou prací z tzv. zaostalých zemí. Výsledkem je neustálý nárůst spotřeby neobnovitelných zdrojů surovin a energií při snižující se psychosociální kvalitě života a mezilidských vztahů, kdy roste počet těch, co nemohou pracovat, ale které musí uživit ti, kteří pracují. Je to schizofrenní kruh. Ví se, co bychom měli a chtěli (ekologie se skloňuje ve všech pádech), ale nastavení ekonomického prostředí nás všechny v každodenním životě i podnikání nutí plýtvat a spotřebovávat za cenu žití na dluh.

Proto je tak důležité nastavení systému jinak. **Ekologická daňová reforma** ve všech státech Evropy (bohužel v každém trochu jinak) snižuje daňové zatížení lidské tvůrčí práce. Potřebné prostředky vybírá zvýšením daňového zatížení u primárních surovin a energií. Většinou se začíná u benzínu. Vybírat se má tam, kde je třeba znevýhodňovat, a kde každý podnikatel i občan začne šetřit.

Odpady budou mít šanci stát se cennou surovinou

Pojem odpad by mohl ztratit svůj negativní význam, neboť si zachová hodnotu. Bude výhodné ho třídit, prodávat a ekologické chování se začne vyplácet.

Pokud promyslíme do důsledku, jak by navrhovaná EDR mohla působit, zjistíme, že by mohlo vzniknout prostředí, ve kterém pojem **ekologický** zanikne, protože to bude znamenat **normální**. V něm by jiné než **úsporné domy** nemělo smysl stavět a jiné než obnovitelné zdroje by se do sta let nepoužívaly. Stát by nebyl nikoho nucen zvýhodňovat dotacemi a pokřivenými administrativními nástroji zvyšujícími korupční prostředí.

Před pětadvaceti lety, kdy jsem se začal o energeticky úspornou architekturu zajímat, jsem předpokládal, že nejobtížnější je přijít na to, jak podobné domy navrhovat. Dnes vím, že to je ta jednodušší polovina problému. Největší brzdou jejich rozvoje je deformované ekonomické prostředí, dumpingová cena energií (která nezahrnuje škody na živ. prostředí) a vysoká cena lidské práce. To brzdí možnosti zavádět nové koncepční přístupy a individuální **optimální řešení** vycházející z místních podmínek.

Příkladem by pro začátek mohla být alespoň výstavba financovaná ze státního rozpočtu tzn. veřejné/státní budovy, které mají všechny předpoklady stát se stavbami pasivními, to znamená stavbami, ve kterých je téměř zbytečné topit. Proč? Protože školy, školky a administrativa (ať už místní nebo státní samosprávy), případně další jako ubytovací objekty, koleje, nemocnice a atp. mají mnoho vnitřních zisků osob i zařízení a je u nich důležitá hygienická výměna vzduchu. Mají proto mnohem větší šanci stát se NED a EPD domem ještě snadněji, než třeba rodinné domy.

Příklady ze stavební praxe jako inspirace pro tzv. veřejné/státní budovy.

Rekonstrukce, modernizace a pasivace – ubytovny pro středoškolské studenty ve Vysokém Mýtě Studie-2004

autor - Aleš Brotánek, Jan Brotánek

Ukázka, jak je možné transformovat starší administrativní budovu z éry první republiky na nízkoenergetickou stavbu, s vlastnostmi **30,5 kWh/m² za rok** a s využitím pro letní ubytování turistů.

U rekonstrukcí je vždy dilema, jak zachovat něco z původního kouzla místa a přitom dosáhnout co nejlepších výsledků. Zde se zachovaly všechny kamenné vstupní portály a měděné věžičky, které se staly inspirací novým funkčním detailům vstupních přístřešků a okenních markýz na sluneční clony.

Navrhovaná opatření = pasivační prvky.

- Konstrukce stavby dovolí „jen 240 mm“ tepelné izolace
- Teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla
- Okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s **U=0,85 W/(m².K)**
- Spotřeba TUV kryta z 55% z fototermických kolektorů (nastavených ke slunci jen z části ideálně- ztráta účinnosti 10%) Akumulace ohřevu TUV v centrální stratifikované akumulární nádrži zefektňuje využití sluneční energie z kolektorů. Letní přebytky TUV využity v sousední budově přes ulici.
- Adresný monitoring spotřeby TUV motivující uživatele k úsporám.
- Zbývající energetické nároky jsou zabezpečeny z obnovitelných zdrojů energie spalováním biomasy pomocí kotlů na pelety.

ENERGON- pasivní administrativní budova v Ulmu Realizovaná -2003

podrobnosti www.energon-ulm.de

Tato stavba ze zahraničí je ukázkou toho, jak je možné stavět chytře a úsporně v kvalitě pasivního domu **15 kWh/m² za rok**.

Velké administrativní budovy trpí velkými vnitřními zisky, protože je v nich mnoho lidí a techniky a tím mnoho odpadního tepla. Když k tomu přistoupí i neuvážený návrh s velkými prosklenými plochami, většinou to znamená, že na zabezpečení snesitelného pobytu v takové budově je třeba rozsáhlá technologie na vytápění a ještě jednou tak velká na letní klimatizování. Na obdobnou administrativní budovu jako je tato, by to znamenalo přidat ještě tak 1/2 patra na technologii vytápění a 1 patro na technologii chlazení.

V tomto případě to neplatí, neboť na celý technický provoz budovy stačí dvě chodby. Jedna v podkroví a druhá v suterénu. Problém chlazení přitom není třeba řešit složitou technologií, jak se většinou děje, když chlad je dostupný na celém světě (*pokud nebydlíte na Islandu*) v podloží každé stavby v zemské kůře. Tato stavba je demonstrací jak se dá řešit chytře a jednoduše to, co se běžně řeší drah a složitě. Chlazení nebo přehřívání probíhá v železobetonové stropní/podlahové desce (*masivní tepelný setrvačnick zabezpečující stabilitu vnitřního prostředí*), kterou protéká voda potrubím registru příslušné teploty. (*V případě ojedinělých dnů, kdy je třeba topit, zde protéká voda 21°C teplá a ve dnech, kdy je třeba intenzivně chladit, voda namíchaná na 19°C.*). Chlad je získáván pomocí 100m hlubokých vrtů a dvou **běžných vodních čerpadel**, která prohánějí vodu potrubím ve vrtech a po namíchání na správnou teplotu, registry v podlahách.

Voda, která jimi protéká, udělá stejnou službu jako klimatická zařízení (jejich provoz je energeticky třikrát náročnější než topení) a to za cenu provozu jednoho vodního čerpadla. Technologická patra, která jsou standardně nutná, zde nahradí pouze dvě nevelké chodby, jedna v suterénu a druhá v podkroví.

Realizovaná opatření = pasivační prvky

- 300 mm izolace minerální vlnou v lehkém, dřevěném obvodovém plášti budovy
- řízené větrání s rekuperací odpadního tepla

- okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s $U=0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- 100m hluboké vrtý
- Stropy monolytického skeletu (akumulační setrvačnick) o síle 300mm vybaveny při betonování potrubními registry.
- Není třeba dodávat, že takové jednoduché řešení má také zásadní vliv na úsporu investičních prostředků.
-

Archa- přístavba a přestavba kravína na multifunkční budovu společnosti Country Life Nenačovice u Loděnice studie-2001, realizace-2003-5 autor - Aleš Brotánek, Jan Brotánek

Ukázka, jak je možné bývalý nefunkční kravín zrecyklovat na něco potřebného. Podobných objektů přestavovaných na menších městech a vesnicích na multifunkční objekty Místní úřadu, školu, jídelnu, chráněné bydlení a tp. je mnoho.

Součástí přestavby stávajícího objektu je přístavba se společenským sálem a vzorkovou prodejnou provedená na úrovni pasivní stavby. Vznikající areál zahrnuje velkoobchodní sklad biopotravin, (přestavěný seník), hospodářské zázemí farmy se sklepy na zeleninu a ovoce a přístřešky na zemědělskou techniku. Areál bude mít též kořenovou čistírnu odpadních vod.

Dřevěné přístavby mění celý objekt v jakousi alegorii „archy“, přivážející alternativu šetrného životního stylu. V této části jsou hlavní reprezentační prostory společnosti. Izolace 400mm minerální vlny.

Koncepce nového využití podélné stavby se západo-východní orientací umísťuje do přední části všechny administrativní provozy, školu a jídelnu s kuchyní. Ve střední části jsou ubytovací prostory a zadní část je vyhrazena pro provozy skladovací a výrobní. Komunikační spojení pater řeší přístavba zastřešených pavlačí se schodišti v jednotlivých požárních úsecích. Pojetí rekonstrukce a přístavby demonstruje celkově šetrný postoj firmy k životnímu prostředí:

Recykluje stávající nevyužité objekty novým obsahem.

- Nově dostavované části jsou maximálně z přírodních materiálů. Kde to jde, je dřevo ponecháno v neopracovaném přírodním stavu a napuštěno pouze emulzí ze lněného oleje a včelího vosku.
- Nově přístavované části nepoužívají spádovanou střešní krytinu rychle odvádějící vodu z krajiny, ale ploché nebo pultové střechy s vegetačním krytem, tzv. bezúdržbové zelené střechy.
- Dešťová voda z původních taškových střech je zachycována v opravených hnojných jímkách a používá se s předčištěním jako užitková.
- Stavba směřuje k maximálnímu možnému snížení energetické náročnosti. Rekonstruovaná část je řešena v kvalitě nízkoenergetické stavby $35 \text{ kWh/m}^2 \text{ za rok}$, přístavba se již blíží úrovni stavby pasivní $20 \text{ kWh/m}^2 \text{ za rok}$.
- Zbývající energetické nároky jsou zabezpečeny z obnovitelných zdrojů: fototermických kolektorů a dřevokotlů s akumulací v nádržích a bojlerech rozmístěných po objektu vždy nedaleko místa odběru vody.

Realizovaná opatření = pasivační prvky

- 400 mm izolace minerální vlnou v lehkém, dřevěném obvodovém plášti budovy
- teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla
- okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s $U=1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- osazení fototermických kolektorů

V okolí obce Nadějkov se začalo uvažovat o možnosti vybudování úložiště jaderného odpadu a to místní vyburcovalo k hledání alternativ k JE a dovedlo je i k úvahám o novém bydlení pro občany obce v domě, ve kterém se téměř netopí.

Návrh počítá se založením na pilotech, s izolací minerální vatou 300mm, s využitím solární energie na ohřev TUV v dvoupodlažním bytovém domě pro šest rodin.

Věčné dilema: stavět NED a EPD masivní zděné nebo jako dřevěný skelet?

Odpovědi nemohou nikdy být jednoznačné a absolutizující a vždy záleží na širších souvislostech a podlažnosti budovy. U rodinných domů záleží více na psychosociálních okolnostech. Ve středoevropském kontextu se zdá, že nejen u nás je důležitý pocit masivního nerezonujícího domu s akumulací setrvačností, ten ale můžeme mít i u dřevěného.

CIHLOVÝ DŮM

Pokud z těchto důvodů trváme na domu zděném, jde o to, aby nosná stěna mohla být co nejtenčí, aby po té, co k ní přiřadíme izolaci 300mm, celková tloušťka obvodového pláště nepřesáhla 550mm. Je třeba monolitický, ale tenčí strop a vnitřní příčky jsou rovněž nosné tl.150mm. Jak je vidět na obrázku, izolace je uzavřena do prostoru mezi stěnu a laťový rošt na povrchu obitý heraklitem a omítnutý.

Tento postup je cenově srovnatelný s dnes obvyklým zateplením polystyrénem a stěrkou. Ale vápenná omítka na povrchu zaručuje prodyšnost a menší zranitelnost než tenká stěrková omítka (snadno ji proklouzne datel nebo strakapoud, jak se stává na sídlištích). Klíčové u takto stavěných domů je osazení oken. Ta je třeba osadit do ostění tak, aby se minimalizovaly tepelné mosty a okno bylo co neblíže roviny fasády.

Pro vícepodlažní výškové domy to samozřejmě řešení není, ale zde pak znovu získává na významu klasický Courbusierův monolitický skelet (sloup-deska), který na vnějším plášti potřebuje jenom výplňový sendvič s maximálním zateplením, jak to provedli u pasivní administrativní budovy Energonu v Ulmu. To pak je stavba s masivní hmotou uvnitř domu (s tepelnou setrvačností) s kožichem dřevěného pláště s patřičnou izolací po obvodě fasády.

Paradoxem doby je, že nejrozšířenější zdící systémy z žebírkových tvárnic nebo plynosilikátu veřejnost vnímá jako cihlu, i když samy o sobě nejsou ani masivním materiálem který domu dává tepelnou setrvačnost, ale ani dobrou izolací. I pro domy podle současně platné legislativy je pak je nutno stejně ještě dozateplovat, stejně jako pro EPD a NED. Použití tvárnic tak ztrácí smysl:

- stěny jsou neúměrně tlusté
- nemají tepelnou setrvačnost
- dodatečným zateplením i třeba jen 50 mm se zvyšuje zásadně cena obvodového pláště

Jediná jejich výhoda je, že mezi makléři s nemovitostmi jsou ceněny lépe, ale to jen do doby skutečné energetické krize.

Pokud se vrátíme k rodinným domům, je třeba si přiznat, že stavba zděného pasivního domu znamená stavět domy dva. Jeden je z cihel a druhý na izolaci.

Je to dražší a komplikovanější.

Z tohoto úhlu pohledu je výhodnější řešení dřevostavba, neboť nosná konstrukce splývá s izolací a nedochází ke ztrátě prostoru. Má jen jednu nevýhodu, a tím je psychologický pocit nesolidní stavby.

Tento problém je mnohem snáze řešitelný než by se zdálo. Jde o to, nepoužívat vždy jen nejběžnější sádkokarton, ale dostat do domu více hmoty. Ideální je podlahové souvrství s betonovým potěrem 50-70 mm tl. a na stěny omítky nebo přízdívky a použít zděné příčky nejlépe z nepálených cihel.

Nákladnější je vnitřní přízdívka z nepálených cihel, neboť ty jsou mnohem kompatibilnější (pružnější) než cihly pálené. Za hranicemi je řada systémů, které řeší vnitřní přízdívky tvárnicemi ze směsi jílu a plev, řezané slámy nebo pilin. Jejich předností je kromě akumulace tvorba optimálního vnitřního mikroklimatu regulací vlhkosti díky jílové složce, ale hlavně, i když se jedná o dřevostavbu, pocitově je srovnatelná se zděným domem.

Levnější řešení je omítání stěn jílovou omítkou na laťovém roštu případně s rábicovým nebo rákosovým pletivem.

To, co dřevostavbu může udělat ještě výhodnější je, že ji lze postavit nad terénem založením na pilotech nebo pilířkách. Tady pak není třeba drahé nenasákové tepelné izolace pro zateplení soklu, hydroizolační vrstvy a jakákoli protiradonová opatření.

Jak z předloženého vyplývá, není třeba žádné kosmické technologie, je to třeba dělat jen trochu jinak.

Realizace zděného RD kombinujícího k využití sluneční energie špaletová okna a teplovzdušné kolektory a narůstající sílu tep.izolace

Nízkoenergetický RD studie-2001, realizace-2003 Zdíby u Prahy

autor – Mg.A.Jan Brotánek konzultant – akad.-arch. Aleš Brotánek

Požadavek sedlové střechy v zastavovacích podmínkách a solární orientace nárožní parcely předurčily základní konfiguraci rodinného domu. Dům byl navržen do dvou funkčních částí. Hlavní obytná část se sedlovou střechou je natočená boční stranou k jihu. Využívá sklon střechy 45° pro dva solární teplovodní kolektory a jižní plochu fasády pro dva teplovzdušné kolektory. K hlavní části přiléhá horizontálně komponovaná garáž s hospodářským zázemím domu, které chrání obytnou část ze severní strany. Je krytá plochou vegetační střechou (bezúdržbovou). Zelená střecha zadržuje dešťové srážky a tím vylepšuje bioklima v okolí domu. Dešťová voda ze všech zpevněných povrchů je zachytávána v zahradním jezírku.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (240 mm)

Nosné obvodové zdivo – z odlehčených (18%) pálených cihel typu CDm (240 mm)

Parametry domu 35 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť	$U = 0,160 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Sokl	$U = 0,210 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Střecha	$U = 0,144 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Podlaha	$U = 0,285 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Okna a dveře	$U = 1,400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- solární teplovodní kolektory
- integrovaný zásobník tepla (IZT) na akumulaci ohřáté vody k odběru TUV i vytápění s elektrospíralami na nouzový dohřev
- krbová kamínka pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV doplňující solární ohřev
- ústředna a regulace

Komentář na závěr

Tato realizace dokresluje zlomové období. Na jedné straně dochází k optimalizaci teplovzdušného solárního systému, kdy se zimní zahrada zmenšuje na dvě špaletová okna a kolektory při menší ploše zvyšují účinnost použitím rastru (rýhované sklo), který koncentruje žádané sluneční paprsky a odráží letní nežádoucí.

Zároveň v tomto období dobíhají zkušenosti z realizací pasivních domů a těžko zastupitelného významu silnější tepelné izolace. Původní projektovaná tloušťka 180mm byla posílena na 240 mm. Paradoxem je, že v tu chvíli se zhorší možnosti využití sluneční energie tím, že se zkrátí období, ve kterém je ho třeba.

realizace zděného RD s 300mm tepelné izolace

Nízkoenergetický (téměř pasivní) RD Černošice u Prahy studie-2000, realizace-2003

autor - Aleš Brotánek odborné vedení stavby - Jan Brotánek

Umístění je podrobeno územním regulacím, které nezohledňují solární orientaci. Sedlová střecha byla podmínkou, a to štítem kolmo ke komunikaci a tím orientovat hřeben směrem sever - jih. Proto solární kolektory musely být umístěny na rovnou zelenou střechu. Dům se skládá ze dvou funkčních částí s odlišným vytápěcím zónováním. Hlavní obytná vytápěná část (zastavěná plocha 86.3 m²) pro čtyřčlennou rodinu je v části pod sedlovou střechou. Pomocné skladové a provozní nevytápěné prostory (zastavěná plocha 52.0 m²) přiléhají k hlavní části domu ze severozápadu a chrání jej. V dřevěné přístavbě se zelenou střechou je vše, co je u domu potřeba a nemusí být ve vytápěném prostoru (zavětrání, sezónní šatna, technologie vytápění, dílna, kola, zahradní potřeby). Na střeše jsou umístěné teplovodní kolektory na ohřev TUV, protože nemohly být na sedlové střeše.

Pokud investor nemá důvěru v dřevostavbu, a chce dům zděný, je třeba se na něj podívat znovu, právě ve světle potřeby dostat 300mm izolace ke zděné konstrukci.

Použití na stěnu dnes nejrozšířenější žebírkové tvárnice Porotherm nebo plynosilikátové Ytong neshledávám v ničem výhodné. Nejsou ani dobrou izolací ani akumulujícím masivním zdívkem. De facto zůstávají formálně zděnou stavbou, která je z psychologického a developerského hlediska žádanější, ale získávají nechtěnou vlastnost dřevostaveb tím, že ztrácejí akumulaci. Použití je v tenčí síle a přidávat izolaci, může navíc být i statický problém. Zateplit klasickým kontaktním způsobem v tloušťce izolace 300 mm jde jen velmi těžko. Minerální vatou s kolmým vláknem ani polystyrénem, na který se nanese stěrková omítka to nejde. V Rakousku je možné vidět speciálně modifikovaný polystyrén grafitem, ale životnost těchto omítek je problematická. Nálety datlů, kteří polystyrén rádi prověřují a případně i zahnízdí, nebo obyčejné kroupy, mohou změnit původní předpoklady.

Dialogickým jednáním s investorem vznikl návrh domu s nejtenčím staticky vyhovujícím zdívkem z cihel plných vápenopískových o síle 170mm a s maximální akumulací zdiva. Cihly jsou nepálené a tudíž mají menší ekologickou stopu v živ. prostředí. Vnitřní nosné příčky jsou z druhotně použitých, recyklovaných, plných pálených cihel. 300mm izolace je schovaná do

prostoru vymezeného laťovým roštem a heraklitem. Na povrchu je difúzně propustná omítka s vápenným hydrátem bez cementu na heraklitovém základu. Stropní konstrukce z monolytického betonu propojuje vnitřní akumulaci masivní jádro domu. Solární teplovzdušné kolektory už by měly nepatrný ekonomický přínos.

Střecha zateplená střešním systémem Termodach s pálenou krytinou odstraňující tepelné mosty krokví, mezi kterými je ještě zateplení minerální vatou.

Okna byla z finančních důvodů použita dřevěná s Europrofilem. V budoucnu mohou být doplněna kvalitnějšími skly, aby vylepšila dosazenou bilanci spotřeby z 29 kWh/m² na 15-19 kWh/m². Dvě pole kolektorů, na která nezbyvaly prostředky, by mohla dům přiblížit více standardu pro pasivní domy 15 kWh/m². Dále bylo po rodinných poradách investorem vyžádáno použití technologie kompostování toalety s nadzemním kontejnerem. Tato technologie nepotřebuje splachování a tak šetří 50% spotřeby vody.

Rozvody VZT do místnosti v podlaze ve vrstvě podlahového polystyrénu o síle 50mm plechovým hranatým potrubím o průřezu 200-250x50mm.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (320 mm)

Nosné obvodové stěny – fošinkový skelet z profilů 180x40 mm + OSB desky

Parametry domu odhad- -22 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť	U = 0,122 Wm⁻²K⁻¹
Sokl	U = 0,159 Wm ⁻² K ⁻¹
Střecha	U = 0,108 Wm ⁻² K ⁻¹
Podlaha	U = 0,272 Wm ⁻² K ⁻¹
Okna a dveře	U = 1,400 Wm ⁻² K ⁻¹

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro přehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory - účinná plocha (navržená 5,0 m²) instalovaná 3,2 m²
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospirálami na nouzový dohřev
- krbová kamínka Golemek pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV
- ústředna a regulace
- světlovod na osvětlení schodiště denním světlem s minimálními tepelnými ztrátami
- kompostovací toaleta bez splachování

Praktické prověření takto řešeného domu nastalo hned na začátku chybným ovládním na přepínači programů režimu rekuperace během 14 dní po nastěhování rodiny do domu. Bylo to shodou okolností v době, kdy venkovní teploty se držely na -15 °C i během dne. Omylem nebyl zapnut dohřev vzduchu, a přesto bylo dosaženo průměrné vnitřní teploty 19 °C. Jediným zdrojem byly vnitřní zisky z činností čtyř osob a odpadní teplo z ohřevu TUV v krbových kamínkách, ve kterých se topilo vždy večer asi čtyři hodiny. Dá se říci, že v domě se prakticky netopilo, a přesto v něm nebylo zima.

Co všechno řeší rekuperace

Dnes, po řadě realizací je možné zhodnotit, že dům s tímto systémem vytápění znamená zcela novou, vyšší kvalitu bydlení. Kdo nezažije, neuvěří. Předkládám jen hrubý výčet toho, co všechno umožňuje TEPELOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ S ŘÍZENÝM VĚTRÁNÍM A REKUPERACÍ TEPLA, ale to hlavní je, že **je zde příjemné**.

- a) zaručuje hygienicky nutné výměny vzduchu a vyloučení vzniku plísní
- b) úsporu až 85 % energetických nákladů na větrání
- c) rychlý zátop s pružnou regulací teploty

- d) filtraci cirkulačního a větracího vzduchu textilním filtrem (ideální pro astmatiky a alergiky na prach nebo pyl)
- e) dochází k využití všech energetických zisků v budovách pro předehřev větracího vzduchu *(každá osoba vyzařuje 100-180W, ale i monitor PC, televize, pračka, žehlička, trouba, lednička, mraznička, elektromotory atd a tyto energie se zvláště u pasivních domů stávají významným zdrojem)*
- f) úspora prostoru v interiéru budov, na místě radiátoru je pouze mřížka v podlaze nebo na stěně
- g) umožňuje využití solárních zisků z osluněných oken případně teplovzdušného krbu a okamžitý transfer do ostatních místností a tím nedochází k lokálnímu přehřívání
- h) účinné letní noční „předchlazení“ interiérů domů
- i) možnost integrace solárních vzduchových systémů
- j) možnost případné další úpravy vzduchu v oblastech s extrémně negativními podmínkami okolního prostředí (čištění, odorizace, vlhčení nebo chlazení)

Proti těmto výhodám stojí jedna nevýhoda. Vzduch procházející jakýmkoli potrubím, ztrácí záporně nabitě částice, tzv. ionty. Ty ale v prašném městském prostředí také chybí, proto se instalují ionizátory, zvláště pro lidi, kteří jsou na jeho nedostatek citliví. V přirozeném prostředí mimo městské aglomerace, kde s nimi osoby přicházejí do kontaktu, to zpravidla není problém k řešení.

Realizace RD s dřevěnou konstrukcí

Nízkoenergetický (možná už pasivní) RD Kroclov u Českých Budějovic studie-1999, realizace-2005

autor – akad.arch. **Aleš Brotánek**

Tato stavba předznamenává možnosti budoucího vývoje. Tam, kde není nutné z hlediska okolní zástavby se držet sedlových střech, je po všech stránkách výhodné volit zastřešení s mírnějšími sklony nebo rovné s vegetačním krytem (osazené teplomilnými sukulentními rostlinami). Z hlediska stability krajiny má navíc schopnost retence vodních srážek.

Podkroví sedlové střechy u nově stavěného domu s sebou nese vznik prostorů nákladnější konstrukce a horších užitných vlastností (omezená podchodná výška a ztrátové nevyužitelné prostory). V historii byla půda vždy především na seno a sedlová střecha vycházela z materiálových omezení použití došek a šindelů.

Zde je zastřešení pomocí lepených vazníků, které na střeše umožňují vytvořit vlnu se zlomem a sem umístit teplovzdušné a teplovodní kolektory na ohřev TUV. Ty se tak stávají nedílnou součástí stavby.

Pomocné skladové a provozní nevytápěné prostory přiléhají k hlavní části domu ze severní strany a chrání jej. To umožňuje, aby sezónní šatna, technologie vytápění a zahradní náčiní se odehrávalo v levné nevytápěné dřevěné přístavbě rovněž se zelenou vegetační střechou.

Konstrukce je kombinovaná, aby bylo dosaženo optimální ceny. Vnější plášť je lehká dřevěná konstrukce, severní stěna v terénním zlomu a vnitřní nosné akumulací stěny jsou z cihelného režného zdiva. Obvodový plášť a stropy jsou z fošinkového skeletu. Vnitřní dutina s izolací (*minerální vata v tloušťce 320mm*) je vymezena z interiéru OSB deskou (*konstrukčně zavětrovává stavbu a zároveň plní funkci parobrzdy*) a z vnější strany je uzavřena heraklitem a difúzně otevřenou vápennou omítkou ztuženou pletivem, když investor požadoval fasádu s omítkou. Ze strany interiéru za OSB deskou je na laťovém roštu 50mm silná vrstva jílové omítky. Tato materiálová skladba směřuje k domu, který v sobě propojuje vlastnosti levné dřevostavby amerického stříhu a solidního středoevropského akusticky a pocitově vyhovujícího domu s potřebnou vnitřní akumulací podporující tepelnou stabilitu domu.

Nástup do domu je z úrovně mezi podlažími z podesty schodiště mezi 1.a 2.NP. Ze severní strany je nástupní zádveří, zázemí domu a prostor pro technologie v provedení lehké stavby.

Vytápění je zajišťováno soustavou s akumulací nádrží společnou pro ohřev TUV a topení, částečně ohřívanou kolektory a kotlem na dřevo, který je doplněn elektroohřevem v nádržích.

V domě je rovněž umístěn kontejner pro kompostovací toaletu. Čištění odpadních vod bude zabezpečovat kořenová ČOV s retenčním rybníčkem a vsakovacím polem.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (320 mm)

Nosné obvodové stěny – fošinkový skelet z profilů 180x40 mm + OSB desky

Parametry domu budoucí odhad- 15-22 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť U = 0,118 Wm⁻²K⁻¹

Sokl U = 0,188 Wm⁻²K⁻¹

Střecha U = 0,108 Wm⁻²K⁻¹

Podlaha U = 0,285 Wm⁻²K⁻¹

Okna a dveře U = 1,400 Wm⁻²K⁻¹

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro přehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory - účinná plocha 5,0 m²
- solární teplovzdušné kolektory - účinná plocha 14,0 m²- zasklené rastrem Raywall 90, *nabíjejí teplým vzduchem dutou akumulací zeď z plných cihel režných cihel*
- integrovaný zásobník tepla na dlouhodobou akumulaci s pohotovostním boilerem s elektrospirálami na nouzový dohřev
- kotel na spalování biomasy
- ústředna a regulace
- kompostovací toaleta bez splachování

Pasivní RD nad terénem Hradčany u Tišnova studie-2005, realizace se předpokládá -2005-7 investorem celé lokality firmou RIGI

autor – Akad.Arch. Aleš Brotánek, MgA. Jan Brotánek, vizualizace –Ing.arch. Jan Praisler

Tento návrh pasivního RD se snaží uplatnit ekologický přístup v návrhu, při realizaci, v provozu, i při event. likvidaci po dožití stavby.

Rodinný dům je situován mimo zastavěnou část obce do samostatné zástavby, která utvoří ucelenou zástavbu takto řešených domů a proto nemusí se snažit o používání sedlových střech (resentimentu vycházejícího z jiných historických a materiálových souvislostí). Dům je přízemní se zastavěnou plochou do 120 m², vynořuje z terénu mírně skloněnou plochou bezúdržbové zelené střechy, zvedající se směrem k jihu. Pod touto střechou je schovaná obytná vytápěná část, na kterou navazuje na severní straně část nevytápěná, zádveří, komora, šatna, dílnička nebo sklad na zahradní náčiní a kola, přístřešek s manipulačním prostorem a na odstavení auta. Za domem tak vzniká krytý dvorek chráněný od povětrnosti, který odděluje terén od domu a zároveň řeší i potřeby vyplývající z života v domě se zahradou, kde je stále třeba něco odkládat a schovávat, ale tak, aby to nestrašilo okolí.

Rodinný dům je přízemní obdélníkového půdorysu a je usazený nad terénem na pilotkách. To je šetrnější k přírodě (méně betonu do základů a snáze se dají odstranit), i levnější, neboť pak

není třeba řešit hydroizolace, protiradonová opatření a tepelné izolace základů drahými nenasákavými polyuretany s velkou ekologickou stopou.

Obytné místnosti jsou orientovány na jižní stranu s výstupem do zahrady na roštovou terasu, která z jihu tvoří předěl mezi terénem a domem. Před kuchyňským koutem na východ je zvětšený a snížený přístřešek, nad kterým je do střechy tvarově integrovaný teplovodní kolektor. Přesah střechy na jihu má funkci protisluneční clony v letním období a ochrany proti dešti před výstupem z domu.

Přírodní charakter stavby má posílit použití rostlých nehraněných sloupů konstrukce a v interiéru domu použití jílových omítek a rezných nepálených cihel, jejichž použití vytváří pro člověka příznivé vnitřní bioklima, jsou snadno recyklovatelné a mají rovněž malou ekologickou stopu. Hlavní konstrukční materiál je lehký fošinkový skelet uzavřený OSB deskami (po dotěsnění vnitřní parobrzda) a vyplněný izolací ze slámy nebo recyklovaného papíru a minerální vaty.

Hlavní izolační materiál 350 mm – Celulóza z recyklovaného papíru (*podle volby investora případně -minerální vlna, konopí nebo balíky obilné slámy, nejlépe žitné*)

Nosné obvodové stěny – trámový a fošinkový skelet z profilů 125x50 mm + OSB desky s vnitřní jílovou omítkou tl.60mm. Vnější opláštění kombinovaný modřínový obklad a vápenná omítky

Parametry domu předpoklad do- -15 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť **U = 0,126-112 Wm⁻²K⁻¹**

Střecha U = 0,122 - 108 Wm⁻²K⁻¹

Podlaha U = 0,111 Wm⁻²K⁻¹

Okna a dveře U = 0,7-0,85 Wm⁻²K⁻¹

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro předehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory na ohřev TUV propojený s vytápěním
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospirálami na nouzový dohřev
- krbová kamínka Golemek nebo na pelety (v rozhodování) pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV
- ústředna a regulace

K přírodě šetrné použité postupy a řešení:

- snadno recyklovatelný materiál na tepelnou izolaci
- hlavní konstrukční stavební obnovitelný materiál dřevo
- vnitřní povrchová úprava omítkami z místního jílu
- založení obytné stavby nad terénem = *šetrnější a nízkonákladové řešení*

Závěr

Přehled ukázek možných šetrných řešení pro různé budovy od veřejné novostavby státní správy a škol, přes rekonstrukce, kde je to obtížnější, až po rodinné domy ukazuje, že v architektuře budov je minimálně 80% potenciál k úspor, ale v budoucnu spíše 90% i více. Tento potenciál je možný realizovat opatřeními jednoduchými, většinou nezvyšujícími pořizovací náklady, jen je obtížné je realizovat v prostředí, kde se plýtvání vyplácí a kde je deformované tržní prostředí na trhu energií i surovin.

Cesta k trvale udržitelnému rozvoji je v narovnání těchto deformací a energetická koncepce státu má za úkol včas varovat, že ceny energií musí v budoucnu narůstat, i když se budeme sebevíc snažit tento vývoj brzdit.

To samo o sobě nemusí být žádná černá vize budoucnosti, pokud si včas uvědomíme, že největší šance jsou v energii, kterou nemusíme spotřebovávat, v NEGAWATECH, spolu ruku v ruce s OZE.

Na příkladech je vidět, že reálná možnost alternativy tady je, alespoň za svůj obor v architektuře budov mohu prohlásit odpovědně že ANO! A to je polovina světového problému!

Nové pasivní domy v okolí u Brna

Ing.arch. Mojmír Hudec

Atelier ELAM, Pekařská 6, 602 00 Brno tel.543 234 510
elam@elam.cz www.arch.cz/hudec www.elam.cz

V okolí Brna bylo v posledních letech dokončeno několik nízkoenergetických rodinných domů, které dosahují hodnot pasivního domu. První dům byl uveden do provozu v létě 2005, druhý dům je v provozu od léta 2004.

Pasivní rodinný dům v Kníničkách u Brna

Užitná plocha objektu:

206,7 m²

Náklady na výstavbu:

4,8 mil.Kč

Měrná spotřeba tepla na vytápění:

do 15 kWh/m²rok



Izolační standart konstrukcí:

Součinitelé prostupu tepla U

izolace podlahy nad terénem.....polystyren 200 mm	0,175 W/m ² K
obvodová stěna240mm plynosilikát+ minerální vlna 240mm ..	0,111 W/m ² K
Izolace střechy minerální vlna .. 400mm	0,110 W/m ² K
Okenní konstrukceizolační sklo s folií HEAT MIRROR	0,6 W/m ² K
Prosklení skleníkuizolační dvojsklo	1,2 W/m ² K

Architektonická a energetická koncepce

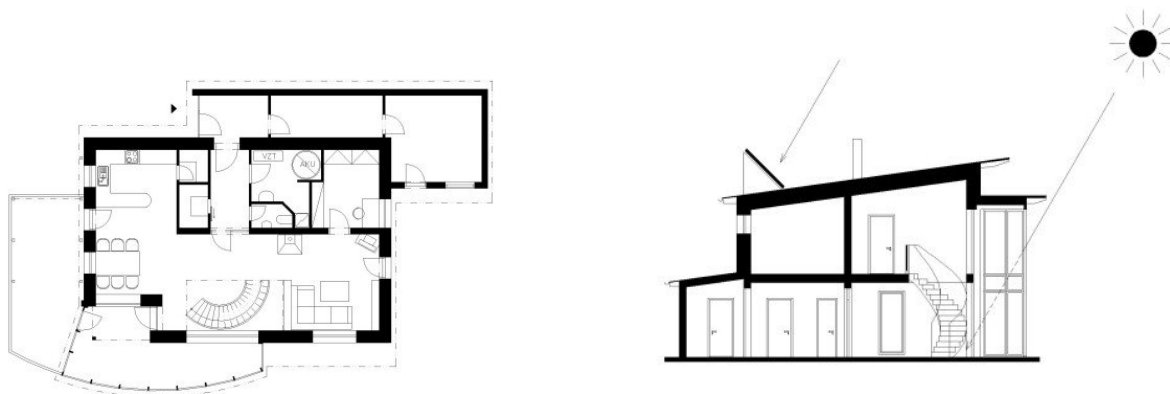
Při návrhu stavby byly uplatněny tyto základní principy pasivní výstavby:

- -orientace, rozvržení hmot a vnitřní dispozice stavby navržena pro maximální pasivní využití solární energie s ohledem na vysoký uživatelský komfort.
- -velmi izolační kompaktní plášť domu s redukcí tepelných mostů
- -použití speciálních izolačních skel
- -maximální těsnost pláště
- -použití řízeného větrání s rekuperací a s ohřevem vzduchu pro vytápění
- -použití zemního výměníku
- -využití solární energie pro ohřev teplé vody a přitápění

- -doplňkové vytápění krbem na dřevo
- -využití dešťové vody

Použité pasivní prvky

Objekt je dispozičně řešen a orientován na maximální využití sluneční energie a je velmi dobře tepelně izolován, tepelné mosty jsou maximálně redukovány. Akumulační jádro objektu je tvořeno jak z obvodových a vnitřních zdí tak z akumulací betonové podlahy a betonového stropu. Na okenní otvory je použito vysoce izolačního skla o $U=0,6$. Použitý přísazený skleník snižuje tepelné ztráty domu.



Použité aktivní prvky

Jsou použity tři aktivní systémy – větrací rekuperační jednotka, sluneční kolektory, využití tepla skleníku

Rekuperační jednotka je umístěna v technické místnosti v přízemí. Zajišťuje větrání objektu a současně vytápění objektu teplým vzduchem pomocí teplovodního výměníku, který je napojený na akumulaci nádrž. Vývody teplého vzduchu jsou v podlahách pod okny. Jednotka může dle potřeby využívat zemního výměníku, který v letním období slouží ke chlazení a v zimě na předehřev čerstvého vzduchu.

Teplovodní sluneční kolektory jsou umístěny na střeše objektu a jsou napojeny na akumulaci nádrž. Plocha kolektorů je 10m², slouží tedy i pro částečné přitápění, letní přebytky tepla jsou použity na přehřívání venkovního bazénu.

Přísazený skleník-zimní zahrada - je využíváno teplého vzduchu skleníku, který je, dle potřeby, jednoduchou vzduchotechnikou nuceně dopravován přímo do prostoru domu. Ovládání ventilátoru je tepelným čidlem. Vzhledem k dostatečně plošnému akumulaci jádru bylo vypuštěno ukládání do vnitřních částí hmotných konstrukcí. Skleník je dostatečně vyvětrán v letních měsících do venkovního prostoru a je v horní části krytý plnou částí- ta současně cloní vlastní objekt v letních měsících.

Teplá užitková voda je odebírána z akumulaci nádrže. Rozvody jsou minimalizovány. U mycího dřezu kuchyňské linky je použit malý ohřívač pod linkou.

Vytápění - zajišťují elektrické patrony v akumulaci nádrži. Přes teplovodní výměník větrací a rekuperační jednotky je ohříván vzduch, kterým je stavba vytápěna.

Doplňkové vytápění - objekt je možno v případě potřeby dotápět krbem na dřevo. Rozvody teplého vzduchu přímo od krbu nemusí být prováděny, stačí použití vnitřní cirkulace vzduchotechnickou jednotkou.

Stavebně konstrukční řešení

Obvodové zdivo je z plynosilikátových tvárnic o tl. 240 mm a s přídavnou kontaktní izolací z tvrdé minerální vaty o tl. 240 mm v jedné vrstvě. Na izolaci byla použita novinka firmy ROCKWOOL Fastrock L s kolmo orientovanými vlákny. Zdivo z plynosilikátových tvárnic bylo upřednostněno pro svoje dobré izolační vlastnosti včetně dobrého přerušení tepelného mostu od betonových základů.

Strop nad 1.NP je proveden jako železobetonový monolitický, který má výborné akumulční vlastnosti.

Pultová střecha je provedena z dřevěných úsporných nosníků tvaru I a z desek OSB. Tyto vazníky o výšce 400 mm umožňují svoji výškou vložení velké tloušťky izolace. Izolace je provedena z komprimované minerální vlny o celkové tloušťce 400 mm.

Použití systému využití dešťové vody

Je osazena kompaktní jednotka využívající dešťovou vodu, která má zabudovány veškeré technologie v nádstavbě nad akumulční nádrží, která je z plastu. Dešťová užitková voda je používána na splachování WC a pro praní.

Pasivní dům v Knínicích u Boskovic

Užitná plocha objektu:

140 m²

Náklady na výstavbu:

1,8 mil.Kč- svépomocí

Měrná spotřeba tepla na vytápění

12,5 kWh/m² rok



Izolační standart konstrukcí:

izolace podlahy nad terénem....polystyren.....200mm

obvodová stěna.....290mm zdivo z plných cihel+ minerální vlna...350mm

Izolace střechy.....minerální vlna.....400mm

Okenní konstrukce.....izolační sklo s folií HEAT MIRROR

Architektonická a energetická koncepce

Důsledně pasivní dům. Akumulační zeď z plných cihel o tl. 30 cm s vnější izolací z 35 cm minerální plsti s dřevěným obkladem. Příhradové vazníky bez vnitřních podpor umožňující uvolnit půdorys a vložit silnou vrstvu izolace o tl 40 cm. Pultová extenzivní zelená střecha.

Jižní prosklená fasáda izolačními skly $U=0,7$ s folií HEAT MIRROR. V jižní stěně použito dvou teplovzdušných kolektorů. Řízené větrání s rekuperací a zemním kolektorem. Doplnkové vytápění s výměníkem.

Použité aktivní prvky

Je použito čtyř aktivních systémů -větrací rekuperační jednotka s použitím zemního kolektoru, teplovzdušné kolektory ve fasádě, teplovodní kolektory na střeše, teplovodní výměník v krbových kamnech.

Rekuperační jednotka je umístěna ve stropu chodby. Větrací rekuperační jednotka je s ohřevem vzduchu přes teplovodní výměník napojený na akumulární nádrž. Rozvod teplého vzduchu je horními výdechy ve stěnách. Je použito dvou nádrží s provázáním na sluneční kolektory a teplovodní výměník z krbových kamen. Jednotka může dle potřeby využívat zemního výměníku.

Teplovzdušné kolektory jsou řešeny s ukládáním tepla do akumulární podlahy pomocí systému kanálků. Kolektory jsou s nucenou ventilací a se spínáním v závislosti na teplotě. Plocha kolektorů je celkem 18m²

Teplovodní sluneční kolektory jsou umístěny na střeše objektu a jsou napojeny na akumulární nádrž. Plocha kolektorů je 6m², slouží tedy i pro částečné přitápění.

Doplnkové vytápění je pomocí krbových kamen se zabudovaným výměníkem, kterým je možno v zimním období vytápět akumulární nádrž.

Teplá užitková voda je odebírána z druhého stupně akumulární nádrže.

V další etapě bude vybudována kořenová čistírna odpadní vody.

Závěr

Všeobecné znalosti veřejnosti o NED a PD v poslední době se značně rozšiřují, díky i mnoha realizacím u nás a v zahraničí. Nízkoenergetická výstavba se tak postupně stává běžnou formou výstavby.

Nízkoenergetické domy v pasivním standardu.

Stanislav Karásek

Autorizovaný technik oboru pozemní stavby

Karon s.r.o. | tel.: 731418060 | www.karon.cz

Stavební firma KARON vznikla v roce 1992 se zaměřením na projektování staveb a dodávku inženýrské činnosti. Po určité době hledání svého místa na slunci se začala zaměřovat na projektování nízkoenergetických a později energeticky pasivních domů. Jenže jedna věc je pasivní dům vyprojektovat a druhá věc je takový dům postavit. Ani zdaleka se nejedná o trochu víc zateplený běžný dům, jak si mnozí představují, ale jde o zcela jinou koncepci domu od samého počátku.

První „náš“ dům v pasivním standardu stojí v Dubicku u Zábřeha na Moravě. Tento dům si stavěl investor svépomocí podle našeho projektu pod naším vedením. Jde o přízemní dům s podkrovím. Postaven byl z betonových tvárnic tloušťky 20cm vyplněných betonem. Vnější stěny jsou zatepleny polystyrenem v tloušťce 40cm s tenkovrstvou fasádní úpravou, základy do hloubky 90cm perimetrem v tl 20cm. Podlaha je zateplena 30cm polystyrenu, podkrovní prostor 40cm celulózovou izolací CLIMATIZER. Použitá okna i vstupní dveře mají U_f menší než $0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Proti nadměrným solárním ziskům jsou okna chráněna hliníkovými žaluziemi. Dům je osazen větrací jednotkou s rekuperací tepla, integrovaným zásobníkem tepla, solárními kolektory a krbem s teplovzdušnou krbovou vložkou. Větrací vzduch je nasáván přes zemní výměník z plastového potrubí o průměru 20 cm v délce 22 metrů. Potrubí je uloženo v hloubce 180 cm. Dům byl kolaudován počátkem listopadu 2004 a následně byl i obydlen.

Druhý dům v pasivním standardu stojí v Olomouci Chomoutově. Tento dům jsme prováděli jako dodávku stavby na klíč, i když si v závěru některé speciality zajišťoval investor sám. Dům je dvoupodlažní, nosné stěny v tloušťce 25cm jsou vyzděny z cihel pevnosti P20. Střecha je z příhradových vazníků. Stavební pozemek byl při povodních v r 1997 zaplaven, do úrovně 25cm nad terén. Z toho důvodu byla úroveň podlahy domu situována 90cm nad úroveň terénu. Na vnější stěny byl připevněn rošt s bedněním, protivětrnou zábranou a celulózovou izolací v tloušťce 40cm. Na roštu je na kontralatě připevněno dřevěné obložení z modřínových palubek. Palubky jsou ponechány v přírodním stavu bez další úpravy. Podlahu domu izoluje 30cm polystyrenu, půdní prostor mezi vazníky izoluje 50cm celulózy. Použitá okna i vstupní dveře mají U_f menší než $0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Proti nadměrným solárním ziskům jsou okna chráněna hliníkovými žaluziemi. O tepelnou pohodu a větrání se stará rekuperační jednotka DUPLEX v kompletu s integrovaným zásobníkem tepla. Je provedena příprava pro připojení krbových kamen s teplovodním výměníkem a pro připojení fototermálních kolektorů. Dům byl kolaudován 9. srpna 2005 a od září je obydlen.



Dubice



Olomouc Chomoutov

Třetí dům v pasivním standardu jsme postavili v Myslejovicích na okrese Prostějov. Dům jsme realizovali jako rozšířenou hrubou stavbu na dokončení tzv. „hobby stavbu“. To znamená do stadia, kdy už není možné v podstatě narušit energetické vlastnosti domu. Stavebník si zajišťoval kromě stavby garáže a terénních úprav, pouze obklady, dlažby, plovoucí podlahy, malby, nátěry a konečnou úpravu fasády. Jde o dvoupodlažní dům se sedlovou střechou z příhradových vazníků. Jedná se o dřevostavbu montovanou z panelů systému K-KONTROL. Na panely je z vnější strany přikotvena vrstva 20cm polystyrenu, v podlaze je 30cm polystyrenu a v půdním prostoru mezi vazníky 50cm celulózy (climatizer). Použitá okna i vstupní dveře mají U_f menší než $0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Proti nadměrným solárním ziskům jsou okna v patře chráněna přesahem střechy, v přízemí budou okna zastíněna solárními kolektory. Dům je vybaven větrací jednotkou s rekuperací napojenou na zemní výměník a integrovaným zásobníkem tepla. Je provedena příprava pro připojení fototermálních kolektorů a krbových kamen s teplovodním výměníkem. Dům byl kolaudován 13. října 2005.



Pasivní dům jako „hobby stavba“ v Myslejovicích

Čtvrtý dům v pasivním standardu stavíme v Křenůvkách na okrese Prostějov. Jde o přízemní dům se sedlovou střechou s příhradových vazníků. Jedná se rovněž o dřevostavbu montovanou systémem K-KONTROL. Dům je stavěn jako hobby stavba k dokončení. Způsob zateplení i vybavení domu je shodný s domem v Myslejovicích. Použitá okna i vstupní dveře mají U_f menší než $0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Proti nadměrným solárním ziskům jsou okna chráněna hliníkovými žaluziemi. Dokončení námi prováděných prací je plánováno do konce roku 2005, předpokládáme ale ukončení nejpozději do konce listopadu.

Pro rok 2006 máme zatím připraveny dva energeticky pasivní domy stavěné jako dřevostavby systémem K-KONTROL, jeden EPD zděný a jeden NED z thermopanelů. O dalších zatím jednáme.

Používané komponenty:

Plastová okna odebíráme od firmy Gromathic vyráběná z profilů VEKA „TOPLINEplus“ s trojskly a hlubokou zasklívací lištou. Výhodou těchto profilů je to, že mají zateplený nejen

rám, ale i křídlo, což umožňuje vyrábět dvoukřídlové výplně otvorů s volnou světlou šířkou až 220cm. Což neumožňují profily, které mají zateplen pouze rám a křídlo se za něj ukrývá. Okna mají stavební hloubku 10cm, osazena jsou do první vrstvy izolace. Druhá vrstva izolace je přetažena se shora a z boků do poloviny okenního rámu a ve spáře je vložena komprimační páska zamezující vnikání deště a prachu. Spára mezi rámem okna a okenním otvorem je přelepena butylkaučukovou páskou zajišťující vzduchotěsné spojení. Stejným způsobem jsou osazovány i vchodové dveře.

Pro větrání včetně IZT používáme výrobky firmy Atrea jednak proto, že se nám jeví nevýhodnější poměr ceny a výkonu, ale hlavně také proto, že jakýkoliv problém který vznikl (a nebylo jich málo) nám pomohli okamžitě řešit.

V žádném z našich domů nebyla měřena vzduchotěsnost, proto si nedovolíme tvrdit, že jsou energeticky pasivní, ale pouze že jsou stavěny v pasivním standardu.

Poznatky a zkušenosti:

Od května 2003 kdy jsme zajišťovali dodávky pro dům v Dubicku a kdy z osmdesáti oslovených výrobců oken a dveří se nám podařilo najít jediného, který byl schopen dodat a osadit okna i vstupní dveře v potřebné kvalitě, se situace na trhu podstatně zlepšila. Snížily se ceny tepelných izolací, v nabídce jsou i průchodky pro kabely přes paro a vzduchotěsné vrstvy, je podstatně širší sortiment těsnících materiálů a výrobků pro energeticky úsporné stavění vůbec. Co však zcela chybí je podpora z úrovně státu. Zvlášť markantní rozdíl je v porovnání s podporou u našich sousedů v Rakousku a v Německu.

Obecně je prezentován názor, že pasivní dům je jen o 10 až 15% dražší než běžný dům. Je třeba si však uvědomit, že na celý proces výstavby těchto domů, mají-li splnit požadované parametry, jsou kladeny daleko vyšší požadavky a že tyto domy nelze stavět rutinně. Vyprojektovat a postavit takový dům dokáže opravdu jen projektanti a řemeslníci na vysoké profesní úrovni, kteří musí být i náležitě oceněni. Až se naučíme stavět poctivě a kvalitně všechny stavby, tak potom snad budou tyto domy jen o těch 10 až 15% dražší.

Seminář „Praktické zkušenosti z výstavby pasivních domů“ připravily a podpořily tyto společnosti:

pořadatel: ZO ČSOP Veronica, Panská 9, 602 00 Brno, tel.: 542 422 757,
www.veronica.cz, veronica@ecn.cz

veronica

Topinfo s.r.o., Stavitelská 6, 160 00 Praha 6, tel.: 233 081 141, fax: 233 321 899
e-mail: kontakt@topinfo.cz, www.topinfo.cz



Progres Partners Advertising, s. r. o., Opletalova 55, 110 00 Praha 1
tel.: 224 213 905, 224 234 274, 224 236 506, fax: 224 218 312, 224 235 033
e-mail: info@ppa.cz

progres partners
advertising s.r.o.

finanční podpora:

Ministerstvo životního prostředí ČR



Společnost Rehau s.r.o, Obchodní 117, 251 70 Čestlice
tel.: 272 190 111, fax: 272 680 170, e-mail: praha@rehau.cz
www.rehau.cz

REHAU®