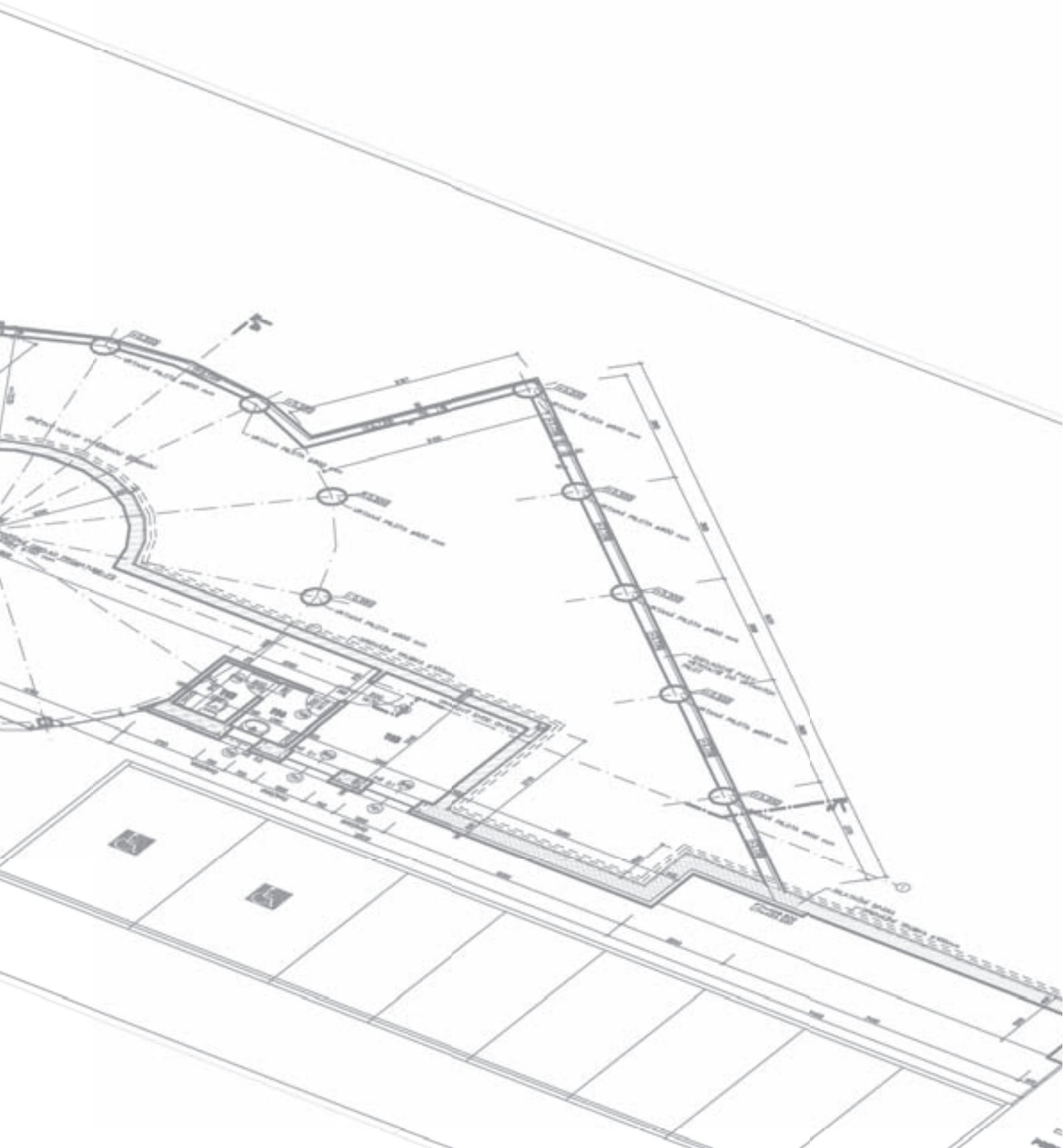


Pasivní domy 2006



Pasivní domy 2006



Centrum pasivního domu

Přímá 14, 642 00 Brno

email: info@pasivnidomy.cz

www.pasivnidomy.cz

Publikace obsahuje odborné příspěvky od předních českých i zahraničních expertů v oblasti výzkumu, vývoje, návrhu a výstavby pasivních domů, se zaměřením na představení nejnovějších zkušeností, postupů, poznatků a výsledků výzkumu.

Publikace je formálně členěna na následující okruhy:

- Obecné informace
- Pasivní stavby pro bydlení
- Pasivní stavby občanského vybavení
- Rekonstrukce dle zásad pasivního domu
- Zajištění kvality pasivních domů, vnitřní prostředí a vzduchotechnika
- Inovativní výrobky pro pasivní domy
- Výpočtové metody a postupy
- Pasivní domy z pohledu investora
- Legislativa a podpora
- Přehled pasivních domů v Česku

Publikace je určena pro odbornou veřejnost, především architekty, projektanty, poradce, energetické auditory a ostatní odborníky, pedagogy a studenty zabývající se energeticky efektivní výstavbou.

Obsah

Irena Plocková	
Energetická politika ČR v oblasti stavebnictví	8
Tomáš Vanický a kolektiv	
Stávající stav budov vs. nízkoenergetické a pasivní budovy	15
Libor Lenža	
Pasivní a nízkoenergetické domy v širších souvislostech	21
Berthold Kaufmann	
Das Passivhaus: Konzept und Projektierung (PHPP)	23
Pasivní dům: koncepce a projektování (PHPP)	33
Jan Bárta	
Ekonomika pasivního domu – vyplatí se pasivní dům skutečně?	41
Ludwig Rongen	
Innovative Architektur mit dem Passivhaus	48
Inovativní architektura a pasivní dům	57
Jan Růžička, Radek Začal, Jiří Novák	
Tvorba koncepce nízkoenergetických staveb ve fázi jejich návrhu	64
Martin Růžička	
Dřevostavby a pasivní domy, zkušenosti z realizace	66
1. Pasivní stavby pro bydlení	
Aleš Brotánek	
Osobnost investora a její vliv na výslednou podobu domu	73
Michael Gies, Josef Ponec	
Zwei Mehrfamilienhäuser in Passivhausbauweise in Frei-burg im Breisgau. Erfahrungsberichte aus dem Architekturbüro	80
Dva domy pro více rodin s konstrukcí pasivního domu ve Freiburg im Breisgau. Zprávy o zkušenostech z projektové kanceláře	86
Mojmír Hudec	
Nové realizace pasivních domů a aplikace principů nízkoenergetické výstavby	90
Stanislav Karásek	
Pasivní domy – výstavba a užívání	92
Petr Mareček	
Stavby pasivních řadových RD v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích	99
Marek Raida	
Vybrané autorské koncepty individuálních epRD 2005/2006	106
Josef Smola	
Pasivní dům Brdy s ohledem na konstrukční detaily	113

Jan Tywoniak, Petr Morávek

Pasivní domy, energeticky nulové domy a primární energie 121

2. Pasivní stavby občanského vybavení**Axel Bretzke**

Planung und Bau der Passivhaus Grundschule, Kalbacher Höhe 15, Frankfurt am Main 128

Projekt a stavba základní školy ve Frankfurtu nad Mohanem, Kalbacher Höhe 15 ve standardu pasivního domu 136

Barbara Faigle

Energion Ulm – Bürogebäude im Passivhaus-Standard, Ulm/ Deutschland 143

Energion Ulm – kancelářská budova ve standardu pasivního domu, Ulm / Německo 147

Yvonna Gaillyová

Centrum v Hostětíně postaveno – jak vlastně? 150

Georg W. Reinberg

Kindertagesheim Schukowitzgasse – ein Passivhaus mit Solarnutzung 157

Školka v Schukowitzgasse – pasivní dům s využitím solární energie 163

Olaf Reiter

Passivhäuser in Deutschland: Wohnprojekt Nestwerk in Dresden und Kindergarten Döbeln 166

Pasivní domy v Německu: bytový projekt Nestwerk v Drážďanech a dětská školka Döbeln 174

Frank Schnelle, Joachim Zander

Bau- und Raumakustik einer Passivhausschule 181

Akustika staveb a prostorová akustika školy – pasivního domu 187

3. Rekonstrukce dle zásad pasivního domu**Berthold Kaufmann**

Die Wärmedämmung von Innen 191

Vnitřní tepelná izolace 198

Günter Lang

Österreichs erste Sanierung zum Passivhaus 203

První sanace přestavbou na pasivní dům v Rakousku 210

Erwin Kaltenegger, Eugen Nagy

Energeticky efektívna modernizácia domova dôchodcov vo Weizi s použitím komponentov energeticky pasívneho domu 215

Heinz Plöderl

Schwanenstadt macht Schule 222

Schwanenstadt staví školu 228

Ludwig Ringem

Umbau einer Kfz-Lackiererwerkstatt in eine Wohnanlage im Passivhausstandard	231
Přestavba lakovny vozidel na bytové zařízení ve standardu pasivního domu	233
Erstes Altenpflegezentrum in Stahlzellen-Modulbauweise – unter teilweise Verwendung bestehender Altbausubstanz	235
První středisko pro péči o seniory s modulovou konstrukcí ocelových buněk – za částečného použití stávající staré stavby	237

4. Zajištění kvality pasivních domů, vnitřní prostředí a vzduchotechnika

Günther Gantioler

Qualitätssicherung im Passivhaus	239
Zajištění jakosti u pasivních domů	244

Peter Jackanin, Eugen Nagy

Zabezpečenie parametrov a kvality EPD v projektovej a realizačnej fáze	248

Jiří Novák

Měření průvzdušnosti budov v ČR - výsledky a zkušenosti	250

Petr Morávek

Mikroklima pasivních domů	257

Eberhard Paul

Wohnungslüftungsgerät mit Feuchteübertragung – ohne rotierende Teile!	267
Větrací jednotka s přenosem vlhkosti – bez rotujících dílů!	273

Reinhard Weiss

Passivhaustechnik für Jedermann – „barrierefrei“	277
Technologie pasivního domu pro každého – „bez bariér“	283

5. Inovativní výrobky pro pasivní domy

Franz Freundorfer

Das Passivhausfenster – Die Heizung der Zukunft!	288
Okna pasivních domů - topení budoucnosti!	295

Jan Kircher

Neues bei Wärmedämmverbundsystemen	302
Novinky v kontaktním zateplovacím systému	307

Martin Forstner

Werkbericht Vakuumgedämmtes Nullheizenergiehaus in Elementbauweise	309
Zpráva o díle – dům s nulovou spotřebou energie s vakuovou izolací a s modulární konstrukcí	316
Sichere VIP-Planungs und Bauprozesse mit Qasa	318
Bezpečné VIP plánovací a stavební procesy se systémem Qasa	322

Jindra Svobodová, Jitka Nováková, Jiří Svoboda	
Nová stavební koncepce pro pasivní domy	324
Karel Srdečný	
Efektivita zemního výměníku tepla (ZVT)	327
6. Výpočtové metody a postupy	
Pavel Kopecký	
K energetickému přínosu zemního výměníku tepla	329
Bronislav Bechník, Jiří Hite	
Teplota v nevytápěné stavbě v závislosti na úrovni tepelné ochrany stavby	337
Josef Chybík	
Tepelná stabilita v zimním období v pasivních domech	339
Roman Šubrt	
Tepelné zisky v zimním období neprůsvitnými konstrukcemi	345
David Bečkovský, Martin Deutsch, Miloš Kalousek	
Využití materiálů PCM na akumulaci energie	349
7. Pasivní domy z pohledu investora	
Martin Jindrák	
Zkušenosti z realizací a provozem domů v ČR	351
František Macholda	
Investor – rušivý element v úsporné výstavbě	359
8. Legislativa a podpora	
Pavel Říčka	
Praktické poznámky k problematice územního řízení a možnosti řešení protiprávních regulací obsažených v územním plánu	362
Robert Freund, Alice Sedmidubsky	
Das Haus der Zukunft wird Gegenwart – Ergebnisse des österreichischen Forschungs- und Technologieprogramms "Haus der Zukunft"	370
Dům budoucnosti se stává přítomností – výsledky rakouského výzkumného a technologického programu "Dům budoucnosti"	373
Bernd Wolters	
Förderung von Passivhäusern und von Sanierungen mit Passivhauselementen im Freistaat Sachsen	376
Podpora pasivních domů a přestaveb s realizací prvků pasivního domu ve Svobodném státu Sasko	379
9. Přehled pasivních domů v Česku	
RD Hradčany u Tišnova	382
PD v Kníničkách u Brna	385

PD v Knínicích u Boskovic	387
EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou	389
EPD Scadisystem, Klášterec nad Orlicí	391
epRD v Opavě Kylešovicích – „dům v zahradě zahrady”	392
Dvougenerační epRD ve Psárech – „See Through House”	394
epRD v Třebotově	396
epRD v Brnkách – „dům plující v korunách stromů”	398
epRD v Bruntálu	400
Dvoubytový epRD Hlučín – „první pražský passiv“	402
epRD v Novém Jičíně – „triangle house,,	404

Energetická politika ČR v oblasti stavebnictví

Ing. Irena Plocková, MPO ČR
Na Františku 32, Praha
plockova@mpo.cz

1. Energetická náročnost v sektoru budov

Snižování energetické náročnosti v sektoru budov je naplňováním cílů Státní energetické koncepce a současně se jedná o trend podporovaný ze strany EU jak vyplývá z nejnovějšího dokumentu „Zelená kniha“ ale i doporučení International Energy Agency pro ČR na základě posledního hodnocení energetické náročnosti české ekonomiky.

V souladu se zákonem č.406/2000 Sb., a státní energetickou koncepcí zpracovaly všechny kraje a statutární města územní energetické koncepce a podrobily svá energetická hospodářství a budovy energetickým auditům. Tyto dokumenty identifikují pro daná území potenciál úspor, využití OZE a druhotných energetických zdrojů. Současně s tím jsou odhadnuty potřebné investiční náklady spojené s výstavbou nových ale zejména rekonstrukcemi a modernizacemi centrálních zdrojů tepla a souvisejících rozvodných sítí. K dnešnímu dni je tedy možné konstatovat, že jak na úrovni státu, tak zejména na úrovni krajů a statutárních měst jsou připravené podklady pro realizaci opatření vedoucích k snížení spotřeby energie a zvýšení bezpečnosti jejich dodávek.

- Do českých právních předpisů je implementována směrnice 2002/91/ES o energetické hospodárnosti budov, podle níž větší změny dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m² budou prováděny s ohledem na splnění předepsaných požadavků na jejich energetickou náročnost. Jedná se zejména o stavební práce spojené se zateplováním budov a výměnou oken, rekonstrukce a modernizace otopných soustav, větracích, ventilačních a osvětlovacích systémů. Základním rámcem implementace Směrnice je novela zákona č. 406/2000 Sb., nově vložený § 6a Energetická náročnost budov (zák.č.177/2006 Sb.). Požadavky čl. 3 Směrnice o metodice výpočtů energetické náročnosti vycházející z obecného rámce dle Přílohy ke Směrnici ukládají zahrnout do konečné spotřeby energie vyjádřené v jednotkách primární energie kromě v ČR základního hodnocení měrné spotřeby tepla na vytápění i spotřebu energie na větrání, ventilaci, klimatizování příp. chlazení prostor, osvětlování, tepelné zisky od solárního záření. Metodika výpočtů v návaznosti na EN ISO 832 a 13790 je základem hodnocení energetické náročnosti budovy. Kromě požadavku na srozumitelnost vyjádření energetické náročnosti se předpokládá, že bude zahrnovat i míru snížení emisí CO₂.

Průkaz energetické náročnosti budovy se stává důležitou součástí dokumentace k stavebnímu řízení při výstavbě nebo změně stavby a zejména při jejím prodeji nebo pronájmu přičemž nesmí být starší 10-ti let. Ve veřejných budovách jako jsou např. školy, správní budovy, divadla apod. se průkaz umístí na veřejnosti přístupném mís-

tě, čímž se podpoří obecná informovanost o tolik potřebné hospodárnosti provozování budov.

Průkaz se vypracovává v jednotném tvaru a shodným postupem pro celé Evropské společenství podle připravované normy EN 15 217. U budov sloužících státnímu a veřejnému sektoru bude průkaz umístěn trvale na přístupném místě, tak aby veřejnost byla co nejvíce zapojována do procesu snižování energetické náročnosti budov. Průkaz obsahuje část popisnou uvádějící k jakému základu byla certifikace vztažena, výčet spotřeb energie pro vytápění, chlazení, mechanické větrání, přípravu teplé vody a osvětlení, množství energie získané z obnovitelných zdrojů nebo kogenerací. Dále se uvádí roční spotřeba energie vyjádřená v jednotkách primární energie, množství produkováných emisí CO₂ a náklady na energii. Pro jednotlivé druhy staveb se stanoví třídy energetické náročnosti od A do G, shodně jako je to již u energetických spotřebičů, podle nichž budou budovy klasifikovány. Součástí popisné části průkazu je také soubor doporučených opatření k snížení energetické náročnosti. Zde se opět můžeme odvolat na stávající českou právní úpravu a to zprávu o energetickém auditu, která obsahuje také doporučený soubor opatření vedoucí ke snížení energetické spotřeby u hodnocené stavby a jejího energetického hospodářství. Opatření jsou formulována jako optimální z hlediska energetického, ekologického a ekonomického. Pro bytové jednotky nebo vytápěné zóny uvnitř budovy vytvořené pro oddělené užívání je průkaz založen na zhodnocení celé budovy. Předmětem zveřejnění pak bude grafická část průkazu, ve tvaru a barevném provedení odpovídající stávajícímu štítku u energetických spotřebičů včetně doporučení na zlepšení stavební části budov a jejich technických zařízení a k jejich provozování.

Podle stávající vyhl.č.291/2001 Sb., o měrné spotřebě tepla na vytápění jsme zvyklí vnímat energetickou náročnost budovy hlavně z hlediska její spotřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody, přičemž při provádění energetických auditů budov a jejich tepelných hospodářstvích se již běžně pracuje s energetickými vstupy a výstupy stanovenými na základě ročních množství nakupovaných paliv a energie. Metodika zpracování energetického auditu nezapomíná ani na zhodnocení energie získané z jejích obnovitelných zdrojů. Novela této vyhlášky je postavena na rozsáhlém souboru nových CEN norem v aktuálním stadiu jejich rozpracovanosti.

Energetická náročnost budovy se hodnotí při jejím normovém užívání

- a) bilančním hodnocením pro účely vstupního hodnocení nové budovy, prvního hodnocení stávající budovy, hodnocení přípravy změn dokončené budovy, hodnocení při prodeji a nájmu a vypracování průkazu energetické náročnosti budovy (dále jen „průkaz“) pro tyto účely,
- b) operativním hodnocením pro účely orientačního hodnocení, např. při prodeji a nájmu, kontrolním hodnocení dokončené budovy a vypracování průkazu pro tyto účely, v ČR se zatím na úrovni právního předpisu nezavádí.

Technická zařízení budovy pro vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení, jejich regulace a inteligentní řízení musí zajistit požadovanou do-

dávku užitečné energie pro požadovaný stav vnitřního prostředí, dodávku energie s požadovanou energetickou účinností a nízkou energetickou náročností budovy. Novelizovaný soubor prováděcích předpisů je nástrojem ovlivňování energetické náročnosti provozu budov.

Průkaz energetické náročnosti budovy tvoří protokol, prokazující energetickou náročnost budovy a obsahující veškeré potřebné údaje k výše uvedeným požadovaným vlastnostem a grafické znázornění energetické náročnosti budovy. Protokol bude obsahovat nejméně tyto údaje

- a) Typ budovy nebo části budovy (pro bydlení, ubytování, hotely, školy, zdravotnická zař. atd.)
- b) Identifikační údaje
 - jméno osoby odpovědné za vypracování průkazu a identifikační číslo osvědčení o odborné způsobilosti osob oprávněných vypracovat průkaz ,
 - údaje o hodnocené budově, zejména adresa, kód katastrálního území a parcelní číslo budovy,
 - datum doby platnosti průkazu,
 - odkaz na archivní podklady použité při hodnocení a prokazování energetické náročnosti budovy,
- c) Technické údaje
 - tepelně technické a světelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budovy, včetně jejich zhodnocení,
 - popis objemů a ploch budovy,
 - základní vlastnosti energetických systémů budovy,
 - informace o dílčích energetických náročnostech budovy nebo jejích částí a prvků technického zařízení budovy,
 - ukazatel celkové energetické náročnosti hodnocené budovy,
 - referenční hodnoty,
 - klasifikační ukazatel energetické náročnosti budovy a jejích energetických systémů,
 - třída energetické náročnosti hodnocené budovy a jejích energetických systémů,
 - měrná roční spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu hodnocené budovy.
- d) U nových budov nad 1 000 m² celkové podlahové plochy výsledky posouzení proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- e) Doporučená opatření pro ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy
 - modernizační opatření ve stavební části a v technickém zařízení budovy,
 - opatření ke zdokonalení obsluhy a provozu budovy a technického zařízení budovy,
 - třídu energetické náročnosti hodnocené budovy po provedení doporučených opatření,

Ke zpracování průkazu bude možné přiměřeně využít ověřené údaje ze zpracovaných energetických auditů, zejména plochy stavebních konstrukcí a jejich orientace, součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí, průměrné účinnosti energetických systémů, podmínky vnějšího a vnitřního prostředí.

Prokazování energetické náročnosti budovy obsahuje klasifikační třídy A až G, jejich hranice a klasifikační ukazatel energetické náročnosti budovy. Klasifikační schéma vychází ze souvisejících CEN standardů, zejména z již citované prEN 15 217 a odvozuje se od velikosti klasifikačního ukazatele, který tvoří poměr mezi měrným ukazatelem energetické náročnosti budovy a energetickou náročností referenční budovy. I když výpočtové schéma vypadá na první pohled složité, díky uživatelsky komfortním softwarům se bude jednat o rutinní záležitost.

Popsaný způsob hodnocení energetické náročnosti budov vychází z čl. 5 Směrnice, který zavádí pro nově stavěné budovy s celkovou užitnou podlahovou plochou větší než 1 000 m² povinnost, aby před zahájením výstavby byla posouzena a vzata v úvahu technická, environmentální a ekonomická proveditelnost alternativních systémů energie, jako jsou místní systémy dodávky energie využívající obnovitelné zdroje energie, kombinovaná výroba tepla a elektřiny, dálkové nebo blokové vytápění nebo chlazení, pokud je k dispozici, a tepelná čerpadla, za určitých podmínek. V naší praxi tento požadavek opět nebude znamenat zásadní změnu, předpokládá se využití již zavedeného nástroje energetického auditu a informací o předpokládaném rozvoji území v souladu s územními energetickými koncepcemi. Ukáže-li se využití obnovitelných zdrojů energie pro danou oblast výstavby reálnou příležitostí, pak se jedná o pozitivní impuls k navrhování nových budov s nízkoenergetickým standardem, tedy i přínosem pro jeden z indikátorů udržitelného stavění.

Certifikace budov je také úzce spojena s uplatňováním článku 6 Směrnice - Stávající budovy, který ukládá přijmout opatření nezbytná k tomu, aby se u budov s celkovou užitnou podlahovou plochou větší než 1 000 m², u kterých probíhá větší renovace, snížila energetická náročnost s cílem splnit minimální požadavky, pokud je to technicky, funkčně a ekonomicky proveditelné. Požadavky mohou být stanoveny buď pro renovovanou budovu jako celek, nebo pro renovované systémy nebo prvky, pokud jsou součástí renovace prováděné po vymezenou dobu s výše uvedeným cílem snížit celkovou energetickou náročnost budovy. Po porovnání s plošnými standardy a spotřebou energie na vytápění u českých budov se jedná prakticky o pokračování ve stávající úpravě, kdy v návaznosti na zákon č.406/2000 Sb., a výše citované vyhlášky při renovaci budovy s roční měrnou spotřebou tepla vyšší než 700 GJ je nutno respektovat dosažení předepsaných měrných hodnot. V rámci českého právního řádu bude třeba rozlišovat opravu budovy bez energetického zhodnocení stavby a rekonstrukci jako změnu stavby s energetickým zhodnocením odpovídajícím předepsaným požadavkům a spojenou se zvýšením tepelné ochrany budov, tedy se změnou technických parametrů ve smyslu posledního znění zákona o hospodaření energií.

Zelená kniha k evropské energetické politice byla zveřejněna 8.3.2006 a zahájila proces konzultací „vedoucí k závěrečné zprávě s konkrétními doporučeními pro zasedání Rady v prosinci 2006.

Již dnes však lze reagovat na řadu konstatování a doporučení týkajících se stavebnictví, tedy zejména stavění a provozování budov. Z hlediska konkurenceschopnosti a Lisabonské strategie Evropská unie může podle mnoha studií uspořit nákladově efektivním způsobem nejméně 20 % ze své současné spotřeby energie, což představuje za rok částku 60 miliard EUR. Pro **dosažení** takových **úspor** jsou nezbytné **významné investice, pokud jde o nová energeticky úsporná zařízení a energetické služby, je Evropa v této oblasti na prvním místě ve světě a pro energetické služby je typické, že jsou poskytovány převážně na místní úrovni.** Takováto iniciativa by mohla v Evropě vytvořit až jeden milion nových pracovních míst. Vzhledem k tomu, že se tato iniciativa navíc zaměřuje **pouze na opatření v oblasti energetické účinnosti**, představuje **úspěšné schéma úspory energie** to, že část z uvedených **60 miliard EUR**, které nebudou utraceny za energii, bude znamenat **cistou úsporu**, jež bude povede ke **zvýšení konkurenceschopnosti** a zlepšení životních podmínek občanů EU. Podle studií průměrná domácnost v EU může ročně dosáhnout úspor od 200 EUR do 1 000 EUR v závislosti na své spotřebě energie. Úspora energie je nejvhodnějším způsobem snížení emisí skleníkových plynů a zlepšení kvality ovzduší, zejména v hustě obydlených oblastech a pomůže splnit závazky z Kjóta, bude hlavním příspěvkem proti změnám klimatu v rámci režimu vyplývajícího z rámcové úmluvy OSN o změně klimatu po roce 2012.

Zelená kniha navrhuje radu klíčových akcí:

- vytvoření ročních akčních plánů pro energetickou účinnost na vnitrostátní úrovni;
- poskytování lepších informací obyvatelům, například formou lépe cílených propagačních akcí a lepším označováním výrobků;
- lepší zaměření státní podpory do oblastí, kde je podpora z veřejných prostředků oprávněná, přiměřená a nutná pro poskytnutí pobídky k účinnému využívání energie.

Informační kampaně, které podávají jasné informace o tom, jak úspora energie může přinášet i finanční úspory, a které vybízejí spotřebitele k jednání, mohou být účinné v tom smyslu, že změní vnímání problému a podpoří jednání. V tomto ohledu lze určit akce na třech úrovních:

- informace pro obyvatele o způsobu snížení spotřeby energie v domácnostech používáním úsporného osvětlení, vytápění a změnou zvyklostí (chladničky..);
- informace pro průmyslové zákazníky;
- informace pro odborníky v oblasti energetické účinnosti a poskytovatele služeb, aby se ve všech členských státech zajistilo fungování vyškolených odborníků.

2. Energy policy ČR in the Construction sector

Main Institutions in the field of energy efficiency and energy consumption in Buildings are:

- The Act designates the Ministry of Industry and Trade (MoIT) as the institution with main responsibilities in the field of energy efficiency and sustainable construction;
- The Czech Standards Institute (CNI) – is responsible for harmonisation of technical standards with EN ISO.

The key Czech legislation in the field of energy use in Buildings is the Energy Management Act No.177/2006 Coll. This act determines which thermo-technical parameters of buildings and constructions must be evaluated in order to accomplish the corresponding effective energy use. The investor, the owner of a building or the community of owners of units shall ensure that the requirements set forth in respect of the energy performance of the building are met and that the comparative indicators set out by the implementing regulation are complied with; also, the requirements laid down in pertinent harmonised Czech technical standards shall be met. The implementing regulation shall set out the requirements in respect of the energy performance of buildings, the comparative indicators, the method of computing the energy performance of buildings and any details relating to these requirements. In cases of alterations to existing buildings, the requirements are to be met by the building as a whole or by the modified systems and building elements.

The investor, the owner of a building or the community of unit owners shall bring forth evidence of having met the requirements as per subsection (1) by producing a pertinent energy performance certificate (hereinafter referred to as "the certificate"), which is to be attached to the dossier submitted when documenting adherence to the general technical requirements applicable to construction^{5a}. The certificate shall not be older than 10 years and shall constitute part of the documentation pursuant to applicable implementing legislation in cases of:

- a) Construction of new buildings,
- b) renovation of existing buildings having a total floor area in excess of 1000 m², such that affect the energy performance thereof,
- c) sale or lease of buildings or parts thereof, where such buildings are under the obligation of producing a energy certificate.

The Decree No. 291/2001 Coll., the implementation regulation, issued pursuant to this act, determines the particular criteria and calculation method to be met.

The whole construction and modernisation of household apartment houses and public buildings must then only observe the National Technical Standard. Before the implementation of EPBD only the thermal input for heating is being evaluated.

The analysis of the situation shows that there is a big potential for the increase of energy efficiency values in the Czech Republic:

- The technical potential (Increase of energy savings, supposing implementation of all technically feasible measures without taking their economic viability into account) was rated 48%.
- The economic potential (which reflects as well the societal and macro-economic possibilities) has been estimated at 32%.
- The market potential (which reflects as well the micro-economic perspective of the investor) has been estimated, with a restricted payback period (PBP) of 3 years, to a significant 11%.

The potential of *no-investment cost measures* is estimated at 6% (This potential is included in all other potentials)

3. Literatura

- (1) Zák. č. 177/2006 Sb.,
- (2) Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů

Stávající stav budov vs. nízkoenergetické a pasivní budovy

Ing. Tomáš Vanický a kolektiv, ENVIROS s.r.o.

Na Rovnosti 1, 130 00 Praha

Tel: 284 007 487, e-mail: tomas.vanicky@enviros.cz

1. Abstract

Energy prices has dramatically increased in last couple years. And we cannot expect that the price we pay now it will be the same in the future. Low energy and passive houses are the possibilities for new buildings. But global impact of energy conservation is largely dominated by existing buildings. In most industrialized countries new buildings will only contribute 10% - 20% of additional energy consumption by 2050 whereas more than 80% will be influenced by the existing building stock. If building renovations continues at current rate and with present common policy.

Currently, most present building renovations address isolated building components, such as roofs, façades or heating systems. This often results in inefficient and in the end expensive solutions, without an appropriate long term energy reduction.

New legislation built on the Directive 91/2002/EC (on energy efficiency in the buildings) and technical measures should help decrease energy consumption in the building sector. The Czech Republic implemented this in primary legislation this year and the process will continue with secondary legislation next year.

2. Stávající stav budov vs. nízkoenergetické a pasivní budovy

2.1. Úvod

Stávající budovy poskytují největší potenciál úspor energie v bytovém sektoru. K úsporám vzniklým realizací opatření vedoucích ke snížení provozní energetické náročnosti objektů, můžeme připočíst i úspory energie vzniklé při těžbě surovin a výrobě stavebních materiálů, jejich dopravě na místo určení atd. Také výstavba nového objektu je z hlediska spotřeby energie náročnější než kvalitně provedená rekonstrukce. Při hodnocení energetické náročnosti, však zatím mnoho architektů a projektantů neuvažuje ani se s potřebou energie pro provoz objektu, natož pak s energií svázanou (šedou).

V Čechách jsme zatím na počátku nového způsobu hodnocení provozní energetické náročnosti budov, které je stanoveno zákonem č. 177/2006 Sb, na základě dodané energie (na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, větrání, klimatizaci a osvětlení) pro zajištění požadovaného standardu (životního komfortu) v interiéru objektu. Toto hodnocení provozní energetické náročnosti budov bude podle požadavků Směrnice 91/2002/EC (o energetické náročnosti budov), v členských státech dokládáno energetickým průkazem (certifikátem).

Podle navržené metodiky pro Českou republiku a v souladu se směrnicí 91/2002/EC zohledňuje energetický průkaz v současnosti pouze bilanční hodnocení stavu objektu

(tzn. že není zohledněn způsob užívání objektu). Bilanční hodnocení zahrnuje tepelně technické parametry stavebních konstrukcí, stav technického zařízení budov.

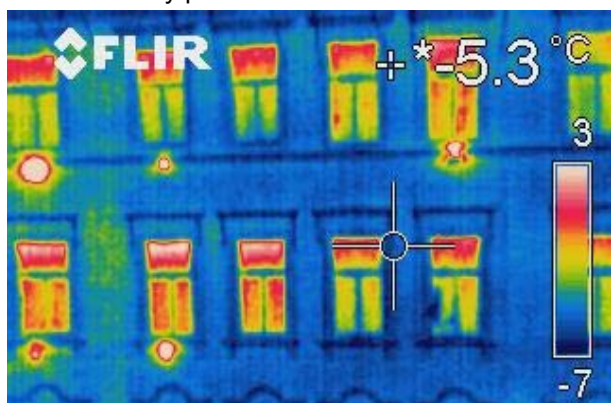
V současnosti nastavená škála tříd provozní energetické náročnosti je následovná:

- Velká část stávajících objektů je zařazena do tříd **E – Nehospodárná**, **F- Velmi nehospodárná** a **G – Mimořádně nehospodárná**;
- Panelové domy z 80. let 20. století a převážná část domů postavených v 90. letech 20. století byla zařazena do třídy **D – Nevyhovující**;
- Domy postavené v lepším standartu v 90. letech 20. století a domy splňující současné normové požadavky byly zařazeny do třídy **C – Vyhovující**;
- Domy splňující současné alespoň doporučené normové hodnoty pro stavební konstrukce a využívající lepších technologických zařízení (energeticky úsporné domy a domy dosahující horní hranice parametrů nízkoenergetické výstavby) byly zařazeny do třídy energetické náročnosti **B – Úsporné**;
- Domy dosahujících středních hodnot parametrů nízkoenergetické výstavby a domy pasivní byly zařazeny do třídy energetické náročnosti **A – Velmi úsporné**;

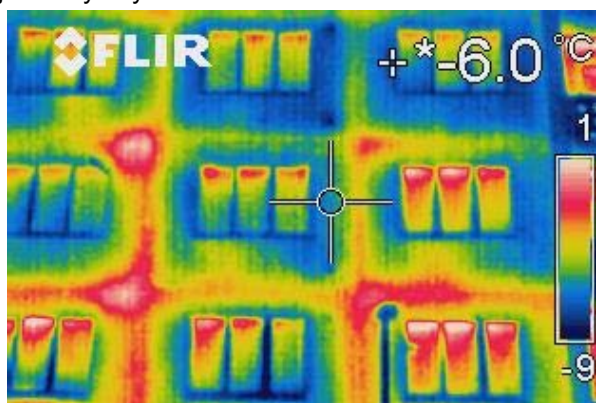
2.2. Stávající budovy

Spotřeba energie ve stávajícím bytovém fondu je rozdílná. V nezateplených panelových objektech postavených v 60. ÷ 90. letech 20. století, pro které jako jedinné lze při jejich rekonstrukci čerpat zvýhodněný úvěr garantovaný Českomoravskou rozvojovou bankou a které mají z hlediska podílu plochy ochlazovaných konstrukcí a objemu obestavěného prostoru příznivé geometrické parametry, se měrné hodnoty spotřeby energie na vytápění pohybují v rozmezí 110 ÷ 180 kWh/m² na rok (při nevhodném způsobu užívání objektu i vyšších). U rodinných domů, kdy geometrie a dispozice často odpovídají „lidové tvorbě“, jsou měrné hodnoty spotřeby energie na vytápění ještě vyšší a často přesahují 200 kWh.m² na rok v některých případech až 250 kWh.m² na rok.

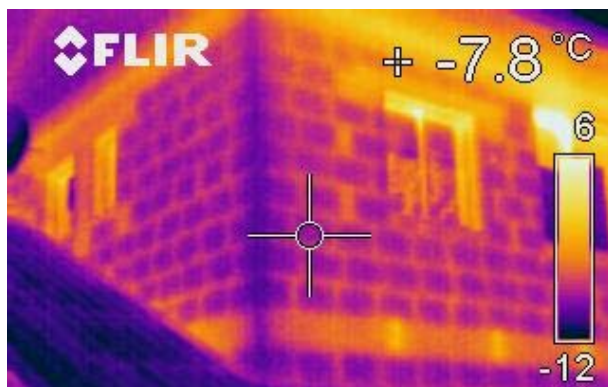
Obr. 1 Snímky pořízené termovizní kamerou u stávajících bytových domů



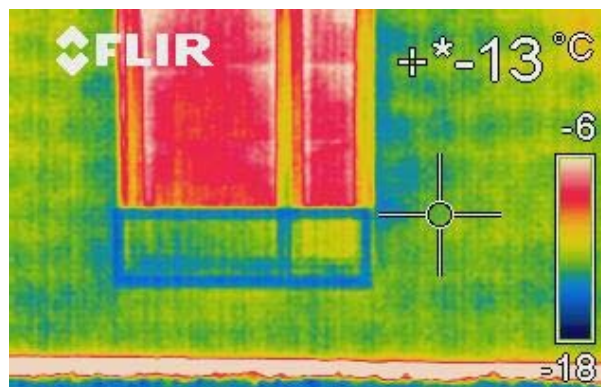
Obr. 1.1 – Měšťanský dům z 30. let 20. století. Na masivních zděných konstrukcích a při dřevěné nosné konstrukci stropů nejsou na snímku viditelné tepelné mosty, způsobené nedokonalými vazbami stavebních konstrukcí.



Obr. 1.2 – Panelový objekt typologické řady G57 z počátku 60. let 20. století. Na snímku jsou viditelné zvýšené tepelné ztráty spárami mezi železobetonovými panely a obrysy otopných těles umístěnými pod původními okny.



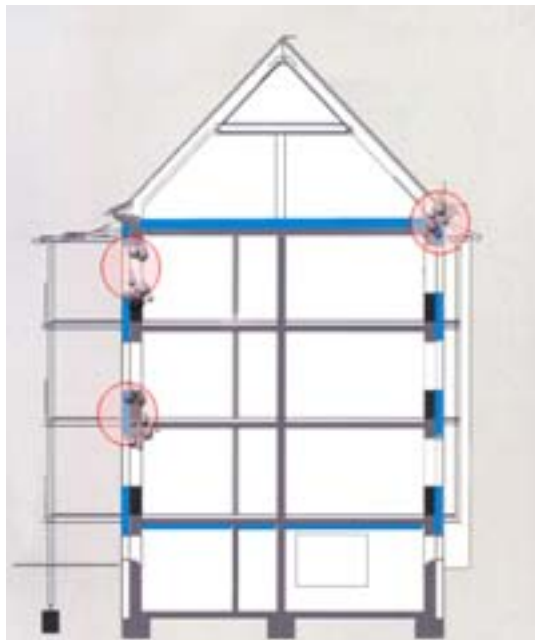
Obr. 1.3 – Rodinný dům postavený v 80. letech 20. století. I při dobrém stavu vnější omítky jsou zřetelné stavební materiály použité při výstavbě. Plynosilikátové tvárnice, nosné ocelové stropní nosníky profil I a betonové stropy.



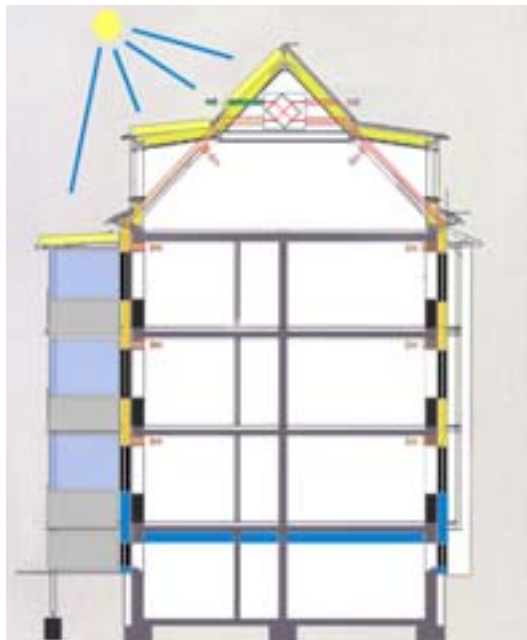
Obr. 1.4 – Bytový objekt postavený klasickou zděnou technologií z roku 2001. Viditelný tepelný most při vazbě obvodového zdiva a základové desky. Tristní stav současné kvality a postupů při nové výstavbě.

Současná opatření obnovy bytového fondu jsou často zaměřena pouze na výměnu otvorových výplní, zateplení obvodového pláště, případně zateplení střechy či podlahy nad nevytápěným podlažím. Tímto způsobem je v průměru dosahováno úspor energie na vytápění okolo $30 \div 40 \%$ z původní spotřeby energie. Na základě technického a technologického vývoje dochází k novým optimalizacím jednotlivých opatření (např. na stavebních konstrukcích, kdy tepelná izolace tl. 60 mm na štítových stěnách objektů zateplených v 90. letech 20. století, je na počátku 21. století nahrazována větší tloušťkou izolace při kompletním zateplení obvodového pláště).

Obr. 2 Tradiční obnova vs. možná budoucí obnova bytového fondu



Obr. 2.1 – Tradiční způsob obnovy a zvýrazněná kritická místa vzniku tepelných mostů.



Obr. 2.2 – Obnova bytového fondu za využití prefabrikace opatření na stavebních konstrukcích, změny způsobu vytápění a možného využití obnovitelných zdrojů energie.

Běžná opatření jsou z hlediska provozu budovy, čerpání stavebních materiálů a průměrně dosahovaných úspor tepelné energie okolo 30 ÷ 40 % nedostatečné a v celkové kalkulaci životního cyklu budovy nákladné.

Proto by měly být znalosti a postupy z oblasti nízkoenergetické či pasivní výstavby častěji přenášeny a využívány při návrhu opatření vedoucí k úsporám energie a prodloužení fyzické i morální životnosti stávajícího bytového fondu i přes to, že orientace ke světovým stranám či vnitřní dispozice stávajících budov již mnoha případech nelze změnit.

Jeden ze současných projektů IEA (viz Obr.2) se zabývá zrychlením tempa rekonstrukce stávajících budov při snížení energetické náročnosti na hodnoty blízké nízkoenergetických parametrů a prodloužení životnosti objektů. Projekt je nazván prefabrikovaná obnova budov. A cílem projektu není pouze technicko-technologické řešení, ale také snížení ekonomické náročnosti (na základě opakovatelnosti) a zkrácení doby realizace (obtěžování uživatel objektu).

Výstupy tohoto mezinárodního projektu budou k dispozici v roce 2010. V současné době jsou k dispozici výsledky pilotních projektů realizovaných v zahraničí.

Například projekt SOLTAG je ukázkou prefabrikované střešní nástavby, která s přispěním obnovitelných zdrojů energie (fotovoltaické panely, solární tepelné kolektory) a teplovzdušného systému vytápění dosahuje pasivních parametrů.

Obr. 3 Projekt SOLTAG – Dánsko



Obr. 3.1 – Jihovýchodní pohled



Obr. 3.2 – Řez + Schéma vytápění a ohřevu TV

2.3. Nové budovy

V České republice jsou požadavky na měrné hodnoty dodané energie při výstavbě nových budov stále ještě dosti benevolentní. Nízkoenergetické a pasivní domy tvoří pouze nepatrné procento z nové výstavby. Oproti tomu v zahraničí se tyto domy těší stále větší a větší oblibě.

Například ve Švédsku, kde mají podobné problémy s panelovými domy, které byly postaveny během programu „Milión bytů“, s podobnými měrnými hodnotami spotřeby energie jako domy v Čechách. Současné požadavky, na nové bytové objekty, jsou v této skandinávské zemi nastaveny mnohem přísněji. V jižní polovině země je hranice nastavena na celkovou spotřebu dodané energie 110 kWh/ m² za rok, na chlad-

ném severu je to 130 kWh/ m² za rok. To znamená, že všechny nové budovy by měly být postaveny v nízkoenergetické standardu. I zde se však učí ekonomicko-technickému koncenzu a podle naměřených hodnot u nových budov jsou prozatím v průměru dosahovány měrné hodnoty dodané energie okolo 130 – 150 kWh/ m² za rok.

Také požadavky na stavební materiály jsou v této severské zemi, která pečlivě dbá na ochranu svého životního prostředí, přísnější a vyplývají z vyhodnocení celkového životního cyklu materiálů a budovy jako takové.

Na evropském kontinentu se největší oblibě i podpoře ze strany státu těší pasivní a nízkoenergetické domy u našich sousedů v Rakousku a Německu.

2.4. Legislativa

Energetická náročnost stávajících budov je pro 21. století neúnosná. A to nejen v ČR, ale i v dalších státech rozvinutého světa. Rostoucí ceny energie, špatné energetické parametry objektů a stále narůstající spotřeba energie a paliv je alarmující nejen z hlediska energetického, ekologického, ale i z hlediska sociologického a tržního.

Uveřejněné údaje o spotřebě energie v nevýrobní sféře a sektoru domácností jasně dokládají, že se budovy staly největšími spotřebiteli paliv a energie v EU. Již na konci 80. let 20. století vedly tyto údaje evropskou radu a komisi k vydání příslušných směrnic. Jejich implementace do jednotlivých členských států EU má vést ke snížení spotřeby energie v sektoru budov a snížení produkce CO₂ a dalších emisí skleníkových plynů o 5,2 %. K tomuto cíli se v letech 2008 - 2012 zavázaly vyspělé průmyslové země v Kjótském protokolu v prosinci roku 1997.

Již před Kjótským protokolem byla přijata Směrnice rady 89/106/EHS, ze dne 21. prosince 1988, o sbližování právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků požadovala, aby stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání byly navrženy a provedeny takovým způsobem, aby potřeba energie při provozu byla nízká s ohledem na místní klimatické podmínky a požadavky uživatelů.

Směrnice Rady 93/76/EHS, ze dne 13. září 1993, o snižování emisí oxidu uhličitého zdokonalováním účinnosti užívání energie požaduje, aby členské státy vytvářely a prováděly programy v oblasti energetické účinnosti ve stavebním odvětví.

Ekonomický vývoj v rozvinutých státech, zvyšující se životní úroveň přináší i zvýšené požadavky na kvalitu vzduchu v interiéru budov (např. nadměrným používáním klimatizace během letních měsíců).

Proto byla vydána směrnice nová, k jejíž implementaci postupně přistupují jednotlivé státy EU. Směrnice 91/2002/EC, z 16. prosince 2002, o energetické náročnosti budov je jako legislativní nástroj do České republiky zaváděna v letošním roce. Na základě její implementace došlo ke změně Zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií. Zákon byl změněn vydáním nového Zákona č. 177/2006 Sb.

V současné době dochází ke schvalovacímu procesu prováděcích vyhlášek, podle který bude v příštích letech hodnocena energetická náročnost budov a jejich certifikace podle nové metodiky hodnocení. Současně s legislativními úpravami dochází k vytvoření národního výpočtového nástroje, který by měl být již na konci tohoto roku volně stažitelný z webových stran České Energetické Agentury (www.ceacr.cz).

Povinnost energetického průkazu je stanovena zákonem č. 177/2006 Sb. v § 6a. Splnění požadavků dokládá stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek. Průkaz nesmí být starší 10 let a musí být součástí dokumentace podle výše uvedeného prováděcího předpisu při:

- Výstavbě nových budov;
- Větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1 000 m², které ovlivňují jejich energetickou náročnost;
- Prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí v případech, kdy pro tyto budovy nastala povinnost zpracovat průkaz podle výše uvedených bodů.

Odstavec 2, § 6a Zákon č. 177/2006 Sb nabývá účinnosti dne 1.ledna 2009. Stejně jako většina z odstavců výše uvedeného zákona. V odstavci 6, stejného paragrafu jsou uvedeni provozovatelé budov, podle způsobu užívání budovy a zařazení do jednotlivých sektorů, na které se vztahuje povinnost zpracování průkazu pro objekty o celkové podlahové ploše nad 1 000 m² a jsou povinni umístit průkaz na veřejně přístupném místě v budově. Tato povinnost musí být podle §12a, odstavce 2, písmena d, splněna do 4 let od nabytí účinnosti zákona, tzn. do 1. 7. 2010.

2.5. *Financování*

Finanční podpora státu na výstavbu nízkoenergetických domů, pasivních domů a obnovitelných zdrojů energie není zavedena v plošném měřítku jako je tomu např. v Rakousku. Jedná se spíše o podporu pilotních projektů, které mají demonstrovat technicko-technologické možnosti a ekonomické výhody nízkoenergetických a pasivních objektů při jejich provozu.

Ve výhledu do budoucna lze tedy pouze doufat, že při zavedení energetického průkazu dojde k očekávanému rozdílu cen nemovitostí na základě provozních nákladů a technického zabezpečení budov. A bankovní domy v souladu se zájmy a podporou státu připraví na trh produkty zvýhodněných úvěrů či hypoték pro koupi, výstavbu či renovaci domů dosahujících nízkoenergetických či pasivních parametrů.

3. Literatura

- (1) Zimmermann, M., *ANNEX 50 – Prefabricated retrofit*, EMPA – Duebendorf
- (2) Směrnice 91/2002/EK – o energetické náročnosti budov – z 16. prosince 2002
- (3) Zákon č. 177/2006 ze dne 29. března 2006, kterým se mění Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- (4) Arne Elmroth –The situation of sustainable housing in Sweden today
- (5) *SOLTAG - Solar City Copenhagen*

Pasivní a nízkoenergetické domy v širších souvislostech

Ing. Libor Lenža, Regionální energetické centrum, o. p. s.

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Tel: +420 777 696 694, +420 732 381 428, e-mail: libor.lenza@regec.cz

Stejně jako vše ostatní v našem světě, musíme i problematiku pasivních či nízkoenergetických domů posuzovat v širších souvislostech, abychom lépe poznali okolnosti a fakta, která jejich uplatňování v praxi významně ovlivňují. Tento příspěvek vychází především z praktických zkušeností naší organizace při prosazování pasivní a nízkoenergetické výstavby v praktickém životě. Díky tomu jsme časem museli pozměnit některé naše názory na faktory, které více či méně výstavbu těchto typů objektů ovlivňují.

1. Pasivní a nízkoenergetická výstavba v obcích

Pasivní a nízkoenergetické domy jsou v našich oblastech pořád chápány jako něco mimořádného, nezvyklého, mnohdy cizího. Možnosti jejich výstavby jsou však prakticky všude. Do určité míry to souvisí i s otázkou koncepčnosti řešení strategického plánu rozvoje obce, rozvojových ploch, uvažovaných zastavěných zón apod. Při prosazování a realizaci je však nezbytně nutné postupovat s rozvahou a znalostí věci.

Možnosti realizace pasivní či nízkoenergetické výstavby v obcích jsou ovlivňovány následujícími faktory:

- postojem vedení obce, zastupitelstva ke koncepčnímu rozvoji obce a k prosazování energeticky úsporných opatření do praxe;
- postojem a informovaností obyvatel;
- územní možnostmi rozvoje;
- finančními zdroji;
- dostupností zdrojů energie, povahou území (rekreační oblast, prům. oblast apod.);
- zájmem investorů, atraktivitou území,
- schopnostmi projekčních a stavebních firem;
- postojem státu k energeticky úsporným opatřením (dotace, programy podpory), aj.

Intenzita jednotlivých faktorů se bude místo od místa, obec od obce lišit. Je to vždy dáno konkrétní situací v obci, regionu, kraji.

Důležitým determinantem výstavby je parcela, která svou pozicí v území, dle shváleného územního plánu určuje omezení pro zamýšlenou výstavbu. Od jednoduchého omezení typu: můžeme stavět × nemůžeme stavět, až po konkrétní nároky či omezení daná územním plánem.

Kritériem často bývá tvar střechy, orientace objektu – střechy, počet podlaží, celkový architektonický ráz apod. Dotažení inženýrských sítí je po většinou věcí samotného investora. Tedy pokud stavba splňuje všechny technické normy a legislativní podmínky, vyhovuje omezujícím podmínkám územního plánu, neměl by být problém získat potřebná povolení ke stavbě (minimálně územní rozhodnutí).

S výjimkou stavebního řízení či případných úlev při prodeji pozemků není obec příliš schopna efektivně a reálně ovlivnit rozhodování třetích osob (podnikatelů, občanů, apod.) o volbě výstavby pasivních objektů. Může působit ovlivňovat přesvědčováním, osvětou, vysvětlováním a dobrými příklady. Svůj pozitivní vliv však může prosazovat i jinak. Jde především o dobré plány rozvojových ploch a zón určených k bytové a individuální zástavbě. Může investorům za předpokladu stavby pasivního či nízkoenergetického objektu poskytnout určitou výhodu (slevu na pozemek prodávaný z majetku obce, příspěvek na inženýrské sítě apod.). Vše však musí mít svůj řád, a proto by se podobné věci měly objevit ve strategických plánech a záměrech, o kterých by měli být občané přiměřenou a vhodnou formou informováni (a jsme u osvěty a informovanosti).

2. Možnosti osvěty

Lze něco konkrétního k prosazování nízkoenergetické a pasivní výstavby udělat? Určitě ano. Nejde však o snadnou a rychle řešitelnou záležitost, ale o věc náročnou a dlouhodobou.

Cest a možností k prosazování výstavby pasivních (nízkoenergetických) objektů je samozřejmě více. Vždy však musíme akceptovat odlišnou situaci ve velkých městech, či předměstí s vyšší kupní silou obyvatel i firem a situaci v malých obcích s menším ekonomickým potenciálem, demografickým rozdělením a nižší kupní silou.

Do osvěty se mohou významnou měrou zapojit i samotné obce, které s ohledem na výhodnost pasivních či nízkoenergetických objektů pro samotnou obec mohou při stavbě či rekonstrukci obecních (veřejných) objektů **prosazovat nízkoenergetické (pasivní) hledisko**. Pokud se obci podaří takovýto objekt vybudovat, splnila jednu ze dvou základních podmínek, **a to zajistila praktický příklad** (samozřejmě za předpokladu kvalitního provedení a správné funkčnosti). Pokud se v jejím katastru nachází podobný objekt, může po dohodě s jeho majitelem na něj upozornit případné další zájemce. Tedy měli by znát jiné dobré a dostupné příklady z praxe.

Další důležitým prvkem jsou **informace**. Mnohdy stačí když mohou obce občanům rozdávat informační materiály nebo alespoň vědět, kde dostatek kvalitních informací najdou. **Informace** je možné **občanům** poskytnout i v rámci nejrůznějších programů podpory, grantových schémat apod. Je možné do obce přizvat na besedu s občany odborníky na danou problematiku, kteří s ní nejen občané seznámí, ale odpoví také na jejich konkrétní otázky.

To co občané opravdu velmi zájímá jsou **investiční náklady a provozní náklady**. Případné odchylky od běžných hodnoty je nutné pečlivě vysvětlit (proč je to více, proč je to méně). Jedině tak můžeme za nějakou (a asi nepříliš krátkou) dobu lidem (investorům) ukázat, že výstavba pasivních či nízkoenergetických objektů není jen výsadou několik málo nejbohatších občanů, ale jedná se o způsob výstavby vhodný pro většinu z nás.

Das Passivhaus: Konzept und Projektierung (PHPP)

Berthold Kaufmann, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, D 64283 Darmstadt
Tel: +49(0)6151-826 99 0, e-mail: berthold.kaufmann@passiv.de

1. Einführung: Was ist ein Passivhaus?

Lassen sich die Ziele hohe Behaglichkeit, gute Raumluftqualität, wirtschaftlicher Betrieb und vertretbare Investitionskosten bei einem Neubau und auch bei der Altbau-sanierung gemeinsam erreichen? Lange Zeit schien es, als ob Ökonomie und Ökolo-gie widerstreitende Ziele wären, zwischen denen zumindest ein Kompromiss ge-schlossen werden muss. Durch die zahlreichen realisierten Beispiele von Passivhäu-tern wissen wir heute: **Ökologie und Ökonomie lassen sich gleichermaßen zu-friedenstellend berücksichtigen.**

Der Schlüssel hierzu ist eine ganz erheblich verbesserte Energieeffizienz. Verbesser-te Energieeffizienz heißt bei Wohngebäuden in Mitteleuropa vor allem sehr guter Wärmeschutz, Luftdichtheit, hocheffiziente Lüftung, Haustechnik mit niedrigen Auf-wandszahlen und stromsparende Geräte. Die effiziente Technik verringert nicht nur den Energieverbrauch, sondern erhöht auch die thermische Behaglichkeit und ver-bessert den Schutz der Bausubstanz. Dadurch steigt der Wert des Gebäudes im all-gemeinen mehr, als für die Verbesserungen an Mehrinvestitionen aufgewendet wer-den muss. Wenn hohe Qualität zu vertretbaren Kosten zu bekommen ist, hat sich die einmalige Investition schnell gelohnt.

Gestiegener Wert, verringerte Instandhaltungsaufwendungen, längere Nutzungsdau-er, gesündere und behaglichere Wohnverhältnisse – das ist zusätzlicher Nutzen, der eine verbesserte Effizienz schon allein rechtfertigt. Dazu kommen aber auch ganz erhebliche Kosteneinsparungen beim Heizenergieverbrauch: Passivhäuser sparen nicht nur einige Prozent gegenüber den gesetzlichen Mindeststandards; messtech-nisch begleitetete Projekte zeigen vielmehr, dass gegenüber der deutschen Energie-einsparverordnung (EnEV 2002) etwa um einen Faktor 4 weniger Heizenergie ver-braucht wird.

Die Versöhnung von Ökologie und Ökonomie bei der Anwendung von Effizienztech-niken ist kein Zufall, sie ist den eingesetzten Techniken immanent:

Verbesserte Wärmedämmung bedeutet nicht nur reduzierte Wärmeverluste, son-dern auch im Winter höhere und im Sommer niedrigere Innenoberflächentemperatu-ren. Dadurch steigt die Behaglichkeit (Strahlungsklima) und sinkt die Anfälligkeit für Tauwasser an Innenoberflächen. Bessere Wärmedämmung beruht auf dem vermehr-ten Einsatz von Dämmstoffen ('verpackter Luft'); dies sind sehr leichte Baustoffe – von Natur aus kostengünstig und wenig materialintensiv.

Die **Vermeidung von Wärmebrücken** stellt nach den Erfahrungen im Passivhaus-bau eine der wirtschaftlichsten Effizienzmaßnahmen dar. Auch hier sind der erreichte Schutz der Bausubstanz und die verbesserte Behaglichkeit offensichtlich. Bei wohn-

raumüblichen Temperaturen und Feuchtigkeiten gibt es in einem wärmebrückenfrei konstruierten Passivhaus kein Tauwasser an Innenoberflächen mehr. Für Holzbau und Massivbau gibt es inzwischen eine ganze Reihe von erprobten Lösungen.

Auch die **Luftdichtheit** reduziert die Anfälligkeit für Bauschäden. Durch die bereits vor einem Jahrzehnt realisierten Passivhäuser ist inzwischen im Langzeittest nachgewiesen, dass sorgfältig geplante und ausgeführte Gebäudehüllen dauerhaft luftdicht bleiben. Nachdem Luftdichtheit anfangs als „Problem“ angesehen worden war, zeigen heute herausragende Beispiele, dass n_{50} -Werte um $0,3 \text{ h}^{-1}$ reproduzierbar erreicht werden können.

Beim **Bauteil Fenster** wurden in den letzten Jahren entscheidende Qualitätsverbesserungen erreicht. Hochwertige Fenster sind für das Passivhaus eine wichtige Voraussetzung. Um einen Gesamt- U_w -Wert dieser sogenannten 'Warmfenster' von weniger als $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu erreichen, kommt es nun vor allem auf einen sachgerechten Einbau an: Auch dies stellt prinzipiell kein Problem dar, erfordert aber eine stringente Planung. Gerade das hochwärmedämmende Fenster trägt entscheidend zur besseren Behaglichkeit im Wohnraum bei, weil es damit gelingt, die mittleren Oberflächentemperaturen über 17°C zu halten. Dadurch wird die Art der Wärmezufuhr im Raum zweitrangig: Es kommt nicht mehr darauf an, wo und wie im Raum die noch erforderliche geringe Heizwärme zugeführt wird. Selbst der Zeitpunkt ist im Passivhaus unkritisch: auch mehrere Stunden Heizungsunterbrechung werden praktisch nicht bemerkt.

Die **Lufterneuerung** für die Bewohner darf über allen Maßnahmen zum Wärmeschutz und zur Luftdichtheit nicht vernachlässigt werden. Zuverlässig, in genau der richtigen Menge, am gewünschten Ort, pollenfrei und komfortabel ist die Frischluftzufuhr durch eine geregelte Wohnungslüftung möglich. Auch hier stehen Lufthygiene und Behaglichkeit im Vordergrund. Durch die inzwischen am Markt verfügbaren hocheffizienten Geräte zur Wärmerückgewinnung kann diese Aufgabe mit einer entscheidenden Verbesserung der Effizienz verbunden werden.

In allen aufgeführten Punkten steht das Passivhaus für die Spitze der Entwicklung. Doch erst durch das **Zusammenspiel** von sehr guter Wärmedämmung, Luftdichtheit, Warmfenstern und einer Komfortlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung wird es möglich, Häuser im mitteleuropäischen Klima so zu bauen, dass der verbleibende Heizenergieverbrauch verschwindend gering ist und die Heizung eine funktionale Verbindung mit der Lüftung eingehen kann – mit Synergieeffekten für beide Bereiche, aber vor allem mit einer erheblichen Steigerung der Behaglichkeit und der Bauqualität.

Passivhäuser sind inzwischen als freistehende Einfamilienhäuser, Reihenhäuser, Geschosswohnungsbauten, Wohnheime, Bürogebäude, Schulen, Kindergärten und Produktionsgebäude realisiert worden. Eine Begrenzung seitens der Nutzungsmöglichkeiten ist bisher nicht in Sicht: Ganz im Gegenteil, die Ansätze sind mit der Zeit immer vielfältiger geworden, was die aktuelle Tagung eindrucksvoll demonstriert.

2. Passivhaus: Konzept und funktionaler Ansatz

Auch im Passivhaus muss ein Restwärmebedarf gedeckt werden – es ist kein Nullheizenergiehaus. Es reicht aber aus, die Wärme durch eine Nacherwärmung der Zuluft, die ohnehin verteilt werden muss, zuzuführen. So kann die Lüftung gleichzeitig auch für die Heizwärmeverteilung genutzt werden.

Das Passivhauskonzept ist auf die Minimierung der Wärmeverluste und auf die möglichst effektive Nutzung von solaren Warmegewinnen angelegt. Unabhängig von einem konkreten Entwurf stehen deshalb die beiden Anforderungen an die Orientierung der Hauptfassade relativ zur Sonne und die Kompaktheit des Gebäudes an herausragender Stelle. Die Hauptfassade sollte möglichst nach Süden ($\pm 25^\circ$) orientiert und möglichst wenig verschattet sein, weil nur so die solaren Warmegewinne im Winter einen nennenswerten Beitrag zur Energiebilanz des Gebäudes beitragen können.

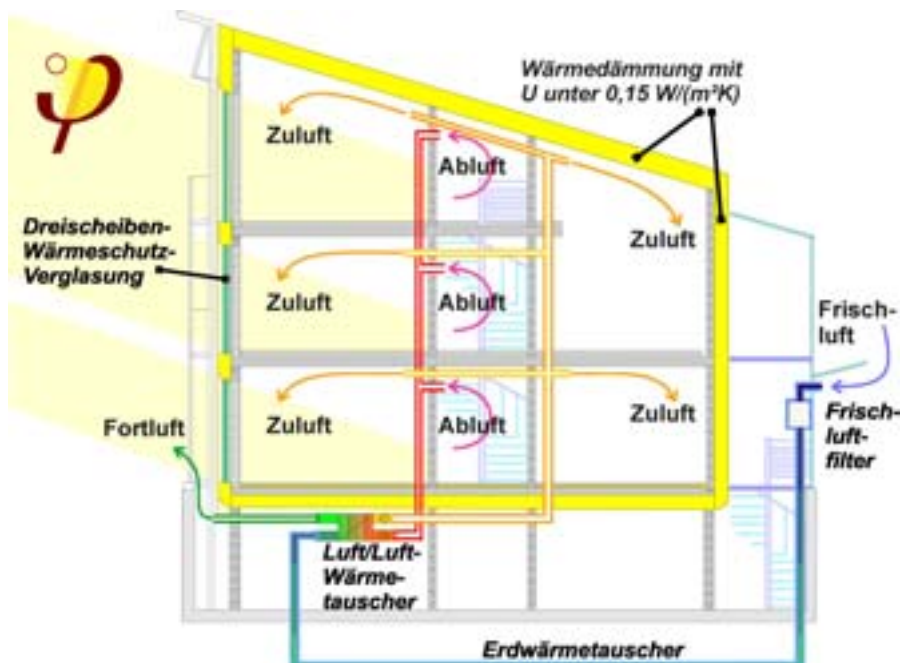


Abbildung 1: Prinzip-schematische Querschnittszeichnung eines Passivhauses.

Die Kompaktheit des Gebäudes wird durch das Verhältnis der einhüllenden Gebäudeoberfläche A [m^2] zu dem umbauten Volumen V [m^3] definiert. Ein kompaktes Gebäude hat ein möglichst kleines A/V -Verhältnis und mithin eine möglichst kleine Oberfläche, über welche die Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Ein kompaktes Gebäude ist damit auch kostengünstig zu realisieren, denn die bauliche Hülle macht einen großen Anteil an den Kosten eines Gebäudes aus. Reihenhäuser und Geschosswohnungen haben hier einen geometrischen Vorteil gegenüber frei stehenden Einfamilienhäusern.

Selbstverständlich sind diese beiden Anforderungen nicht immer streng zu erfüllen, weil Vorgaben des Geländes und des Bebauungsplanes dem entgegenstehen können, aber auch unter ungünstigen Bedingungen ist es durchaus möglich, Passivhäuser zu realisieren, wie eine große Zahl von gebauten Objekten beweist. Kompaktheit und Solarzugang entscheiden jedoch nicht unerheblich über die Kosten des entste-

henden Passivhauses. Zur eingehenden Diskussion dieser Aspekte sei auf die Literatur verwiesen [1].

2.1. Planungsgrundlagen für Passivhäuser, Energiebilanz, Heizwärmekennwert

Das wichtigste Hilfsmittel bei der Planung eines Passivhauses ist die Erstellung der Wärmebilanz des Gebäudes. Mit dem Passivhaus Projektierungspaket (PHPP [2], basierend auf EN 832 [3]) einem gut eingeführten Berechnungsverfahren für Passivhäuser, steht dem Planer ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem die Energiebilanz und mithin die Funktionstüchtigkeit des entstehenden Passivhauses vom ersten bis zum letzten Planungsschritt verfolgt werden kann. Hier fließen alle energetisch relevanten Information über das entstehende Gebäude zusammen.

Zur Berechnung der Wärmebilanz werden die Außenoberflächen der Gebäudehülle auf der Basis der Bauteilaußenmaße ermittelt. Zu jedem Bauteil wird der U-Wert berechnet. Bei Fenstern wird der U-Wert des Rahmens (U_f) und der Verglasung (U_g), der Wärmebrückenverlustkoeffizient am Glasrand (Ψ_g) und der Einbau- Ψ -Wert benötigt, um die Wärmeverluste des Fensters bzw. dessen U-Wert zu berechnen (U_w). Zur Bestimmung der solaren Gewinne, die durch die verglasten Flächen ins Gebäude eintreten, wird der g-Wert der Verglasung benötigt und die Himmelsrichtung, in welche die Öffnung zeigt.

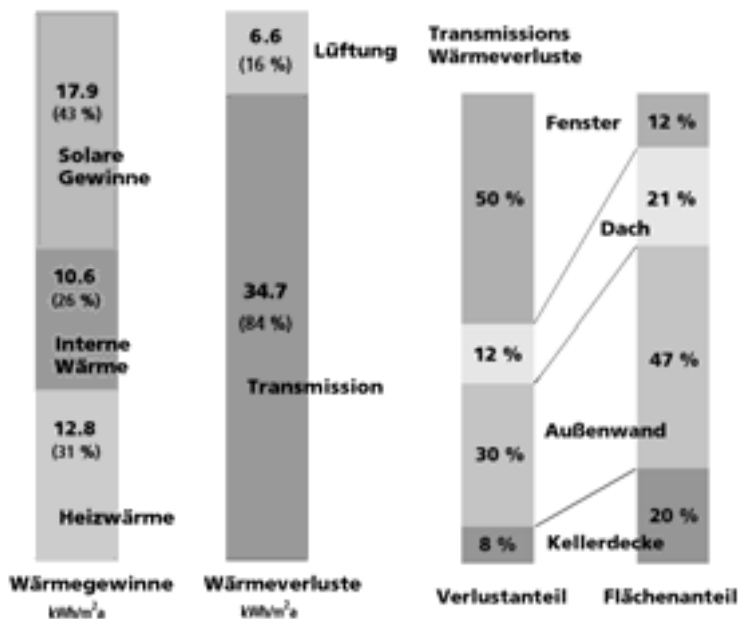


Abbildung 2: Jahres-Heizwärmebilanz nach EN 832 [2], [3] eines beispielhaften Passivhauses. Die wichtigsten Verlustbeiträge, Transmissionwärmeverluste und Lüftungswärmeverluste, stehen im Gleichgewicht mit den solaren Gewinnen, den internen Wärmequellen und dem restlichen aufzubringenden Heizwärmebedarf. Auf der rechten Seite sind die Transmissionwärmeverluste durch die einzelnen Bauteile (Summe = 100 %) im Vergleich zu deren typischen Flächenanteilen an der gesamten Hüllfläche einzeln dargestellt.

In Abbildung 2 werden die wesentlichen Ergebnisse der Energiebilanz eines typischen Passivhauses beispielhaft dargestellt. Links ist das Gleichgewicht zwischen Transmissionwärmeverlusten und Lüftungswärmeverlusten sowie den passiv solaren Wärmegewinnen durch die Fenster, den internen Wärmequellen und der Heizwärme aufgetragen. Die sogenannte 'freie Wärme' (Q_F), ist die Summe aus den solaren Gewinnen (Q_S) und den inneren Wärmequellen (Q_I). Um daraus die tatsächlich für die Energiebilanz zur Verfügung stehenden Wärmegewinne (Q_G) zu erhalten,

wird gemäß EN 832 ein Ausnutzungsgrad für die freie Wärme berechnet. Die verbleibende Differenz zwischen den nutzbaren Gewinnen und den Verlusten stellt den restlichen Heizwärmebedarf des Passivhauses dar ($Q_H = Q_V - Q_G$), der dem Gebäude von einem klein dimensionierten Wärmeerzeuger zugeführt werden muss.

Die inneren Wärmequellen Q_i rühren von den Aktivitäten der Bewohner her. Sie stellen die Wärmeabgabe von Personen und die Abwärme durch den Betrieb von elektrischen Geräten dar. Für Wohnhäuser wird hier bewusst ein Wert von nur $2,1 \text{ W/m}^2$ angenommen.

Rechts in Abbildung 2 sind die Transmissionswärmeverluste getrennt nach Bauteilen aufgegliedert. Wärmebrückeneffekte werden in der Bilanz oft separat berechnet, sie sind in dieser Abbildung den jeweiligen Bauteilen zugeschlagen. Im Umgang mit der Energiebilanz wird sehr schnell klar, dass Obergrenzen für die verschiedenen wärmetechnischen Kenngrößen der Bauteile eingehalten werden müssen, damit der für das Passivhaus resultierende Heizwärmebedarf (Q_H) kleiner bleibt als $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Die Energiebilanz begründet das Konzept und die wichtigsten Planungsgrundsätze für Passivhäuser: **Wärmeverluste verringern – passiv solare Gewinne optimieren**. Im mitteleuropäischen, gemäßigt-atlantischen Klima ist die wichtigste Maßnahme die Verringerung der Wärmeverluste des Gebäudes. Das liegt daran, dass hier im Winter längere Zeiten mit zwar moderaten Außentemperaturen, aber wolkenverhangenem Himmel vorkommen, in denen die solaren Gewinne gering sind.

Aus den Heizwärmebilanzen zahlreicher gebauter Passivhäuser ergeben sich folgende Erfahrungswerte: Die U-Werte für opake Bauteile sollten normalerweise kleiner als $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sein, anzustreben sind U-Werte von etwa $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Konstruktive Wärmebrücken müssen soweit wie möglich vermieden werden. Für Fenster und Türen im Passivhaus sollte im Regelfall U_W bzw. $U_D \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sein.

Fensterlüftung verursacht sehr hohe Lüftungswärmeverluste, wenn der hygienisch notwendige Luftwechsel in einer Wohnung gewährleistet werden soll. Im Passivhaus wird deshalb eine **kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung** eingesetzt, welche die Lüftungswärmeverluste sehr stark reduziert. Die Effizienz der Wärmerückgewinnung muss mindestens 75 % betragen, am Markt verfügbar sind inzwischen Geräte mit einer Effizienz von mehr als 85 %. Im Passivhaus ist Fensterlüftung während der Heizperiode somit nicht mehr notwendig, denn die kontrollierte Lüftung sorgt kontinuierlich für frische, angenehme Luft. Trotzdem hat jeder Raum Fenster zum Öffnen, was besonders im Sommer wichtig ist.

Eine konsequent luftdichte Hülle des Gebäudes ist eine weitere wesentliche Anforderung, auf der das Passivhaus-Konzept beruht. Die Lüftungswärmeverluste werden von der Luftströmung durch Fugen, maßgeblich bestimmt. Der Grenzwert für die Luftdichtheit liegt für das Passivhaus deshalb bei $n_{50} \leq 0,6 \text{ } 1/h$. Die Erfahrung zeigt, dass nur so die Lüftungswärmeverluste klein genug gehalten werden können.

2.2. Behaglichkeit aufgrund von hohen Oberflächentemperaturen

Beim Passivhaus ($U_{\text{opak}} \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) liegen die Innenoberflächen-Temperaturen so hoch, dass sie sich auch im Auslegungsfall kaum mehr von der mittleren Raumtemperatur von etwa 20°C unterscheiden. Selbst am Fenster ($U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) sinkt die mittlere Temperatur an der Innenoberfläche nicht mehr unter 17°C .

In diesem Zusammenhang ist die Rolle der 'passiven' Maßnahme Wärmedämmung besonders augenfällig: Ist die Hülle gut gedämmt, so stellen sich im Innenraum ohne weiteres Zutun angenehme Oberflächentemperaturen ein. Schlecht gedämmte Wohnungen kann man hingegen mit keinem vertretbaren Aufwand gleichmäßig warm bekommen, es sei denn, alle Bauteiloberflächen könnten getrennt beheizt werden.

2.3. Energiebilanzberechnung nach EnEV

Die EnEV 2002 bzw. die zugrunde liegende Norm DIN 4108 setzt für die inneren Wärmequellen $5 \text{ W}/\text{m}^2$ an. Das ist in der Regel viel zu hoch und kann bei Passivhäusern zu Auslegungsfehlern führen [4], [5], [6], [7]. Im oben genannten Gebäude ergäbe sich unter einer Annahme von $5 \text{ W}/\text{m}^2$ ein doppelt so hoher Anteil für Q_i und der Heizwärmebedarf errechnete sich dann zu lediglich $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Die gemessenen Heizwärmeverbräuche im realisierten Beispielgebäude ($12,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, Abbildung 2) liegen deutlich höher.

Ein weiterer Aspekt bei der Energiebilanzberechnung ist der Bezug des Heizwärmebedarfs auf die Wohnfläche des Gebäudes, um spezifische Größen ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ statt kWh) zu erhalten, so dass dann verschiedene Gebäude verglichen werden können. Im PHPP wird konsequenter Weise der Heizwärmebedarf auf die bei Architekten und Bauherren wohl bekannte Größe der Wohnfläche bezogen. Die deutsche DIN bzw. die EnEV (2002) bezieht ihre Zahlen jedoch auf die fiktive Größe A_N , die aus dem brutto-Volumen mit Außenmaßen gebildet wird: $V \cdot 0,32/\text{m} = A_N$. Diese Größe ist etwa 30% größer als die tatsächliche netto-Wohnfläche einer Wohnung, d.h. die spezifische Größe Energiebedarf / m^2 wird nominell entsprechend kleiner. Das bedeutet, dass Energiebilanzberechnungen nach EnEV leider irreführend sind und insbesondere nicht für die Auslegung bzw. Planung von Passivhäusern verwendet werden dürfen. Die möglichen Rechenfehler können erheblich sein, wie das obige Beispiel demonstriert. Für weiterführende Hinweise sei auf [6] und [7] verwiesen.

2.4. Heizlast

Für die Funktion des Passivhauses ist neben dem Heizwärmebedarf das sogenannte **Heizlastkriterium** bestimmend. Dies besagt, dass die Heizlast des Gebäudes im Auslegungsfall, d.h. die maximal notwendige Heizleistung im Winter nicht höher als $10 \text{ W}/\text{m}^2$ Wohnfläche sein darf. Im PHPP ist ein separates Arbeitsblatt zur Berechnung der Heizlast vorhanden.

2.5. *Wärmebrückenfreies Konstruieren*

Generell sollten konstruktive Wärmebrücken wie z.B. Durchdringungen der Dämmschicht beim Passivhaus soweit wie möglich vermieden oder jedenfalls auf einen vernachlässigbaren Wert begrenzt werden. Das Grundprinzip hierfür ist das **'wärmebrückenfreie Konstruieren'**. Als Kriterium hierfür hat sich die Anforderung $\Psi_a \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ bewährt. Erreicht man durch günstige Auswahl der konstruktiven Details, dass jeder Wärmebrückenverlustkoeffizient höchstens diesen Wert annimmt, so wird die Summe der zusätzlichen Wärmebrückenbeiträge in der Regel negativ bzw. vernachlässigbar klein. Hat man erst eine Sammlung von Anschlussdetails, die das Kriterium 'wärmebrückenfrei' erfüllen, so kann man sich bei ausschließlicher Verwendung dieser Details in einem Gebäude auf die Berechnung der Regelwärmeverluste beschränken. Ein pauschaler Zuschlag auf den U-Wert (ΔU_{WB}) kann unter diesen Umständen mit 'Null' angesetzt werden.

Die Abbildung 1 zeigt den Planungsgrundsatz für das wärmebrückenfreie Konstruieren: Es ist die 'Regel vom breiten Stift'. Man bedient sich dazu maßstäblicher Zeichnungen der Gebäudehülle (Grundrisse und Schnitte). Für ein Passivhaus verwendet man nun einen Zeichenstift, dessen Breite einem Wärmedurchgangswiderstand von $R = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$ entspricht. Für einen Dämmstoff mit $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ sind dies 24 cm maßstäblicher Breite. Wenn es nun gelingt, die Außenhülle des Gebäudes in dieser vollen Breite innerhalb des Dämmstoffes unterbrechungsfrei zu durchfahren – gelbe Dämmebene in Abbildung 1 – kann man sicher sein, dass die so getesteten Details das Kriterium der Wärmebrückenfreiheit erfüllen.

Bereits im Regel-U-Wert berücksichtigte Elemente, wie z.B. Holzständer im Rasterabstand, zählen nicht als Unterbrechung; dagegen stellt eine Durchdringung der Wand von innen nach außen von hochwärmeleitendem Material auch geringer Dicke, z.B. einer Aluminiumfolie, eine Verletzung des Konstruktionsprinzips dar. Immer, wenn man mit der 'Regel vom breiten Stift' auf Anschlüsse oder Durchdringungen trifft, bei denen die Erfüllung der Regel nicht offensichtlich ist, empfiehlt sich eine genauere Betrachtung. Das wird meist eine numerische zweidimensionale Wärmebrückenberechnung für das betreffende Detail sein.

2.6. *Gedämmter Fensterrahmen*

Die Wärmeverluste durch einen ungedämmten Fensterrahmen sind erheblich. Bei einem herkömmlichen Fensterrahmen ($U_f = 1,5 \dots 2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) sind sie etwa doppelt so groß wie bei einer typischen Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ($U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Zu einer hochwertigen Verglasung gehört daher auch ein gut wärmedämmender Fensterrahmen, denn die Rahmenanteile sind mit 30 bis 40% bei typischen Fenstermaßen relativ hoch.

Der Rahmenanteil bzw. der Verglasungsanteil wird generell auf das Rohbaumaß der Fensteröffnung bezogen, unabhängig von einer etwaigen Überdämmung des Rahmens. Typische Rahmen-Ansichtsbreiten liegen bei etwa 120 mm (Laibung und

Sturz) bis 140 mm (Brüstung) und zwar sowohl bei optimierten gedämmten Rahmen als auch beim Standard-Fensterrahmen mit 68 mm Bautiefe (IV68). Bei mittleren Fenstermaßen von 1,23 m x 1,48 m ist der Rahmenanteil 34%, bei Balkontüren (1,1 m x 2,2 m) beträgt er immer noch 31%, bei kleineren Fenstern steigt er schnell auf über 40 %.

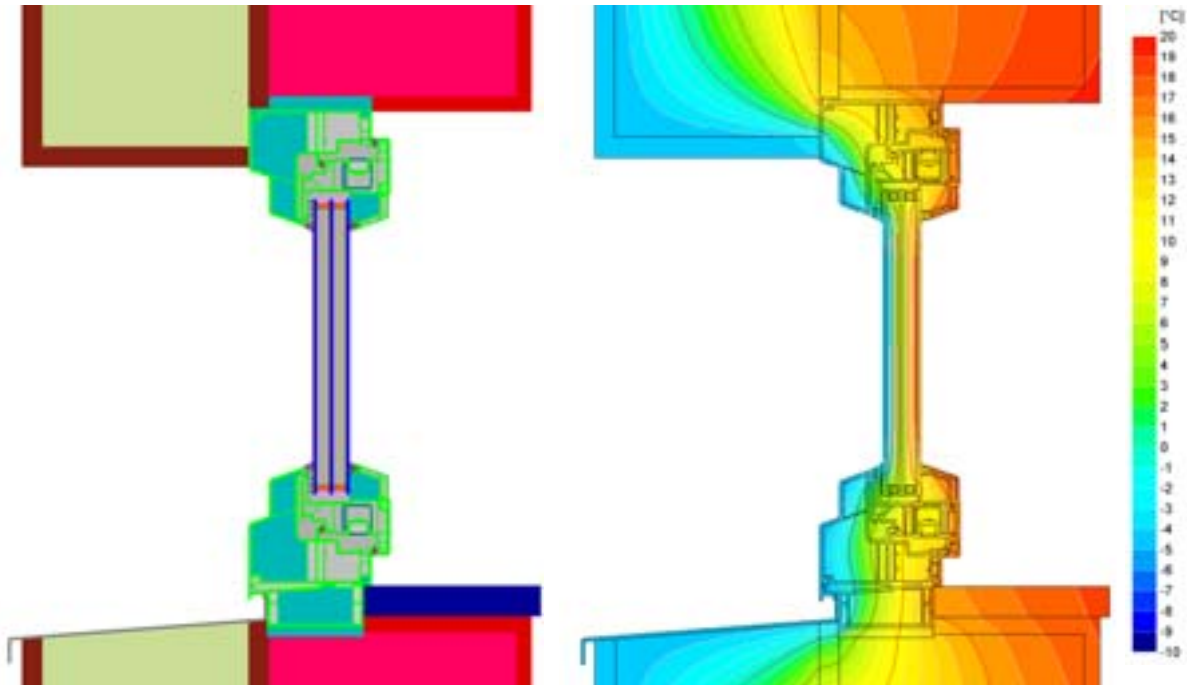


Abbildung 3: Wärmegegedämmter Fensterrahmen für Passivhäuser außenbündig auf dem Mauerwerk mit zusätzlicher Dämmung von 200 mm Stärke. Die minimale Oberflächentemperaturen am Einbau- rand sind akzeptabel. Im Brüstungsbereich besteht jedoch noch Optimierungspotential. Oben: $\vartheta_{\min} = 15,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, unten: $\vartheta_{\min} = 14,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Die wichtigsten Maßnahmen zur wärmetechnischen Optimierung von Fensterrahmen sind in [8] und [9] beschrieben, neuere Entwicklungen finden sich in [10] und in der Herstellerliste [11]. Ein Algorithmus zur Berechnung der Wärmeverluste durch Fen- terrahmen wird in der DIN EN 10077 beschrieben [12].

An erster Stelle steht die Vergrößerung der Bautiefe des Rahmens, um eine Dämm- schicht unterbringen zu können. 68 mm Bautiefe sind für das Passivhaus regelmäßig zu wenig, selbst wenn heute verfügbare, thermisch optimierte Materialien verwendet werden. Heute ist eine Vielzahl von gut wärmedämmenden Fensterrahmen am Markt erhältlich: Sandwich-Kanteln aus Holz-Purenit-PUR-Purenit-Holz führen zu einer Bautiefe von etwa 110 mm. Eine ähnliche Konstruktion ist auch mit Holz-Kork-Holz- Kork-Holz verfügbar. Bei Kunststoffrahmen müssen die größeren Kammern der Profi- le mit Dämmmaterial gefüllt sein. Weit verbreitet sind Einschieblinge, die aus Platten- material gefräst sind. Bei ausgeschäumten Profilen muss vom Hersteller die Roh- dichte des Materials kontrolliert werden, weil diese die Wärmeleitfähigkeit stark be- einflusst.

2.7. Wärmebrückenfreier Fenstereinbau

Wird ein Wärmedämmverbundsystem mit 200 mm Dämmstärke auf Mauerwerk verwendet, so entsteht die Situation, wie sie in Abbildung 3 dargestellt ist. Der Fensterrahmen wird in Laibung und Sturz überdämmt, so dass dort die Temperaturen an den Innenoberflächen so weit angehoben werden, dass die Schimmelgefahr sicher ausgeschlossen werden kann. Lediglich in der Brüstung stellt der bis zum neuen Fenster hochgezogene alte Putz eine gewisse Schwachstelle dar. Die Temperaturen sind jedoch auch hier akzeptabel.

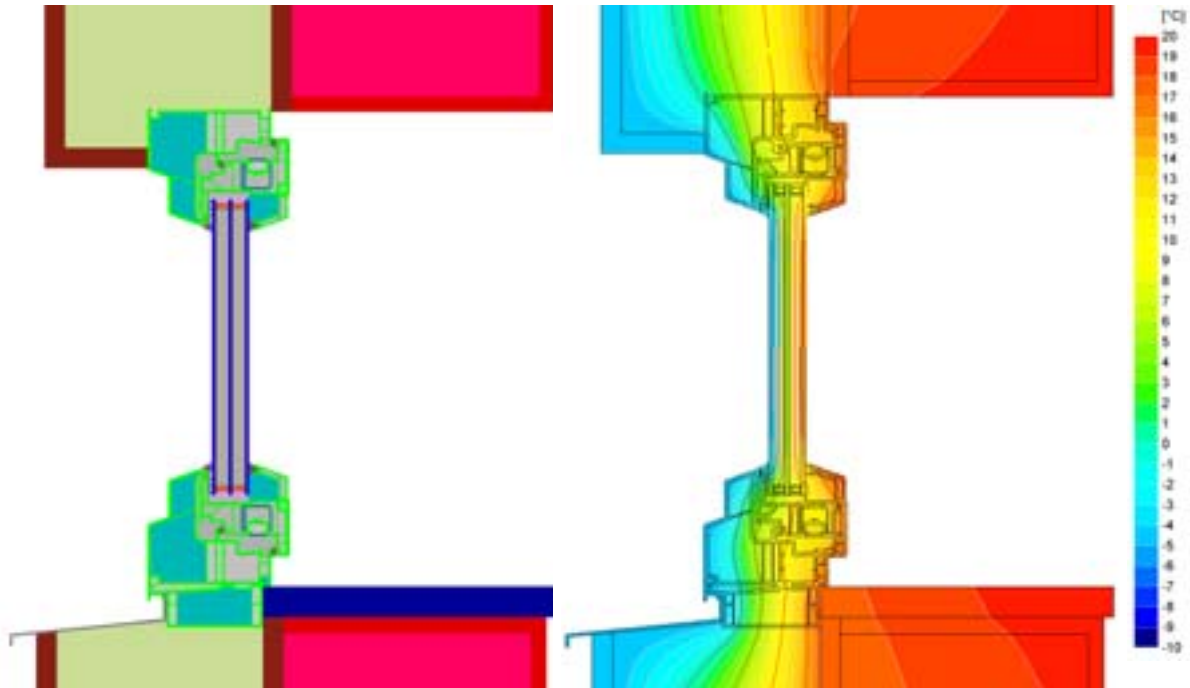


Abbildung 4: Wärme gedämmter Fensterrahmen vor dem Mauerwerk platziert, so dass die Dämmebene des Rahmens möglichst geradlinig in die Dämmebene der Wand mündet. WDVS mit 200 mm Stärke. oben: $\vartheta_{\min} = 15,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, unten: $\vartheta_{\min} = 15,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Die Wärmebrückenverluste sind allerdings im Vergleich zu dem, was technisch möglich ist, noch entscheidend zu hoch. Hier hilft der 'geometrische Trick' weiter, der bei der Entwicklung der Fenstereinbausituation für Passivhäuser den entscheidenden thermischen Vorteil brachte: der Fensterrahmen wird nicht außenbündig auf dem Mauerwerk platziert, wie dies aus praktischer Sicht am naheliegendsten erscheint, sondern der Rahmen wird so weit nach außen gerückt, dass die Dämmebene des Rahmens ohne Unterbrechung möglichst geradlinig in die Dämmebene der Wand einmündet, wie in Abbildung 4 dargestellt. Das Fenster wird also vor das Mauerwerk platziert und dort mit (möglichst wenigen) Stahlwinkeln oder mit Konsolen aus Holz o.ä. befestigt.

Diese Methode ist vom wärmetechnischen Standpunkt die optimale Lösung. Sie kann jedoch aus baupraktischen Gründen nur beim Neubau ohne weiteres realisiert werden. Bei der Altbausanierung ist diese Lösung nur dann praktikabel, wenn mit dem Austausch der alten Fenster gleich auch die Wärmedämmung der Außenwand in

einer Stärke von 20 bis 30 cm realisiert wird. Denn ohne das fertige WDVS sind die Fensterrahmen ungeschützt der Witterung ausgesetzt.

3. Literatur

- [1] Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäusern, Protokollband Nr. 19, AKKP, Darmstadt, 2000.
- [2] Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) mit Handbuch, Darmstadt, Ausgabe 2002
- [3] Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden, Berechnung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden. Deutsche Fassung DIN EN 832:1998-12, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 1998.
- [4] Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, Energieeinsparverordnung – EnEV, verkündet am 21. Nov. 2001 im Bundesgesetzblatt Nr. 59. In Kraft getreten am 1. Feb. 2002
- [5] Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Vornorm DIN V 4108 Teil 6-10, Berechnung des Jahresheizwärme und des Jahresheizenergiebedarfs, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 2001
- [6] Feist, W., PHPP und Vornorm DIN-V-4108-6:2001, Bewertung mit Ergebnissen aus dem CEPHEUS Projekt, Energie Effizientes Bauen, Heft 4/2001 und 5/2001
- [7] Stellungnahme zur Vornorm DIN V 4108 Teil 6:2001 aus Sicht der Passivhausentwicklung, CEPHEUS Projektinformation Nr. 39, Passivhausinstitut, Darmstadt, 2001
- [8] Fenster für das Passivhaus, Protokollband Nr. 14, AKKP, Darmstadt 1998
- [9] Schnieders, J., Passivhausfenster, 4. Passivhaustagung, Kassel, März 2000
- [10] Kaufmann, B., Schnieders, J., Pfluger, R., Passivhaus-Fenster. Tagungsband zur 6. Europäischen Passivhaustagung, Seite 289, Basel 2002.
- [11] Passivhaus Institut, Darmstadt. Eine Liste von realisierten Passivhausprojekten und Herstellern von Komponenten wird ständig aktualisiert. Die Liste enthält auch die wichtigsten technischen Daten von Passivhaus geeigneten Produkten, z.B. Fensterrahmen, Bausysteme oder Lüftungsanlagen mit WRG.
- [12] Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen, Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, DIN EN ISO 10077-Teil 1:2000. Teilweise Ersatz für DIN V 4108-4:1998-10, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 1998. Enthält insbesondere einen Algorithmus zur Berechnung des Rahmen U-Wertes U_f und der Wärmebrücke am Glasrand Ψ_g .

Pasivní dům: koncepce a projektování (PHPP)

překlad

1. Úvod: co je pasivní dům?

Lze dosáhnout vysokého komfortu, dobré kvality vzduchu v místnostech, ekonomického provozu a akceptovatelných investičních nákladů jak u novostaveb, tak u sanací starých budov? Dlouho to vypadalo tak, že ekonomická a ekologická stránka jsou ve vzájemném rozporu a že je minimálně třeba mezi nimi nalézt odpovídající kompromis. Na základě celé řady realizovaných příkladů pasivních domů dnes již víme: **jak ekologickou, tak ekonomickou stránku lze zohlednit stejnou měrou k naší spokojenosti.**

Řešením je podstatně zlepšená energetická účinnost. Zlepšená energetická účinnost znamená u obytných budov ve střední Evropě především kvalitní termickou ochranu, dobrou vzduchotěsnost, vysoce účinné větrání, technické vybavení budov s nízkými náklady a úsporné přístroje. Účinná technika nejenže snižuje spotřebu energie, nýbrž též zvyšuje tepelný komfort a zlepšuje celkovou ochranu stavby. Díky tomu roste hodnota budovy obecně více, než kolik činí vícenáklady vynaložené na příslušné úpravy. Lze-li dosáhnout vysoké kvality za přijatelnou cenu, pak se jednorázová investice rychle vrátí.

Nárůst hodnoty, nižší náklady na údržbu, delší životnost, zdravější a pohodlnější podmínky bydlení – to vše představuje dodatečný užitek, který je již sám o sobě důvodem zvýšení účinnosti. Nelze však rovněž zapomínat na nezanedbatelné úspory na nákladech v souvislosti se spotřebou energie k vytápění: pasivní domy neznamenaají jen úsporu pouhých několik procent ve srovnání se zákonnými minimálními standardy; z technických měření u realizovaných projektů vyplývá, že s ohledem na německou Vyhlášku o energetických úsporách (EnEV 2002) se spotřebovává méně energie k vytápění, která je nižší zhruba o faktor 4.

Toto smíření ekologie a ekonomie při aplikaci účinných technických postupů není pouhá náhoda, nýbrž je použitým technikám vlastní:

Zlepšená tepelná izolace znamená nejen snížení tepelných ztrát, nýbrž rovněž v zimě vyšší a v létě nižší vnitřní povrchové teploty. Díky tomu roste komfort (klima při vyzařování) a snižuje se tendence kondenzační vody usazovat se na vnitřních plochách. Zlepšená tepelná izolace spočívá v intenzivnějším používání izolačních materiálů ('balený vzduch'); jedná se o velice lehké stavební materiály – přirozeně cenově výhodné a s menší náročností při používání.

Eliminace tepelných mostů představuje podle zkušeností při stavbě pasivních domů jedno z nejeekonomičtějších opatření na zvýšení účinnosti. I v tomto případě jsou ochrana staveb a vyšší komfort zcela zřejmé. Při teplotách a vlhkostech běžných pro obytné prostory již nedochází v pasivním domě postaveném bez tepelných mostů k usazování kondenzační vody na vnitřních površích. Pro dřevostavby a masivní stavby je mezitím k dispozici celá řada prověřených řešení.

Rovněž **vzduchotěsnost** snižuje pravděpodobnost poškození staveb. U pasivních domů, které byly postaveny již před deseti lety, bylo mezitím na základě dlouhodobých testů prokázáno, že pečlivě projektované a realizované pláště budov zůstávají trvale vzduchotěsné. Ačkoli vzduchotěsnost byla na začátku považována za "problém", tak dnes z několika vynikajících příkladů vyplývá, že lze opakovaně dosahovat hodnot n_{50} kolem $0,3 \text{ h}^{-1}$.

Rovněž u **oken** bylo během posledních let dosaženo podstatných zlepšení kvality. Kvalitní okna jsou pro pasivní dům důležitým předpokladem. Aby bylo možno dosáhnout celkové hodnoty U_w těchto takzvaných "teplých oken" ve výši méně než $0,85 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$, tak je důležitá především profesionální montáž: ani tato však nepředstavuje v zásadě žádný problém, vyžaduje však přesné projektování. Právě okno s vysokou tepelnou izolací přispívá rozhodující měrou k lepšímu komfortu v místnostech, protože je tak možno udržovat střední povrchové teploty nad 17°C . Díky tomu se druh přívodu tepla do místnosti stává druhořadým faktorem: již není důležité, kde a jak se do prostoru přivádí zbytek požadovaného tepla k vytápění. Ani okamžik není u pasivního domu kritický: ani několik hodin přerušení topení si člověk zpravidla ničeho nevšimne.

Výměnu vzduchu pro obyvatele nelze ani přes veškerá opatření související s tepelnou ochranou a vzduchotěsností zanedbávat. Spolehlivě, ve správném množství, na požadovaném místě, bez přítomnosti pylů a pohodlně - přívod čerstvého vzduchu je možný díky regulovanému větrání v místnostech. I zde je v centru pozornosti hygiena vzduchu a komfort. Díky vysoce účinným přístrojům na rekuperaci tepla, které se mezitím objevily na trhu, lze tento úkol spojit s rozhodujícím zlepšením účinnosti.

Ve všech uvedených bodech je pasivní dům na špici vývoje. Ale teprve díky **souhrě** kvalitní tepelné izolace, vzduchotěsnosti, teplých oken a komfortního větrání s vysoce účinnou rekuperací tepla lze stavět domy ve středoevropském klimatu tak, aby byla zbylá spotřeba energie k vytápění zanedbatelně nízká a aby mohlo být topení ve funkčním spojení s větráním – včetně synergických efektů pro obě oblasti, avšak především včetně podstatného zvýšení komfortu a kvality staveb.

Pasivní domy byly zatím stavěny jako volně stojící rodinné domy, řadové domy, podlažní bytové stavby, ubytovny, kancelářské budovy, školy, dětské školky či výrobní budovy. Případné omezení týkající se možností užívání není zatím v dohledu: právě naopak, možnosti se s postupem času stále rozšiřují, což příkladně demonstruje tato konference.

2. Pasivní dům: koncepce a funkční možnosti

Rovněž v pasivním domě je třeba pokrývat potřebu zbytkového tepla – nejedná se o nulový energetický dům. Postačuje však přivádět teplo dodatečným ohřevem přiváděného vzduchu, který musí být tak jako tak rozváděn. Větrání lze tedy používat zároveň k rozvodu tepla k vytápění.

Koncepce pasivního domu je založena na minimalizaci tepelných ztrát a co nejefektivnějším využívání slunečního tepla. Bez ohledu na konkrétní projekt hrají proto rozhodující roli požadavky týkající se orientace hlavní fasády směrem ke slunci a kompaktnosti budovy. Hlavní fasáda by měla být podle možností orientována směrem k jihu ($\pm 25^\circ$) a měla by být pokud možno málo zastíněná, protože pouze tak může teplo získané ze slunce přispět v zimě podstatnější měrou k energetické bilanci budovy.

[Grafika] Obr. 1: schéma principu pasivního domu v průřezu.

Kompaktnost budovy je definována poměrem obalujícího povrchu budovy A [m^2] k obestavěnému objemu V [m^3]. Kompaktní budova má co nejmenší poměr A/V a co nejmenší povrch, kterým je teplo předáváno okolí. Kompaktní budovu lze tedy postavit i cenově výhodně, protože konstrukční plášť představuje velký podíl na nákladech budovy. Řadové domy a podlažní byty zde skýtají geometrickou výhodu oproti volně stojícím rodinným domům.

Oba tyto požadavky nelze přirozeně stoprocentně splnit ve všech případech, protože vlastnosti pozemku a plán zástavby zde mohou být v rozporu, avšak pasivní domy je v zásadě možno realizovat i za méně výhodných podmínek, jak dokazuje celá řada postavených objektů. Kompaktnost budovy a využívání solární energie však nerozhodují o nákladech na vznikající pasivní dům pouze samy o sobě. Ohledně probíhající diskuse o těchto aspektech odkazujeme na příslušnou literaturu [1].

2.1. Projektové základy u pasivních domů, energetická bilance, koeficient tepla k vytápění

Nejdůležitější pomůckou při projektování pasivního domu je vyhotovení energetické bilance budovy. Díky projektovému balíku pro pasivní domy (PHPP [2], na základě EN 832 [3]), což je zavedený postup výpočtu pasivních domů, má projektant k dispozici nástroj, pomocí kterého lze sledovat energetickou bilanci a dále funkčnost vznikajícího pasivního domu od prvního projektového kroku až po poslední. Zde se soustředí veškeré energeticky relevantní informace o vznikající budově.

Při výpočtu tepelné bilance se zjišťuje velikost vnějších povrchů pláště budovy na základě vnějších rozměrů komponentů. Pro každý komponent se vypočte příslušná hodnota U . U oken je třeba zjistit hodnotu U rámu (U_f) a zasklení (U_g), koeficient ztrát v důsledku tepelných mostů na okraji skla (Ψ_g) a dále montážní hodnotu Ψ , aby bylo možno vypočítat tepelné ztráty okna, popř. jeho hodnotu U (U_w). Pro stanovení sluneční energie, která se dostává do budovy zasklenými plochami, je třeba znát hodnotu g zasklení a světovou stranu, na kterou směřuje otvor.

[Grafika] Obr. 2: roční bilance tepla k vytápění podle EN 832 [2], [3] na příkladu pasivního domu. Nejdůležitější ztráty, tepelné ztráty způsobené přenosem a tepelné ztráty způsobené větráním jsou v rovnováze se získanou sluneční energií, vnitřními zdroji tepla a zbylou potřebou tepla k vytápění. Na pravé straně jsou jednotlivě zobrazeny tepelné ztráty způsobené přenosem u jednotlivých komponentů (součet = 100 %) ve srovnání s jejich typic-

kými plošnými podíly na celé krycí ploše.

Na obrázku 2 vidíme příklad důležitých výsledků energetické bilance typického pasivního domu. Vlevo vidíme rovnováhu mezi tepelnými ztrátami způsobenými přenosem a tepelnými ztrátami způsobenými větráním, pasivním teplem získaným ze sluneční energie okny, vnitřními zdroji tepla a teplem k vytápění. Takzvané "volné teplo" (Q_F) je součtem solárních zisků (Q_S) a vnitřních zdrojů tepla (Q_I). Abychom z toho zjistili tepelné zisky (Q_G), které jsou skutečně k dispozici pro energetickou bilanci, tak se podle EN 832 počítá stupeň využití volného tepla. Zbylý rozdíl mezi využitelnými zisky a ztrátami představuje zbytkovou potřebu tepla k vytápění pasivního domu ($Q_H = Q_V - Q_G$), které je třeba přivádět do budovy z odpovídajícího generátoru tepla s malým dimenzováním.

Vnitřní zdroje tepla Q_I pocházejí z aktivit obyvatel. Představují odevzdávání tepla osobami a teplo odváděné během provozu elektrických přístrojů. U obytných domů se zde záměrně předpokládá hodnota ve výši pouhých $2,1 \text{ W/m}^2$.

V pravé části obrázku 2 jsou uvedeny tepelné ztráty způsobené přenosem, rozčleněné podle jednotlivých komponentů. Efekty tepelných mostů jsou v bilanci často počítány zvlášť a na tomto obrázku jsou připočteny k jednotlivým komponentům. Při práci s energetickou bilancí velice rychle zjistíme, že horní meze různých tepelnotechnických veličin jednotlivých komponentů musí být dodrženy tak, aby výsledná potřeba tepla k vytápění pasivního domu (Q_H) byla nižší než $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Energetická bilance odůvodňuje koncepci a nejdůležitější projekční zásady pasivních domů: **snížení tepelných ztrát – optimalizace pasivních solárních zisků**. Ve střeoevropském mírném atlantickém klimatu spočívá nejdůležitější opatření ve snižování tepelných ztrát budovy. Příčinou je skutečnost, že v zimě jsou zde delší období sice s mírnými vnějšími teplotami, avšak se zataženou oblohou, během kterých jsou zisky solární energie nízké.

Z bilanci tepla k vytápění četných již postavených pasivních domů vyplývají následující zjištěné hodnoty: hodnoty U matných komponentů by měly být za běžných podmínek nižší než $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, přičemž by se mělo dosahovat hodnot U ve výši zhruba $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Je třeba se maximálně vyvarovat konstrukčních tepelných mostů. U dveří a oken pasivního domu by hodnota U_W , popř. U_D měla být zpravidla $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Okenní větrání způsobuje velmi vysoké tepelné ztráty větráním, jestliže má být zaručena hygienicky nutná výměna vzduchu v bytě. V pasivním domě se proto používá **kontrolované větrání s rekuperací tepla**, které tepelné ztráty způsobované větráním ve vysoké míře snižuje. Účinnost rekuperace tepla musí činit alespoň 75 %, přičemž na trhu jsou mezitím k dostání přístroje s účinností přesahující 85 %. V pasivním domě již tedy není okenní větrání během topného období nutné, protože kontrolované větrání zajišťuje stálý přísuv čerstvého a příjemného vzduchu. Přesto je však každá místnost vybavena otevíratelnými okny, což je důležité především v létě.

Dokonale vzduchotěsný plášť budovy je dalším nezbytným požadavkem, na kterém spočívá koncepce pasivního domu. Tepelné ztráty způsobované větráním jsou rozhodující měrou určovány prouděním vzduchu spárami. Mezní hodnota vzduchotěsnosti je tedy u pasivního domu na úrovni $n_{50} \leq 0,6 \text{ } 1/h$. Ze zkušeností vyplývá, že pouze tak lze tepelné ztráty způsobované větráním udržovat na dostatečně nízké hladině.

2.2. Komfort s ohledem na vysoké povrchové teploty

U pasivního domu ($U_{\text{opak}} \leq 0,15 \text{ W / (m}^2\text{K)}$) jsou vnitřní povrchové teploty tak vysoké, že se i v případě dimenzování sotva odlišují od střední teploty v místnosti ve výši zhruba $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Dokonce ani u okna ($U_w \leq 0,8 \text{ W / (m}^2\text{K)}$) neklesne střední teplota na vnitřním povrchu pod $17 \text{ }^\circ\text{C}$.

V této souvislosti si okamžitě všimneme role "pasivního" opatření týkajícího se tepelné izolace: je-li plášť dobře izolován, pak budou ve vnitřních prostorách bez dalších aktivit převládat příjemné povrchové teploty. Špatně izolované byty nelze naproti tomu při přijatelných nákladech udržet rovnoměrně teplé, ledaže by bylo možno vytápět všechny povrchy komponentu odděleně.

2.3. Výpočet energetické bilance podle EnEV

Norma EnEV 2002, popř. norma DIN 4108, která je brána za základ, stanovuje pro vnitřní zdroje tepla hodnotu 5 W/m^2 . To je zpravidla příliš mnoho, což může vést u pasivních domů k případným chybám při dimenzování [4], [5], [6], [7]. U výše uvedené budovy by se při předpokladu 5 W/m^2 zjistil dvojnásobně vysoký podíl Q_i a potřeba tepla k vytápění by pak byla vypočtena ve výši pouhých $5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$. Naměřené spotřeby tepla k vytápění u realizované demonstrační budovy ($12,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, obr. 2) jsou podstatně vyšší.

Dalším aspektem při výpočtu energetické bilance je vztažení potřeby tepla k vytápění k obytné ploše budovy tak, abychom získali specifické veličiny ($\text{kWh / (m}^2\text{a)}$ místo kWh) a aby bylo možno srovnávat různé budovy. V PHPP se potřeba tepla k vytápění důsledně vztahuje k architektům a stavebníkům známé velikosti obytné plochy. Německá norma DIN, popř. EnEV (2002) však vztahuje hodnoty k fiktivní veličině A_N , která je tvořena hrubým objemem včetně vnějších rozměrů: $V \cdot 0,32/\text{m} = A_N$. Tato velikost je přibližně o 30 % větší než skutečná čistá obytná plocha bytu, t.j. specifická veličina potřeba energie / m^2 bude nominálně odpovídajícím způsobem nižší. To znamená, že výpočty energetické bilance podle EnEV jsou bohužel zavádějící a nesmí se používat především pro dimenzování, popř. projektování pasivních domů. Možné početní chyby mohou být nezanedbatelné, jak ukazuje výše uvedený příklad. Ohledně dalších informací odkazujeme na [6] a [7].

2.4. Topná zátěž

Pro funkci pasivního domu je vedle potřeby tepla k vytápění rovněž určující tzv. **kritérium topné zátěže**. To určuje, že topná zátěž budovy, t.j. maximální nutný topný vý-

kon v zimě, nesmí být v případě dimenzování vyšší než 10 W/m^2 obytné plochy. V PHPP je pro výpočet topné zátěže k dispozici zvláštní pracovní list.

2.5. Konstrukce bez přítomnosti tepelných mostů

V zásadě platí, že konstrukčních tepelných mostů, jako např. průchodů v izolační vrstvě pasivního domu, je třeba se v maximální míře vyvarovat, popř. je v každém případě omezit na zanedbatelnou hodnotu. Základním principem je zde "**konstrukce bez přítomnosti tepelných mostů**". Jako odpovídající kritérium se zde osvědčil požadavek $\Psi_a \leq 0,01 \text{ W / (mK)}$. Jestliže dobrou volbou konstrukčních detailů dosáhneme toho, že všechny koeficienty ztrát v důsledku tepelných mostů budou dosahovat maximálně této hodnoty, pak bude součet dodatečných vlivů tepelných mostů zpravidla záporný, popř. zanedbatelně nízký. Budeme-li mít k dispozici nejprve seznam připojovacích detailů splňujících kritérium "bez tepelných mostů", pak je možno se za výhradního použití těchto detailů u budovy omezit na výpočet tepelných ztrát v důsledku regulace. Paušální hodnotu připočtenou k hodnotě U (ΔU_{WB}) lze za těchto okolností stanovit jako "nulu".

Na obr. 1 je uvedena projekční zásada pro projektování bez přítomnosti tepelných mostů: jedná se o "pravidlo široké tužky". Používají se zde výkresy pláště budovy v odpovídajícím měřítku (půdorysy a řezy). U pasivního domu nyní použijeme kreslicí tužku, jejíž šířka bude odpovídat příslušnému odporu prostupu tepla ve výši $R = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$. V případě izolačního materiálu s hodnotou $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ se jedná o šířku 24 cm v měřítku. Jestliže se nám nyní podaří projet vnější plášť budovy v této plné šířce uvnitř izolačního materiálu bez přerušení – žlutá úroveň izolace na obr. 1 – pak si můžeme být jisti, že takto otestované detaily splňují kritérium nepřítomnosti tepelných mostů.

Prvky, které byly již zohledněny v regulační hodnotě U , jako např. dřevěné stojany v rozteči rastrových prvků, se nepovažují za přerušení; průnik vysoce tepelně vodivého materiálu, např. hliníkové folie, byť pouze nízké tloušťky, stěnou zevnitř směrem ven naopak znamená porušení konstrukčního principu. Pokaždé, kdy při aplikaci "pravidla široké tužky" narazíme na přípoje nebo průchody, u kterých není splnění pravidla zřejmé, pak doporučujeme přesnější pozorování. Většinou se bude jednat o numerický dvourozměrný výpočet tepelných mostů u příslušného detailu.

2.6. Izolace okenních rámu

Tepelné ztráty vznikající v důsledku netěsných okenních rámu jsou vysoké. U běžného okenního rámu ($U_f = 1,5 \dots 2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) jsou zhruba dvojnásobné ve srovnání s typickým třídlínným ochranným zasklením ($U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Kvalitní zasklení proto zahrnuje rovněž dobře tepelně izolovaný okenní rám, poněvadž podíl rámu je se svými 30 až 40 % u typických rozměrů oken relativně vysoký.

Podíl rámu, popř. podíl zasklení se obecně vztahuje k rozměrům okenního otvoru u hrubé stavby, a to bez ohledu na případnou izolaci rámu. Typické náhledové šířky rámu činí zhruba 120 mm (stěna a překlad) až 140 mm (parapet), a to jak u optimální

zovaných izolovaných rámu, tak u standardních okenních rámu s konstrukční hloubkou 68 mm (IV68). U středních rozměrů oken o velikosti 1,23 m x 1,48 m činí podíl rámu 34 %, u balkónových dveří (1,1 m x 2,2 m) činí ještě 31 %, avšak u menších oken dosahuje rychle hodnot přesahujících 40 %.

[Grafika]

Obr. 3: tepelně izolovaný okenní rám pro pasivní domy, zarovnaný vně na zdivu s dostatečnou izolací o tloušťce 200 mm. Minimální povrchové teploty na montážním okraji jsou akceptovatelné. V oblasti parapetu je však ještě potenciál optimalizace. Nahoře: $\vartheta_{\min} = 15,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, dole: $\vartheta_{\min} = 14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nejdůležitější opatření v rámci tepelně-technické optimalizace okenních rámu jsou popsána v bodech [8] a [9] a novější vývojové tendence naleznete v bodě [10] a dále v seznamu výrobců [11]. Odpovídající algoritmus pro výpočet tepelných ztrát způsobených okenními rámy je popsán v normě DIN EN 10077 - [12].

Nejdůležitější je zvětšení konstrukční hloubky rámu, aby bylo možno zde umístit izolační vrstvu. Konstrukční hloubka o velikosti 68 mm je pro pasivní dům zpravidla příliš malá, a to i v případě použití tepelně optimalizovaných materiálů, které jsou dnes k dostání. Na trhu je v současné době k dispozici celá řada dobře tepelně izolovaných okenních rámu: sendvičové hranolky se složením dřevo - purenit - PUR - purenit - dřevo dosahují konstrukční hloubky o velikosti cca 110 mm. Podobná konstrukce je k dispozici rovněž se složením dřevo - korek - dřevo - korek - dřevo. V případě plastových rámu musí být větší komory profilů vyplněny izolačním materiálem. Rozšířené jsou zasouvací prvky vyfrézované z deskového materiálu. U profilů vyplněných pěnou musí výrobce kontrolovat objemovou hmotnost materiálu, protože tato silně ovlivňuje tepelnou vodivost.

2.7. Montáž oken bez přítomnosti tepelných mostů

Jestliže se na zdivu použije tepelně izolační spojovací systém s tloušťkou izolace 200 mm, pak nastane situace, která je uvedena na obr. 3. Okenní rám bude ve stěně a překladu zaizolován tak, že se teplota na vnitřních plochách zvýší do té míry, že bude možno s jistotou vyloučit nebezpečí plísní. Pouze v oblasti parapetu představuje stará omítka, vytažená až k novému oknu, jistou slabinu. Teploty jsou však přijatelné i zde.

[Grafika]

Obr. 4: tepelně izolovaný okenní rám umístěný před zdivem tak, že úroveň izolace rámu ústí do úrovně izolace stěny pokud možno v přímé linii. Tepelně-izolační spojovací systém o tloušťce 200 mm. Nahoře: $\vartheta_{\min} = 15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, dole: $\vartheta_{\min} = 15,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ztráty způsobené tepelnými mosty jsou však ve srovnání s technickými možnostmi dosud příliš vysoké. Zde pomůže jistý "geometrický trik", u kterého byla při vývoji okenních montáží u pasivních domů zjištěna rozhodující termická výhoda: okenní rám se na zdivo neumísť zarovnaný vně, jak by se to z praktického hlediska zdálo nejvýhodnější, nýbrž se vysune co nejvíc směrem ven tak, aby úroveň izolace rámu ústila bez přerušování pokud možno v přímé linii do úrovně izolace stěny, jak je uvede-

no na obrázku 4. Okno se tedy umístí před zdivo, kde bude uchyceno pomocí (pokud možno co nejmenšího množství) ocelových úhelníků nebo dřevěných konzol, atd.

Tento postup představuje z tepelně-technického hlediska optimální řešení. Ze stavebně praktických důvodů jej však lze bez dalšího aplikovat pouze u novostaveb. U sanací starých staveb je toto řešení použitelné pouze v tom případě, kdy se společně s výměnou starých oken provádí rovněž tepelná izolace vnější stěny v tloušťce 20 až 30 cm. Protože bez hotového tepelně-izolačního spojovacího systému jsou okenní rámy vystaveny bez ochrany povětrnostním vlivům.

3. Literatura

- [1] Projekční nástroje pro realizaci pasivních domů, svazek č. 19, AKKP, Darmstadt, 2000.
- [2] Projektovací balík pro pasivní domy (PHPP) s příručkou, Darmstadt, vydání 2002
- [3] Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden, Berechnung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden. Německé znění normy DIN EN 832:1998-12, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlín 1998.
- [4] Vyhláška o energeticky úsporné tepelné ochraně a úsporné technice u budov, Vyhláška o energetických úsporách – EnEV, vyhlášena dne 21. listopadu 2001 ve Spolkové sbírce zákonů č. 59. V platnost vstoupila dne 1. února 2002
- [5] Tepelná ochrana a energetické úspory u budov. Směrná norma DIN V 4108 část 6-10, výpočet ročního tepla k vytápění a roční potřeby energie k vytápění, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlín 2001
- [6] Feist, W., PHPP a směrná norma DIN-V-4108-6:2001, hodnocení s výsledky z projektu CEPHEUS, energeticky úsporné stavění, sešit 4/2001 a 5/2001
- [7] Stanovisko ke směrné normě DIN V 4108 část 6:2001 z hlediska vývoje pasivních domů, projektová informace CEPHEUS č. 39, Institut pasivních domů, Darmstadt, 2001
- [8] Okna pro pasivní domy, svazek č. 14, AKKP, Darmstadt 1998
- [9] Schnieders, J., Passivhausfenster, 4. konference na téma pasivní domy, Kassel, březen 2000
- [10] Kaufmann, B., Schnieders, J., Pfluger, R., Passivhaus-Fenster. Svazek k 6. Evropské konferenci na téma pasivních domů, strana 289, Basel 2002.
- [11] Institut pasivních domů, Darmstadt. Seznam realizovaných projektů pasivních domů a výrobců komponentů se stále aktualizuje. Seznam rovněž obsahuje nejdůležitější technické údaje produktů vhodných pro pasivní domy, např. okenních rámu, stavebních systémů nebo větracích jednotek s rekuperací tepla.
- [12] Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen, Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, DIN EN ISO 10077-část 1:2000. Částečná náhrada za normu DIN V 4108-4:1998-10, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlín 1998. Obsahuje zejména algoritmus pro výpočet hodnoty U_f a tepelného mostu na okraji skla Ψ_g .

Ekonomika pasivního domu – vyplatí se pasivní dům skutečně?

Jan Bárta, Centrum pasivního domu

Přímá 14, 642 00 Brno

Tel: +420 732 121 651, e-mail: jan.barta@pasivnidomy.cz

1. Úvod

Postavit pasivní dům a zaplatit kvůli tomu víc než za „normální“ dům? Jak dlouho budu čekat, než se mi investice vrátí? Kde na to vzít peníze? Má to vůbec smysl?

Tyto otázky napadnou většinu investorů, když se rozhodují o stavbě domu a ví o možnosti postavit dům jako pasivní. Tento příspěvek by měl dát základní návod, jak ke zvýšeným nákladům přistupovat.

V ekonomické analýze lze bohužel zohlednit pouze faktory vyčíslitelné – výši vícenákladů a výši budoucích úspor energie. Výhody kvalitní stavby s výrazně kvalitnějším vnitřním prostředím ale nelze finančně vyčíslit. Přesto je právě kvalitní a pohodové bydlení často tím nejdůležitějším faktorem při rozhodování.

2. Výchozí předpoklady

Finanční rozhodování o dlouhodobých investicích, kterými investice do úspor energie bezesporu jsou, je ovlivněno časem. Peněžní prostředky, které je nutno okamžitě investovat, mají pro investora jinou – zpravidla vyšší – hodnotu než tytéž peníze získané v budoucnosti.

2.1. Metodika ekonomického hodnocení

Pro posouzení efektivity nákladů vynaložených na jednotlivá opatření vedoucí k dosažení standardu pasivního domu a s tím souvisejících úspor energie proto není vhodné používat metodu prosté návratnosti, která nezohledňuje faktor času a znevýhodňuje tak investice do dlouhodobých opatření. Naproti tomu metoda celkových ekvivalentních ročních nákladů (kapitálových nákladů) dovoluje zohlednit budoucí růst ceny energie, životnost opatření, zohledňuje možnost zhodnotit své peníze jiným způsobem (např. investice do akcií a podílových fondů, vklad do banky).

2.2. Náklady v průběhu životního cyklu

Investiční náklady

Soubor opatření, která umožní dosažení standardu pasivního domu, přináší celou řadu výhod, jako je vyšší tepelná pohoda, lepší ochrana konstrukce a úspora nákladů na energii, na druhou stranu s ní souvisí i zvýšení investičních nákladů. Pro ekonomické hodnocení je vhodnější používat tzv. kapitálové náklady, tedy konstantní výši ročních nákladů na investici rozloženou po dobu životnosti opatření. Kapitálové náklady odpovídají například splátce hypotečního úvěru, ve které jsou zahrnuty i úroky.

$$K = I \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

- K ... roční náklady (kapitálové náklady)
- I ... výše investice
- i ... úroková míra
- n ... doba životnosti opatření

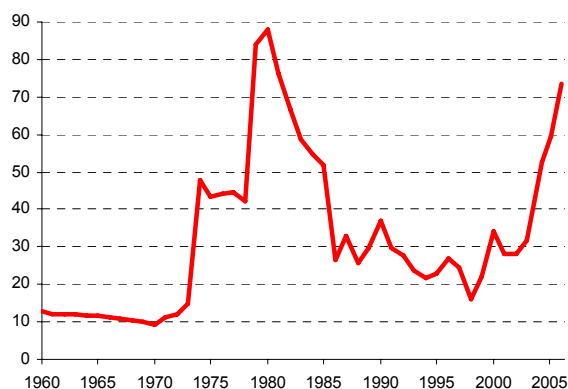
Doba ekonomické životnosti odpovídá např. délce hypotéky, úvěru ze stavebního spoření. Skutečná technická životnost opatření a výrobků je zpravidla delší, čímž se zvyšuje ekonomický přínos.

Provozní náklady, náklady na údržbu

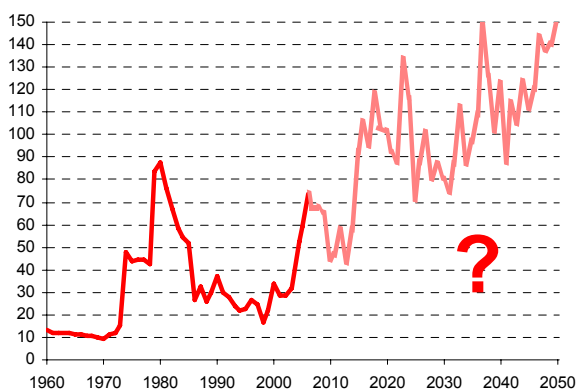
V případě nahrazení klasického vytápěcího systému teplovzdušným vytápěním je rozdíl v provozních nákladech a nákladech na údržbu v porovnání s celkovou výší ročních nákladů zanedbatelný, a na ekonomické posouzení nemá téměř žádný vliv.

Náklady na energii

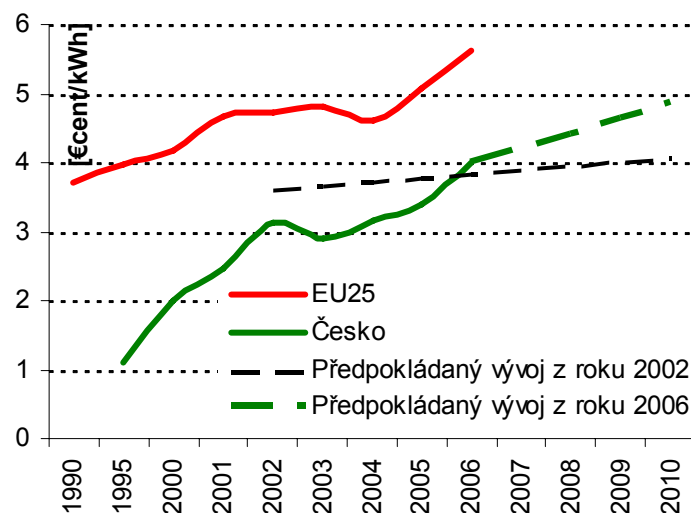
Náklady na energii jsou v pasivním domě díky snížení energetické náročnosti stavby výrazně nižší. Vzhledem k očekávanému (ale obtížně předvídatelnému) růstu ceny energie lze předpokládat, že investice do úspor budou stále výhodnější.



Obr. 1 Vývoj ceny ropy v USD/barel
Zdroj: zFacts.com



Obr. 2 Možný budoucí vývoj ceny ropy



Obr. 3 Vývoj ceny zemního plynu.
Zdroj: EUROSTAT, ECOFYS, (5)

Z obr. 3 je patrné, že v roce 2002 předpokládaný vývoj cen zemního plynu (nárůst ceny 1,6 % ročně) neodpovídá skutečnému vývoji. Podle různých prognóz lze očekávat rovnoměrné zvyšování cen plynu v ČR o 5 až 6 % ročně (5). Od roku 1996 do roku 2005 se cena plynu pro domácnosti zvýšila pětinasobně.

3. Příklad – pasivní dům v Hannover – Kronsberg

Modelovým příkladem, ve kterém byla provedena ekonomická analýza investic do zlepšení konstrukcí a stavebních prvků, jsou řadové pasivní domy v Hannover – Kronsberg, postavené v rámci evropského projektu CEPHEUS. Pro srovnání byl zvolen reprezentativní pasivní dům a fiktivní dům stejných rozměrů, který svými tepelně technickými vlastnostmi odpovídá německým předpisům z roku 1995.

3.1. Vícenáklady

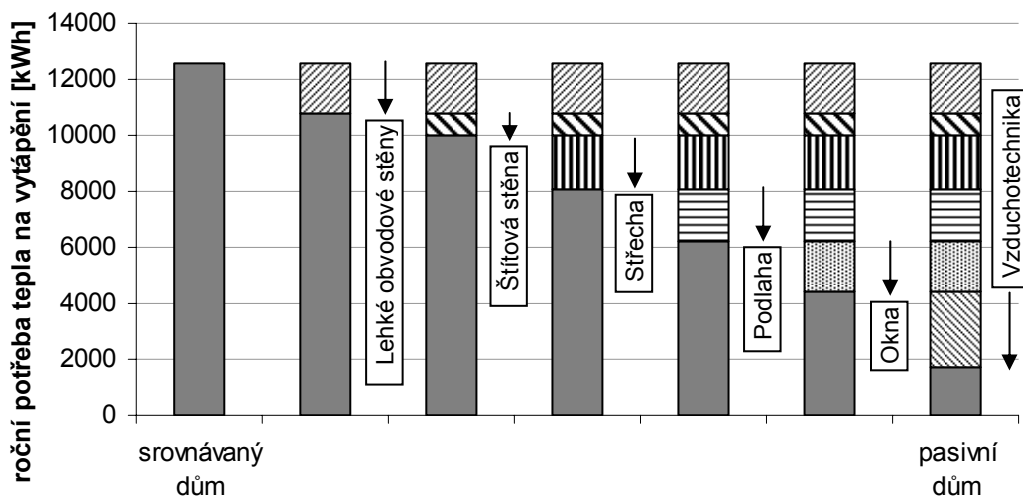
Pro dosažení standardu pasivního domu jsou relevantní tato zlepšení:

	Zlepšení	Vícenáklady [€/m ² konstrukce]	
Tepelná izolace lehkých obvodových zdí	+ 150 mm	17,90	8 %
Zlepšení tepelné izolace štítu (kontaktní zateplovací systém)	+ 180 mm	25,56	21 %
Zlepšení tepelné izolace střešní konstrukce	+ 180 mm	10,23	11 %
Zlepšení tepelné izolace podlahy nad terénem	+ 200 mm	15,34	18 %
Okna zasklená trojskly v tepelně izolačním rámu	původně $U_w = 1,9$, $U_g = 1,2$ nově $U_w = 0,83$	111,46	48 %
Instalace vzduchotechniky	původně bez vzduchotechniky	4601,63	
Teplovodní vytápění *	zjednodušené, pouze topný žebřík v koupelně, snížený potřebný výkon	903,58	
	původní náklady	-2828,27	
Test neprůvzdušnosti	původně bez testu	153,39	

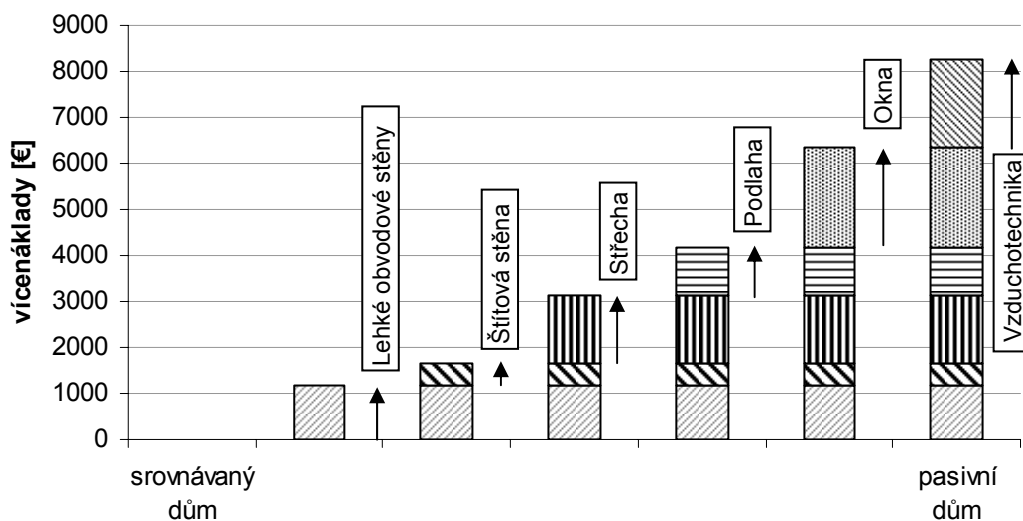
* Náklady na teplovodní vytápění ve srovnávaném domě byly teoreticky vyčísleny na 2828,27 EUR, náklady na teplovodní vytápění v pasivním domě byly díky sníženému potřebnému výkonu, výrazně zjednodušenými rozvody a snížením počtu těles sníženy na 903,58 EUR. Úspora na teplovodním vytápění byla 1924,69 EUR.



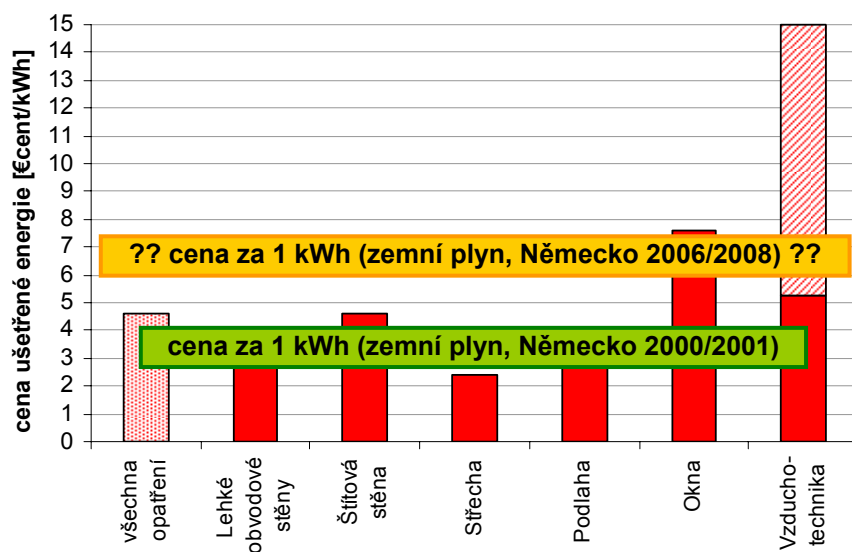
Obr. 4 Technická zlepšení a související vícenáklady



Obr. 5 Snížení potřeby energie na vytápění díky jednotlivým opatřením. Celkové snížení potřeby energie na vytápění je více než o 80 %, při vícenákladech 9,1 %.



Obr. 6 Dodatečné investice související s jednotlivými opatřeními



Obr. 7 Náklady na úsporu energie v porovnání se skutečnou cenou energie. Z grafu je zřejmé, že při ceně energie v Německu z roku 2001 (cca 0,04 €/kWh) je jednoznačně rentabilní investice do

lehké obvodové stěny, podlahy a střechy. Naproti tomu investice do oken není ekonomicky odůvodnitelná. Díky kvalitním oknům lze však podstatně zjednodušit rozvody topení, protože není nutno osazovat topná tělesa pod okna.

Ekonomické posouzení ukázalo, že rozhodující vícenáklady jsou způsobeny vysoce kvalitními okny a nuceným větráním. Oba produkty jsou neustále inovovány a lze předpokládat, že se jejich cena bude při zachování stejných vlastností snižovat. S rostoucím trhem a konkurencí lze rovněž očekávat zvyšování výroby a současné snižování cen těchto produktů.

4. Financování

Většina stavebníků používá pro financování stavby rodinného domu (resp. koupi bytu) hypotéku, stavební spoření, nebo jejich kombinaci. Jak ovlivní výši splátky těchto úvěrů vyšší počáteční půjčka (investice do úsporných opatření) a nižší provozní náklady?

Pro ilustraci budeme zvažovat tyto modelové případy:

Var.		Celkové investiční náklady [Kč]	Roční splátka [Kč/rok]	Náklady na vytápění* [Kč/rok]	Celkové roční náklady [Kč/rok]
0	„normově požadovaná“ novostavba	2 600 000 ***	208 631	15 539	224 170
1**	pasivní dům (vícenáklady 5 %)	2 730 000	219 062	4 636	223 698
2**	pasivní dům (vícenáklady 10 %)	2 860 000	229 494	4 636	234 130
3**	pasivní dům (vícenáklady 15 %)	2 990 000	239 925	4 636	244 561
4**	pasivní dům (vícenáklady 20 %)	3 120 000	250 357	4 636	254 993

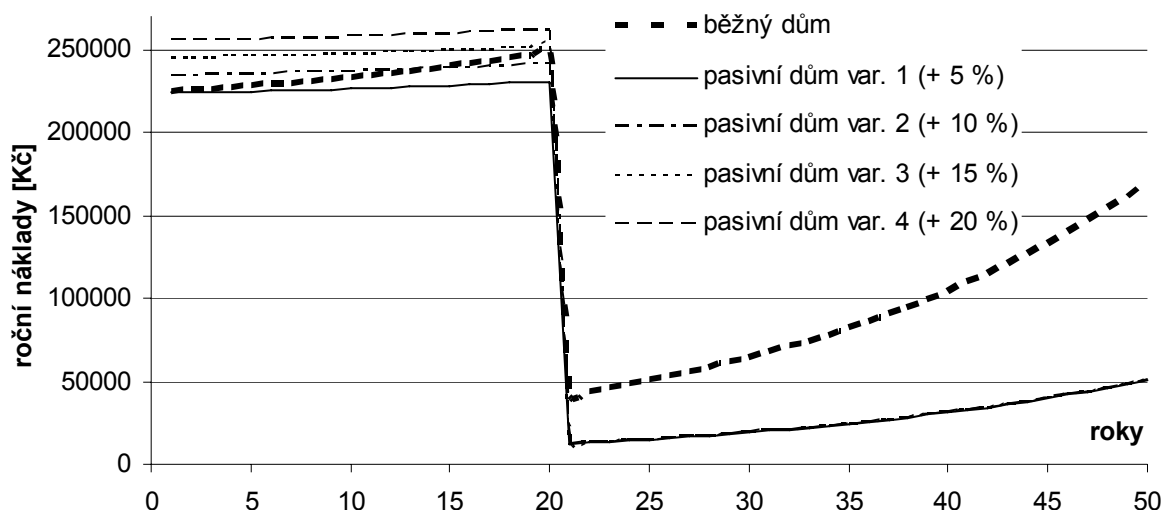
* Náklady na vytápění jsou stanoveny při použití zemního plynu jako paliva pro spotřebu 100 kWh/(m²a) pro variantu 0, 15 kWh/(m²a) pro ostatní varianty, při cenách z roku 2006, pro stavbu 120 m².

** Jedná se o stejný modelový dům (se stejnou spotřebou energie), pro který jsou uvažovány různé výše vícenákladů. Podle zkušenosti firmy Karon se vícenáklady pohybují v rozmezí 5-10 %.

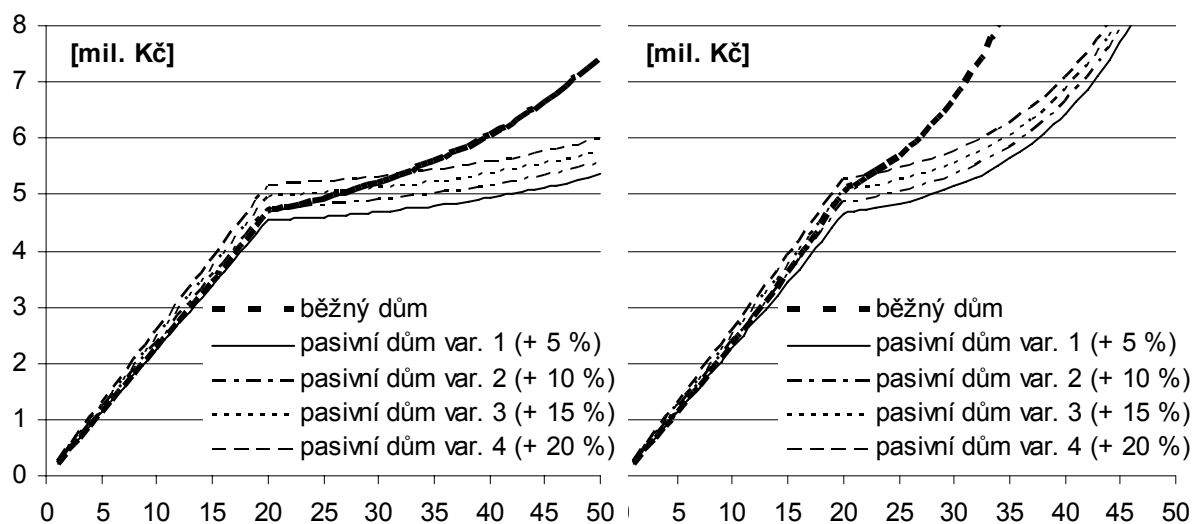
*** Cena vychází ze statistik ÚRS PRAHA, a.s. a zkušeností stavebních firem pro stavbu 120 m².

Pro stanovení ročních nákladů spojených se splátkou hypotéky a provozních nákladů na vytápění jsou stanoveny tyto výchozí podmínky:

- hypoteční úvěr ve výši 100 % investičních nákladů
- doba trvání hypotečního úvěru 20 let, úroková sazba 5 %
- růst ceny energie 5 % ročně (odpovídá prognózám viz (5))
- bez vlivu daňových úspor, bez dotací a jiné finanční podpory
- nezahrnutý neekonomické výhody – kvalitní bydlení, kvalitní stavba



Obr. 8 Srovnání výše ročních nákladů na provoz různých variant. Z grafu je zřejmé, že při stanovené rychlosti růstu energie je od počátku výhodnější pasivní dům s vícenáklady 5 %, na stejné úrovni jako běžný dům je v prvním roce splátek hypotéky pasivní dům s vícenáklady cca 7 %. Po uplynutí 20 let, kdy bude splacena hypotéka, budou roční náklady v pasivním domě výrazně nižší.



Obr. 9 Pro ilustraci velmi zjednodušené znázornění doby návratnosti. Vlevo v případě růstu cen energie o 5 % ročně – pasivní dům s vícenáklady 5 % je výhodný hned od začátku, pro PD dražší o 10 % je doba návratnosti zhruba 20 let. V případě růstu cen energie 10 % ročně už se doba návratnosti i pro nejdražší pasivní dům blíží 20 rokům.

5. Závěr

Je velmi obtížné posoudit rentabilitu pasivního domu v případě, že není možné odhadnout tempo růstu ceny energie v budoucnosti. Nelze proto jednoznačně určit dobu návratnosti vyšší investice do pasivního domu. Jisté ale je, že energie nebude zlevňovat. Stejně tak nelze jednoznačně říct, jak velké vícenáklady vzniknou. Studie ze zahraničí ukazují, že je možné postavit pasivní dům za stejnou cenu jako normální, ale je rovněž možné postavit dům výrazně dražší. Průměrně se uvádějí vícenáklady 5-10 %, což bylo prakticky prokázáno už v rámci projektu CEPHEUS na téměř

250 bytových jednotkách. Současná praxe ze zahraničí tento podíl rovněž potvrzuje. Při této výši lze vícenáklady financovat z úspor na vytápění. Vyšší náklady (do 15 %) se bezpečně zaplatí během prvních 25 let provozu domu (při ročním růstu cen energie o 5 %), s rostoucí cenou energie se tato doba výrazně zkracuje.

Nové bydlení si – s pomocí hypotéky – většinou pořizují lidé v produktivním věku, protože mohou tuto hypotéku během příštích dvaceti let splácet. V okamžiku ukončení splátek pak plně pocítí výhody nižších nákladů na provoz svého bydlení. Tyto výhody se ještě výrazněji projeví v době, kdy se jejich příjmy sníží odchodem do důchodu. Vyšší investici do úsporných opatření lze tedy chápat jako formu důchodového připojištění.

6. Literatura

- (1) BROŽ, K. *Vývoj cen paliv, elektrické energie a tepla* [online]. Citováno dne 20. 9. 2006. URL: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3208&h=3>>
- (2) *Nákladově efektivní ochrana klimatu ve stavebním fondu nových členských zemí EU*. Kolín nad Rýnem, Německo – ECOFYS. 81 s.
- (3) PASSIVHAUS INSTITUT. *Klimaneutrale Passivhaus-Reihenhausssiedlung Hannover - Kronsberg*. Darmstadt – Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, 2001, 132 s.
- (4) PASSIVHAUS INSTITUT. *Wirtschaftlichkeit von Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäudebestand 2005*. Darmstadt – Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, 2005, 80 s.
- (5) VALACH, J. a kolektiv. *Finanční řízení podniku*. 1. vyd. Praha – Ekopress, s.r.o. 1997, 247 s. ISBN 80-901991-6-X.

Innovative Architektur mit dem Passivhaus

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt und Stadtplaner BDA

RONGEN ARCHITEKTEN, Propsteigasse 2, D - 41849 Wassenberg

Tel: +49 (0) 2432 3094, Fax: +49 (0) 2432 4304, e-mail: info@rongen-architekten.de

1. Das Passivhaus und seine Architektur

Immer wieder stellen uns BauherrInnen, die ein Einfamilienhaus bauen wollen, die Frage:

***„Kann ein Passivhaus auch aussehen wie ein normales Haus?
Kann ich eine individuelle Architektur realisieren?“***

Selbstverständlich! Ein Passivhaus kann auch in vielfältiger, innovativer und durchaus auch „architekturpreiswürdiger Gestaltsprache“ realisiert werden.

Leider eilt dem Passivhaus immer noch – und dies häufig sogar bei Architekten – der Ruf voraus, dass bei diesem Baustandard aufgrund der enormen Wärmedämmstärken der Außenhülle (Wände und Dach) nur unförmige Baukörper entstehen können. Noch immer glauben neben den Laien auch allzu viele Architekten, dass im Passivhausstandard eine gut gegliederte, leichte, entmaterialisierte Architektur, wie sie dem heutigen Zeitgeist entspricht, kaum möglich ist.

Mit den nachfolgenden Beispielen wollen wir das Gegenteil beweisen. Bei diesen Beispielen sind unterschiedlichste Baukörper und variantenreiche Fassaden entstanden. Und alle sind im Passivhausstandard realisiert worden!

2. Beispiele

2.1. Passivhaus-Siedlung

Die 6 Doppelhaushälften im Orsbecker Feld sehen mit Satteldach und Verklinkerung aus wie ganz normale Häuser. Verklinkerte Häuser im Passivhausstandard sind bisher eher eine Seltenheit. Bislang waren es entweder Holzkonstruktionen oder Putzbauten.

Das Problem bei der verlinkerten Bauweise liegt darin, dass nach DIN 1053 der Abstand zwischen dem tragenden Hintermauerwerk und der Verblendschale insgesamt 15 cm nicht überschreiten darf. Die für ein Passivhaus erforderlichen hohen Wärmedämmwerte werden i.d.R. aber erst bei Außenwänden mit Dämmstärken von 25 cm und mehr erreicht. Hierfür reichen 15 cm Platz zwischen den Mauerwerksschalen logischerweise nicht aus.

Es bedurfte eines intelligenten Gesamtkonzeptes vom Vorentwurf bis zur ausführungsfähigen Werkplanung, um den textlichen Festsetzungen des Bebauungsplanes (Fassaden überwiegend verklinkert) zu entsprechen und damit die Passivhäuser überhaupt realisieren zu können.



Abb. 1 Ansichten Passivhaus-Siedlung Orsbecker Feld

In allen Häusern dienen Pelletöfen (Restheizung) zusätzlich zur Solaranlage der Warmwasserbereitung. Dies hat sich nicht immer als günstig erwiesen, da an bedeckten Tagen die Solarstrahlung nicht immer zur vollständigen Warmwasserversorgung ausreicht. Bei einem 4-Personen-Haushalt ist der Schichtenspeicher schnell leer und jetzt müsste – und zwar auch im Sommer – zur Warmwassererzeugung der Pelletofen in Betrieb genommen werden. Als Kompromiss wurden in den Warmwasser-Schichtenspeichern elektrische Heizstäbe nachgerüstet. Diese erwärmen nun bei Bedarf das notwendige Wasser mit Hilfe von elektrischer Energie (ökologisch kontraproduktiv!).

Es wäre sinnvoller das Warmwasser grundsätzlich unabhängig vom Pelletofen zu erzeugen. Dies ist z.B. mit Hilfe einer Wärmepumpe oder eines gasbetriebenen Durchlauferhitzers möglich. Andere positive Einflussmöglichkeiten sind: Eine größere Kollektorfläche und/oder bessere Ausrichtung der Kollektoren (war hier leider nicht bei jedem Haus möglich).

2.2. Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung

Die Wohnung der jungen Familie erstreckt sich über einen Teil des Erdgeschosses und das Obergeschoss. Die Einliegerwohnung für die betagten Eltern, die in ihrer neuen Wohnung keine Höhenunterschiede (Treppen) mehr überwinden wollten, ist ausschließlich im Erdgeschoss untergebracht. Der Weg zu den Kindern ist sehr kurz; trotzdem ist auch ausreichend Rückzugsmöglichkeit – durch den gegliederten Baukörper bedingt selbst im Außenbereich – gegeben.



Abb. 2 Ansichten | Grundrisse EG + OG Einfamilienwohnhaus mit Einliegerwohnung

Wesentlich war die Konstruktion der Außenwände, die aus massiven, speicherfähigen Porenbetonwänden mit zusätzlicher Wärmedämmung bestehen. Der eine Teil des Hauses auf der Nordseite wurde mit grau lasierten, unbehandelten Lärchenholzleisten verschalt. Diese sind absolut wartungsfrei und stehen einer Putz- oder Steinfassade in ihrer Lebensdauer um nichts nach. Die Fensteröffnungen sind hier klein – auf das notwendige Maß reduziert. Denn hier liegen die Nebennutzungen wie Flur, WC und Abstellräume. Im größer dimensionierten Hauptbaukörper befinden

sich die Wohn- und Schlafräume. Dieser Gebäudeteil öffnet sich durch große Fensteröffnungen nach Süden zum Garten der Familie. Die Hauptaufenthaltsräume werden so großzügig belichtet, durch die Außenatmosphäre mitgestaltet und durch die ‚Innen-Freiraumvernetzung‘ optisch vergrößert.

Der größere Baukörper strahlt mit seiner roten Putzfassade eine behagliche Atmosphäre aus. In Kombination mit der Holzverschalung des anderen Baukörpers erhält der Gesamtbau eine ausgewogene, harmonische Gliederung. Die Vorbauten – mittig auf beiden Längsseiten – markieren nordseitig den Eingang, auf der Südseite setzt der Balkon über dem Wohnbereich Akzente.

Der Restwärmebedarf für das Passivhaus wird über einen Stückholzofen bereitgestellt. Die so erzeugte, notwendige Wärme wird durch die Wohnungs-lüftungsanlage auf die verschiedenen Räume verteilt. Dies hat sich als etwas nachteilig herausgestellt, da aufgrund der Größe des Wohnhauses einige Räume im Lüftungssystem relativ weit vom Aufstellungsraum des Ofens entfernt liegen. Die erwärmte Luft kühlt innerhalb der Rohre des Lüftungssystems ab. Somit liegen die Temperaturen in den am weitesten entfernt liegenden Räumen zum Teil 2-3 °C unter der im Aufstellungsraum. Diese Temperaturunterschiede könnten zum Beispiel durch kleine, elektrische Luftherhitzer in den Lufteinströmöffnungen der weiter entfernt liegenden Räume behoben werden.

2.3. *Moderner Putzbau*

Die äußere Gestaltung des Hauses und auch die Erschließung reagieren sowohl auf die jeweiligen Situationen des Grundstücks als auch auf den Sonnenstand.



Abb. 3 Ansichten | Grundrisse EG + OG Einfamilienhaus mit Putzfassade

Nord- und Ostseite - die Ostseite ist auch die Eingangseite - wirken eher introvertiert geschlossen. Es gibt nur wenige, kleinere Fensteröffnungen. Über einen vorgeschalteten kleinen Hofbereich erreicht der Besucher den eigentlichen Eingang, geschützt und privat. Auf der Süd- und Westseite lassen großflächige Glaselemente die Sonnenstrahlen in die Wohnräume. Dadurch sind sie – auch im Winter – bis zum Sonnenuntergang lichtdurchflutet und bieten den Bewohnern großzügige Blickbeziehungen auf das attraktive Grundstück mit seinen natürlichen Reizen. Der Außenraum kann so die Atmosphäre im Inneren des Hauses mitbestimmen. Auch im Obergeschoss sind die Aufenthaltsräume – einschließlich des Bades – nach Süden bzw. nach Westen orientiert.

Den Kinderzimmern vorgeschaltet ist eine großzügige Dachterrasse, die die aufgehende Sonne im Osten genauso einfängt, wie die untergehende Sonne im Westen. Von hier aus können die Bewohner die sie umgebende Natur genießen.

Die Bauherren entschieden sich für eine eigene Solarkollektoranlage mit einem angeschlossenen 750 Liter Speichertank zur Erwärmung des Warmwassers und zur Heizungsunterstützung.

Die Restheizung wird über einen Stückholzofen bereitgestellt und mit Hilfe der Wohnungslüftungsanlage auf die verschiedenen Räume verteilt. Aus gestalterischen Gründen wollten die Bauherren die Lüftungsleitungen der Lüftungsanlage sichtbar unter der Decke führen. Die Lüftungsrohre sind nicht gedämmt, sodass die warme Luft auf der Strecke in die einzelnen Räume etwas abkühlt. Diese Wärmeverluste hätten vermieden werden können, wenn man doppelwandige, gedämmte Rohre als Lüftungsrohre verwendet hätte (Kosten!). Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass man um geringst mögliche Wärmeverluste zu erhalten, die Lüftungsrohre am besten versteckt führt – egal ob im Boden oder unter der Decke. So kann man die Rohre einfach dämmen und die Wärme bleibt weitestgehend erhalten.

2.4. Vollverklinkertes Einfamilienhaus

Dieses Passivhaus ist ein repräsentatives Einfamilienhaus für die ‚Kinder-sind-aus-dem-Haus‘-Generation. Dem eigentlichen Haupthaus ist straßenseitig ein abschirmender, eingeschossiger Flachdachbaukörper vorgelagert, der dienende Nutzungen aufnimmt. Demgegenüber öffnet sich das Haus zur südwestlich orientierten Gartenseite fast vollständig.

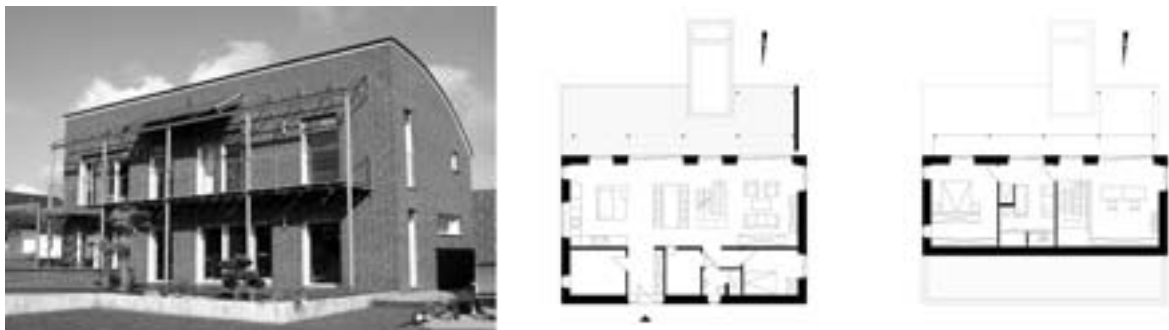


Abb. 4 Ansicht | Grundrisse EG + DG vollverklinkertes Einfamilienhaus

Auf der Gartenseite ist dem dort zweigeschossigen Baukörper über die gesamte Breite eine leichte Stahlkonstruktion vorgestellt, die sowohl als Sonnenschutz wie auch als Balkon dient und zusätzlich Solarkollektoren bzw. die PV-Anlage aufnimmt.

Die äußere Form des Hauses wird von den Materialien geprägt: Auf der Vorderseite rot-blau-bunter Ziegelstein der Außenwände und anthrazitfarbene Dacheindeckung des sehr charakteristischen, einem Kreesegmentbogen folgenden Pultdaches. Auf der Rückseite dominieren die Glasflächen der Fensteranlagen und die filigranen, eisenglimmergrauen Stahlprofile der vorgestellten Balkonkonstruktion.

2.5. *Passivhaus am Steilhang*

Das Grundstück für den Bau des Einfamilienwohnhauses liegt an einem Steilhang - eine Basis (kein Problem!) die den Entwurf von Beginn an sehr reizvoll machte. Die Bauherren waren offen für eine moderne lichtdurchflutete Architektur.

So öffnet sich das Haus uneingeschränkt nach Süden und eröffnet einen herrlichen Ausblick in die freie Natur. Der Entwurf nimmt Rücksicht auf die vorhandene Steigung des Geländes: die Wohnebenen sind der Topographie angepasst. Nach Norden zeigt sich das Haus eher ‚geschlossen‘ und damit im Gegensatz zur Südseite introvertiert.



Abb. 5 Ansichten außen | innen Einfamilienhaus am Steilhang

Das Untergeschoss ist massiv; die tragenden Stahlbetonwände sind mit einer Klinkerfassade verblendet worden. In den darüber liegenden Geschossen ist das Haus in einer Kombination aus Stahl und Holz gebaut. Eine Stahlrahmenkonstruktion wurde auf die Betonwände des Untergeschosses aufgesetzt und mit einer grau lasierten Lärchenholzverschalung versehen.

Der Bauherr wollte von Beginn an sein Haus in Eigenleistung bauen und dies ist ihm mit Hilfe detaillierter Ausführungspläne auch gelungen. Das Ergebnis ist – insbesondere im Hinblick auf die Ausführungsqualität – einzigartig.

Durch offene, im ‚Split-Level‘ gegeneinander versetzte Grundrisse über alle Geschosse des Hauses hinweg, kann die warme Luft ungehindert nach oben steigen (Thermik). Zum Teil wurden auf der obersten Ebene Temperaturen von 2-4 °C über denen der untersten Ebene gemessen. Für die Bewohner bedeutet dies, dass sie die oberen Räume hin und wieder als zu warm, die unteren dagegen als zu kalt empfunden haben. Dieses Problem konnte mittlerweile behoben werden: der zusätzliche Einbau einer ‚Wandflächenheizung‘ (Heizkörper auf einer Wand) im untersten Raum hat zu einer wesentlichen Verbesserung der Thermik und des Temperatenausgleiches geführt. Die Bauherren wollen trotz der anfänglichen Temperaturunterschiede auf den unterschiedlichen Geschossebenen in keinem Fall auf den offenen, gestalterisch hochwertigen Grundriss verzichten.

2.6. *Stadtvilla in vorgefertigter Holztafelbauweise*

Die moderne, 400 qm große Stadtvilla ist ein klar definierter, kubischer Baukörper - ohne unnötige Attribute. Der 2-geschossige Hauptbaukörper ist durch eine Glasfuge vom vorgelagerten Eingangsbaukörper getrennt.

Durch die vollflächige, über zwei Geschosse reichende Verglasung auf der Garten- seite – der Südseite - wird der dahinterliegende Wohnbereich zu einer offenen, licht- durchfluteten Wohnhalle. Die klaren Formen und die verwendeten Materialien auch im Gebäudeinneren unterstützen die Gestaltsprache des Gesamtobjekts.



Abb. 6 Ansichten Stadtvilla in Holztafelbauweise

Das Haus wurde als Holzständerkonstruktion komplett vorgefertigt, wodurch die reine Bauzeit auf ein Minimum reduziert werden konnte. Die Passivhaus-Villa mit einer Wohnfläche von mehr als 400 qm und einer Energiekennzahl von 11,8 kommt mit äußerst wenig Heizenergie aus. Das Haus verbraucht nur etwa 472 Liter Heizöl im Jahr! Die komplette Warmwasserbereitung erfolgt über eine Solaranlage. Zusätzlich wurde noch eine 5kWp-Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung installiert.

Der großzügige, zentral gelegene Wohnraum erstreckt sich über 2 Geschosse. Man könnte vermuten, dass es hier – wie in dem oben beschriebenen Passivhaus am Steilhang – zu thermischen Problemen und Temperaturunterschieden kommt. Dies ist allerdings nicht der Fall. Durch die vollflächige Verglasung auf der Südseite des Hauses können sehr große solare Gewinne erzielt werden. Die Luft im Wohnraum wird stark durchmischt. Die Bauherren sind sehr zufrieden.

Interessant ist auch, dass dieses Haus den stringenten Festsetzungen des Bebauungsplans: ‚Eingeschossig und Satteldach‘ aufgrund eines intelligenten Entwurfskonzeptes voll entspricht!

2.7. Großzügiges Einfamilienhaus mit Flachdach

Dieses 2-geschossige Einfamilien-Passivhaus befindet sich zurzeit in der Planungsphase. Der Neubau soll im kommenden Jahr erstellt werden.

Das Haus ist klar in zwei Baukörper gegliedert: der verlinkerte Hauptbaukörper und der holzverschalte aufgesetzte „Riegel“, in dem die Rückzugsbereiche für die Bauherren liegen (Bad und Schlafzimmer). Auffällig bei dem Gebäude ist der äußerst großzügige offene Wohnbereich im Erdgeschoss, der sich nach Süden – zum Garten und der Landschaft – hin orientiert. Die Landschaft kann so das Leben im Haus mitgestalten.



Abb. 7 Ansichten Einfamilienhaus mit Flachdach

Beide Baukörper schließen nach oben mit einem Flachdach ab – ein Element, das sehr wichtig für die Klarheit und die Formensprache des Gebäudes ist.

Die Flachdächer waren jedoch nicht unproblematisch, da sich das Baugrundstück in einer dörflichen gewachsenen Umgebung befindet und sich der Baukörper – nach Planungsrecht (§34 BauGB) - in den „Charakter“ der näheren Umgebung einfügen muß. Die umgebenden Häuser haben ausnahmslos Satteldächer, sodaß die Baugenehmigungsbehörde der Planung zunächst nicht zustimmen wollte.

Nach einigen Gesprächen und Verhandlungen mit den Entscheidungsträgern der zuständigen Behörden, ist es nun doch gelungen, für die Planung mit Flachdach eine Baugenehmigung zu erhalten.

Es ist wichtig, in Zusammenarbeit zwischen Bauherren und Architekten auch neue moderne Konzepte zu entwickeln und sich für deren Realisierung einzusetzen. Nur so kann neue moderne Architektur entstehen. Insbesondere die Baugenehmigungsbehörden müssen umdenken, denn wenn sich alles „Neue“ zu 100% in die historisch gewachsenen Wohngebiete einfügen muss, kann sich keine neue Architektursprache entwickeln und wir werden morgen noch bauen wie gestern; dies gilt insbesondere auch für das zukunftsweisende, insbesondere das hochenergieeffiziente Bauen.

3. Schlussfolgerung

Ein Passivhaus sollte nicht nur im Bezug auf Energieeinsparung, Luftqualität und Wohnhygiene innovativ und zukunftsweisend sein. Es kann nur sinnvoll sein, ein technisch modernes, hoch innovatives Bauwerk auch in einer modernen, zeitgemäßen Architektursprache zu realisieren. Auch für ein Passivhaus muss gelten:

HÖCHSTE GESTALTQUALITÄT!

Nur so lassen sich Bauherren mit einem hohen gestalterischen Anspruch davon überzeugen, sich auch mit dem Thema "Passivhaus" auseinander zu setzen.

4. Projektvorstellung Nicht-Wohngebäude

4.1. Caritas-Haus Neuwerk, Mönchengladbach-Neuwerk

Seit Juli 2003 ist das Caritas-Haus Neuwerk mit seinen insgesamt 80 Plätzen nun schon bewohnt. Es ist das erste Altenpflegezentrum, das in Europa im Passivhausstandard gebaut worden ist. Ein modernes Wohngruppenkonzept wird hier mit fortschrittlicher Umwelttechnik verbunden.

Das Caritas-Haus Neuwerk als Passivhaus spart heute tatsächlich 17.431 Euro pro Jahr an laufenden Kosten gegenüber einer Ausführung im Niedrigenergiehausstandard. Berücksichtigt sind hierin auch schon die Finanzierungskosten (Zinsen/Tilgung) für die investiven Mehrkosten. Gerade Altenpflegeheime eignen sich wegen ihrer Kompaktheit und hohen Belegungsdichte besonders gut zur Realisierung als Passivhaus.

4.2. Fachärzteezentrum an den Städtischen Kliniken in Mönchengladbach-Rheydt

Die bestehenden 17.200 m³ ungenutztes Bauvolumen des schon seit Jahren leerstehenden Hochhauses an den Städtischen Kliniken in Mönchengladbach sollen energetisch optimiert in ein lebendiges Gebäude mit 10-15 Arzt- und Therapiepraxen umgewandelt werden.

Bezogen auf die beabsichtigte energetische Ertüchtigung des Gebäudes bis hin zum Passivhausstandard wird eine Reihe von technologischen Aufgaben zu bewältigen sein, die über die bekannten Problemstellungen eines Neubaus hinausgehen.

Der Gebäudebestand liefert sowohl aus seiner Struktur heraus (hohe Kompaktheit + gute Ausrichtung zur Sonne) als auch durch die zu erwartende Personenbelegung günstige Voraussetzungen für die geplante Reduzierung des Energieverbrauchs.

Es ist geplant, die Balkone im Sinne einer ‚Glas-Doppelfassade‘ in eine thermische Pufferzone einzubeziehen, um die Wärmebrückenwirkung beherrschbar zu machen.



Abb. 8 Caritas-Haus Neuwerk, Mönchengladbach | Fachärzteezentrum, Mönchengladbach

4.3. Clubhaus Leshan, V. R. China

Das Clubhaus Leshan liegt am Knotenpunkt zweier Verkehrsadern. Im Osten wird es von dem Fußgängerboulevard flankiert und im Norden durch die Avenue mit Einkaufsmeile. Trotz seiner geringen Höhe behauptet sich das Gebäude durch seine Baukörperperform gegenüber der umliegenden Bebauung. Der expressive Baukörper zeigt sich zu den Hauptverkehrsmeilen geschlossen und selbstbewusst. Nach Süden, auf der Rückseite, öffnet sich der Baukörper zur anschließenden Wohnbebauung und schließt mit einer Fußgängerpromenade an den geplanten Grüngürtel des Wohngebietes an.

Die Kompaktheit des Gebäudes, die geschlossene Gestaltung zur sonnenabgewandten Seite und das Öffnen mit Glasfassaden zur sonnenzugewandten Seite sowie die Solargewinne durch Photovoltaik auf dem Dach sind die Grundkonzeption für das erste Passivhaus in der V.R. China.

4.4. *Haus des Handwerks, Geilenkirchen (Realisierungswettbewerb 1.Preis)*

Die Grundform des geplanten Dienstleistungs- und Verwaltungsgebäudes der Kreishandwerkerschaft ist durch seine Längenausdehnung geprägt. In unmittelbarer Nähe zur Strasse kann das Gebäude über die gesamte Länge auf sich aufmerksam machen.

Typologisch handelt es sich um einen Zweibund: Der schmalere Bereich mit den dienenden Räumen für die breitere Bürozone, die den der freien Landschaft zugewandten Bereich des Zweibundes ausmacht. Der Veranstaltungssaal ist als eigenständiger Baukörper in der Konstruktion freigestellt und so in seiner Wertigkeit deutlich hervorgehoben.

Das Energiekonzept als wesentlicher Bestandteil der Gebäudeplanung unterstreicht den Anspruch, das Haus des Handwerks soll „heute dem Stand von morgen“ entsprechen. Denn bei der Ausführung im Passivhausstandard kommen modernste Technologien der Haustechnik zur Anwendung: Blockheizkraftwerk und kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Eine deutliche Energieeinsparung und eine Verbesserung der Luftqualität des Verwaltungsgebäudes sind die äußerst sinnvollen Vorteile dieser Bauweise.

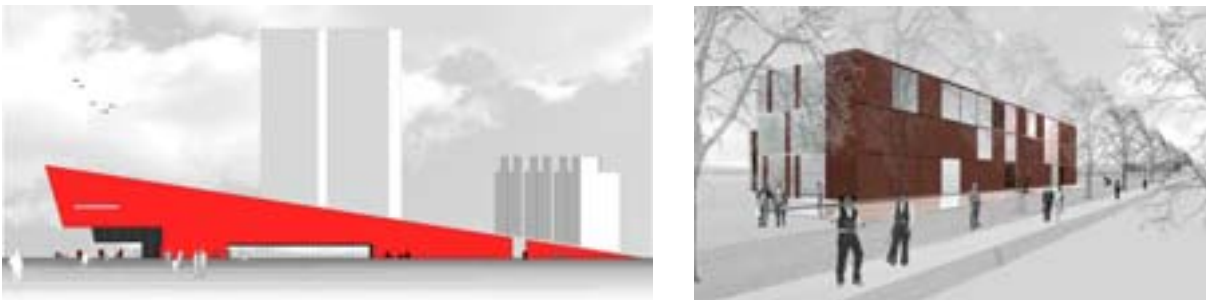


Abb. 9 Clubhaus Leshan, V.R. China | Haus des Handwerks, Geilenkirchen

Inovativní architektura a pasivní dům

překlad

1. Pasivní dům a jeho architektura

Investoři, kteří chtějí stavět rodinný dům, nám neustále kladou otázku:

„Může pasivní dům také vypadat jako normální dům?

Mohu realizovat individuální architekturu?“

Samozřejmě! Pasivní dům může také být realizován různorodými a inovovanými architektonickými výrazovými prostředky, které mohou s naprostým klidem aspirovat na cenu za architekturu.

Bohužel pasivnímu domu stále ještě předchází pověst, a to často dokonce i u architektů, že v tomto standardu stavební konstrukce mohou z důvodu enormních tloušťek tepelně izolačního vnějšího pláště (stěny a střecha) vznikat jen neforemné stavební objekty. Vedle laiků věří stále ještě také příliš mnoho architektů, že ve standardu pasivního domu lze jen stěží realizovat dobře členěnou, lehkou, dematerializovanou architekturu, která bude odpovídat duchu doby.

Následujícími příklady chceme dokázat opak. V těchto příkladech prezentujeme nejruznější stavební objekty a fasády v nejruznějších variantách. A všechny byly realizovány ve standardu pasivního domu!

2. Příklady

2.1. Sídliště tvořené pasivními domy

6 polovin dvojdomů v městské části Orsbecker Feld bylo postaveno se sedlovou střechou a klinkerovým obložením a vypadají jako naprosto běžné domy. Domy s klinkerovým obložením představovaly ve standardu pasivního domu doposud spíše výjimku. Dosud to bývaly buďto dřevěné konstrukce nebo omítnuté stavby.

Problém u konstrukcí s obložením klinkery spočívá v tom, že podle DIN 1053 nesmí celková vzdálenost mezi nosným zdivem pod obkladem a obkladovou (lícovou) vrstvou překročit 15 cm. Vysokých hodnot tepelné izolace potřebných pro pasivní dům však bývá zpravidla dosahováno až při vnějších stěnách o tloušťce izolace 25 cm a více. Logicky tedy pro tento účel 15 cm místa mezi vrstvami zdiva nestačí.

Bylo zapotřebí vypracovat promyšlenou celkovou koncepci od předběžného návrhu až po projekt díla ve stádiu proveditelnosti, aby bylo možno vyhovět ustanovením územního plánu obce (převážně fasády s obložením klinkery), a aby tudíž bylo vůbec možno pasivní dům realizovat.

[Fotografie]

Obr. 1 Pohledy pasivní dům v sídlišti Orsbecker Feld

Ve všech domech slouží k vytápění kamna na pelety jako dodatečné topení k solárnímu zařízení pro přípravu teplé užitkové vody. To se ne vždy prokázalo jako

výhodné, protože ve dnech, kdy je zataženo, nepostačuje vždy sluneční záření k plnému pokrytí potřeby teplé vody. U čtyřčlenné domácnosti se solární zásobník vody (horká vrstva vody je vedena na povrch) rychle vyprázdí a v tomto okamžiku by se musela – a to také v létě – uvést do provozu pro přípravu teplé užitkové vody kamna na peletky. Jako kompromis byly tyto solární zásobníky na přípravu teplé užitkové vody dovybaveny elektrickými topnými tyčemi, které v případě potřeby ohřejí nutné množství vody elektrickou energií (ekologicky kontraproduktivní!).

Bylo by rozumnější připravovat teplou užitkovou vodu zásadně nezávisle na kamnech na peletky. To je například možné pomocí tepelného čerpadla nebo plynového průtokového ohříváče. Dalšími pozitivními možnostmi ovlivnění by bylo: větší plocha kolektorů a / nebo lepší nasměrování kolektorů, což v tomto případě bohužel nebylo možné u všech domů.

2.2. Rodinný dům s vloženým bytem

Byt mladé rodiny se rozprostírá v části přízemí a v horním podlaží. Vložený byt pro starší rodiče, kteří ve svém novém bytě již nechtěli překonávat výškové rozdíly (schody), je umístěn pouze v přízemí. Cesta k dětem je velmi krátká, přesto mají také dostatečnou možnost uchýlit se do soukromí, a to i v prostorech mimo dům, díky členitému stavebnímu objektu.

[Fotografie, grafika]

Obr. 2 Pohledy | půdorysy přízemí, nadzemního podlaží rodinného obytného domu s vloženým bytem

Zásadní byla konstrukce vnějšího pláště, který je tvořen masivními, pórobetonovými stěnami s akumulací schopností a dodatečnou tepelnou izolací. Jedna část domu na severní straně byla obložena na šedo lazurovanými, neošetřenými lištami z modřínového dřeva. Tyto lišty jsou zcela bezúdržbové a ve své životnosti nikterak nezaostávají za omítnutou nebo kamennou fasádou. Okenní otvory jsou zde malé – byly omezeny na nutnou míru, protože zde se nacházejí vedlejší prostory jako chodba, WC a úložné prostory. Ve velkoryse dimenzovaném hlavním stavebním objektu se nacházejí obytné místnosti a ložnice. Tato část budovy se otevírá velkými okenními otvory směrem k jihu do zahrady rodiny. Hlavní obytné místnosti jsou tak velkoryse osvětleny, jejich architektonické řešení je ovlivňováno vnější atmosférou a díky spojení vnitřního a vnějšího prostoru se opticky zvětšují.

Větší stavební objekt vyzařuje svou červeně omítnutou fasádou útulnou atmosféru. V kombinaci s dřevěným obložením druhého stavebního objektu nabývá celá stavba vyváženého a harmonického členění. Střední rizality na obou podélných stranách označují na severní straně vchod, severní strana je akcentována balkónem nad obytnou částí.

Zbytková potřeba tepla pasivního domu je pokryta kamny na kusové dřevo. Takto vyrobené teplo je do různých místností rozdělováno ventilačním zařízením. Toto řešení se ukázalo jako poněkud nevýhodné, protože vzhledem k velikosti obytného domu je několik místností ve ventilačním systému relativně daleko od místa, kde jsou

kamna postavena. Ohřátý vzduch se v trubkách ventilačního systému ochladí. Z tohoto důvodu jsou teploty v nejvíce vzdálených místnostech o 2 - 3 °C nižší než v místnosti, kde se kamna nacházejí. Tyto teplotní rozdíly by se mohly odstranit například malým elektrickým ohříváčem vzduchu v otvorech, jimiž proudí vzduch do nejvíce vzdálených místností.

2.3. Moderní omítnutá stavba

Vnější architektonické řešení domu a také technická příprava území pro výstavbu reagují jak na stav pozemku, tak také na polohu vůči slunci.

[Fotografie, grafika]

Obr. 3 Pohledy | půdorysy přízemí, nadzemního podlaží rodinného obytného domu s omítnutou fasádou

Severní a východní strana – východní strana je také vstupní stranou – působí spíše introvertně a uzavřeně. Menších okenních otvorů je jen málo. Přes představený malý prostor dvora se návštěvník dostává k vlastnímu vstupu, který je chráněný a soukromý. Na jižní a západní straně umožňují velkoplošné skleněné prvky, aby do obytných prostor vstupovaly sluneční paprsky. Takto jsou – i v zimě – až do západu slunce prostoupeny světlem a poskytují obyvatelům velkorysou vyhlídku na atraktivní pozemek s jeho přirozeným půvabem. Vnější prostor tak může spoluutvářet atmosféru uvnitř domu. Také v horním podlaží jsou obytné prostory – včetně koupelny – orientovány na jih, případně na západ.

Dětské pokoje mají představenou velkorysou střešní terasu, která je zachycuje jak vycházejícím slunce na východě, tak zapadajícím slunce na západě. I odsud se mohou obyvatelé těšit výhledem na okolní přírodu.

Investor se rozhodl pro vlastní solární kolektory s připojeným zásobníkem o objemu 750 l pro ohřev teplé vody a pro podporu vytápění.

Pro další vytápění se používají kamna na kusové dřevo, jejichž teplo do jednotlivých místností rozvádí ventilace bytu. Součástí architektonického řešení bylo viditelné vedení ventilačních potrubí pod stropem, které není izolováno, takže se teplý vzduch na cestě do jednotlivých místností poněkud ochlazuje. Těmto tepelným ztrátám bylo možno zabránit použitím dvoustěnných izolovaných trubek jako ventilačního potrubí (náklady!). Naše zkušenost ukázala, že chceme-li minimalizovat tepelné ztráty, musíme ventilační potrubí vést skrytě – ať už v podlaze nebo pod stropem. Takto lze trubky jednoduše izolovat a teplo zůstane do značné míry zachováno.

2.4. Rodinný dům plně obložený klinkery

Tento pasivní dům je reprezentativní rodinný dům pro generaci rodičů, jejichž děti již opustily z rodinné hnízdo. Vlastní hlavní části domu předchází na straně ulice zastihující jednopodlažní stavební objekt s plochou střechou, ve kterém se nacházejí obslužné prostory. Naproti tomu se dům téměř zcela otevírá do zahrady orientované na jihozápad.

[Fotografie, grafika]

Obr. 4 Pohledy | půdorysy přízemí, podstřeší rodinný obytný dům kompletně obložený klinkery

Na zahradní straně je před stavebním objektem, v tomto místě dvoupodlažním, přes celou šířku předložena lehká ocelová konstrukce, která slouží jako sluneční ochrana, ale také jako balkon a navíc jsou na ní uloženy solární kolektory, případně fotovoltaické zařízení.

Vnější tvar domu je charakterizován materiály: na přední straně pestrý obklad vnější stěny červenými a modrými cihlami a antracitovým střešním krytem velmi charakteristické pultové střechy následující oblouk kruhového segmentu. Na zadní straně dominují skleněné plochy oken a filigránské ocelové profily v barvě šedé železné slídy předložené konstrukce balkonu.

2.5. Pasivní dům v strmém svahu

Pozemek pro stavbu rodinného obytného domu leží v strmém svahu – základna, nikoliv problém, která návrh stavby od samého počátku učinila velmi lákavým. Investor byl otevřený pro moderní architekturu prostoupenou světlem.

Proto se dům bez omezení otevírá na jih nádhernou vyhlídkou do volné přírody. Návrh bere ohled na stávající stoupání pozemku: úrovně bydlení byly přizpůsobeny topografii místa. Směrem na sever se dům jeví jako spíše ‚uzavřený‘, a tudíž na rozdíl od jižní strany introvertní.

[Fotografie]

Obr. 5 Pohledy vnitřních prostor | vnějšku rodinného domu ve strmém svahu

Spodní podlaží je masivní; fasáda nosných železobetonových stěn je obložena klinkery. Ve výše položených podlažích je dům postaven v kombinaci oceli a dřeva. Konstrukce tvořená ocelovým rámem byla nasazena na betonové stěny spodního podlaží a opatřena na šedo lazurovým obložením modřínovým dřevem.

Investor chtěl od samého počátku stavět svůj dům svépomocí a to se mu také pomocí podrobných prováděcích plánů také podařilo. Výsledek je – zvláště s ohledem na kvalitu provedení – jedinečný.

Otevřenými půdorysy vzájemně posunutými ve svém členění na jednotlivé úrovně může všemi podlažími domu nerušeně stoupat teplý vzduch nahoru (termika). Na nejvyšší úrovni byly naměřeny teploty o 2 - 4 °C vyšší než teploty na nejnižší úrovni. Pro obyvatele to znamená, že horní místnosti jsou z času na čas pociťovány jako příliš teplé a dolní místnosti naproti tomu jako příliš chladné. Tento problém již byl odstraněn: dodatečnou instalací topných těles na stěně v nejspodnější místnosti vedlo k podstatnému zlepšení termiky a k vyrovnaní teplot. Investor nechce i přes počáteční teplotní rozdíly na různých úrovních podlaží v žádném případě rezignovat na otevřený a architektonicky vysoce hodnotný půdorys.

2.6. Městská vila z prefabrikovaných dřevěných panelů

Moderní městská vila o rozloze 400 metrů čtverečných je jasně definovaný krychlový stavební objekt prostý nepotřebných atributů. Dvoupodlažní hlavní stavební objekt je od předsazeného vstupního stavebního objektu oddělen prosklenou spárou.

Díky celoplošnému prosklení na zahradní, jižní straně uloženému přes dvě podlaží se obytná část domu za ním stává otevřenou obytnou halou prostoupenou světlem. Jasně tvary a použité materiály i uvnitř budovy podporují tvarosloví celého objektu.

[Fotografie]

Obr. 6 Pohledy městská vila z prefabrikovaných dřevěných panelů

Dům byl postaven z prefabrikovaných dřevěných panelů, doba stavby se tudíž zredukovala na minimum. Vila zhotovená jako pasivní dům s obytnou plochou více než 400 metrů čtverečných a s energetickým ukazatelem 11,8 vyjde s minimem topné energie. Dům spotřebuje za rok zhruba jen 472 litrů topného oleje! Teplá užitková voda je kompletně připravovaná v solárním zařízení. Navíc zde bylo instalováno fotovoltaické zařízení o výkonu 5 kWp pro výrobu elektřiny.

Velkorysý centrálně umístěný obytný prostor prochází dvěma podlažími. Dalo se předpokládat, že zde stejně jako ve výše popsaném pasivním domu postaveném v strmém svahu bude docházet termickým problémům a k tepelným rozdílům. Avšak nebylo tomu tak. Díky celoplošnému prosklení na jižní straně domu lze docílovat velmi velkých solárních zisků. Vzduch v obytném prostoru se silně promíchává. Investor je velmi spokojen.

Je také zajímavé, že tento dům díky promyšlené koncepci architektonického řešení plně splňuje nejstriktnější ustanovení územního plánu zástavby: je jednopodlažní a má sedlovou střechu!

2.7. Velkorysý rodinný dům s plochou střechou

Tento dvoupodlažní rodinný pasivní dům se v současné době nachází ve fázi projektu. Novostavba má být dokončena v příštím roce.

Dům je jasně rozčleněn na dva stavební objekty: hlavní stavební objekt obložený klinkery a dřevem obložená nástavba, v níž se nacházejí soukromé prostory investora (koupelna a ložnice). Na budově je nápadný mimořádně velkorysý otevřený obytný prostor v přízemí, orientovaný na jih směrem do zahrady a krajiny. Krajina tak může spoluutvářet život v domě.

[Grafika]

Obr. 7 Pohledy - rodinný dům s plochou střechou

Oba stavební objekty jsou nahoře uzavřeny plochou střechou – to je prvek, který je velmi důležitý pro jednoznačnost a tvarosloví budovy.

Ploché střechy však nebyly bez problémů, protože se stavební pozemek nachází v rostlém venkovském okolním prostředí a protože stavební objekt podle příslušného

ustanovení stavebního zákona týkajícího se projektování (Planungsrecht §34 Bau-GB) musí zapadnout do charakteru blízkého okolí. Okolní domy mají všechny bez výjimky sedlovou střechu, takže stavební úřad původně nechtěl s tímto projektem souhlasit.

Po několika jednáních a rozhovorech s osobami, které v těchto otázkách v příslušných úřadech rozhodují, se přece jen podařilo získat pro tento projekt domu s plochou střechou stavební povolení.

Je důležité, aby se ve spolupráci mezi investorem a architektem vyvíjely nové a moderní koncepce a aby se pak zúčastněné osoby zasadily za jejich realizaci. Jen tak může vznikat moderní architektura. Zvláště úřady vydávající stavební povolení musí změnit způsob svého myšlení, neboť pokud by se všechno „nové“ mělo stoprocentně začlenit do historicky vzniklých obytných území, může nebude se moci rozvíjet nový architektonický jazyk a budeme ještě zítra stavět stejně jako včera. To platí v první řadě pro progresivní, zvláště energeticky vysoce účinné stavby.

3. Závěr

Pasivní dům by neměl být inovační a progresivní pouze s ohledem na úspory energie, kvalitu vzduchu a hygienu bydlení. Jediné, co může dávat smysl, je, že technicky moderní a vysoce inovační stavba také bude vybudována moderním, současným architektonickým jazykem. Také pro pasivní dům musí platit:

NEJVYŠŠÍ KVALITA ARCHITEKTONICKÉHO ŘEŠENÍ!

Jen tak se nechají investoři s vysokými nároky na úroveň architektonického řešení přesvědčit, aby se také zabývali tématem "pasivní dům".

4. Představení projektu: nebytová budova

4.1. Dům Charity - novostavba, Mönchengladbach - novostavba

Dům charity o 80 místech je obýván od července roku 2003. Je prvním centrem péče o seniory Evropy, které bylo postaveno ve standardu pasivního domu. Moderní koncepce skupinového bydlení je zde spojena s progresivní ekologickou technologií.

Novostavba Domu charity jako pasivního domu dnes ve srovnání s provedením ve standardu nízkoenergetického domu skutečně šetří ročně 17.431 eur na běžných nákladech. Byly zde již vzaty v úvahu také náklady na financování (úroky / umořování) intenzivních vícenákladů. Právě domy pečující o seniory se díky své kompaktnosti a vysoké hustotě obsazení zvláště dobře hodí pro realizaci formou pasivního domu.

4.2. Centrum odborných lékařů u Městských klinik v Mönchengladbach - Rheydt

Stávajících 17.200 m³ nevyužitého objemu stavby již po léta prázdného výškového domu u Městských klinik v Mönchengladbachu má být energeticky optimalizováno a přeměněno na živoucí budovu s 10 až 15 lékaři a terapeutickými ordinacemi.

Vezmeme-li v úvahu plánovanou energetickou optimalizaci budovy až do standardu pasivního domu, bude zde nutno vyřešit řadu technologických úkolů, které jdou nad rámec známé problematiky novostaveb.

Stav budovy tvoří jak díky své struktuře (vysoká kompaktnost + dobré nasměrování ke slunci), tak také díky očekávanému obsazení osobami příznivé předpoklady pro plánovanou redukci spotřeby energie.

Součástí řešení je, že balkony budou ve smyslu „skleněné dvojité fasády“ začleněny do tepelné rezervní zóny, čímž bude možno lépe čelit působení tepelných mostů.

[Fotografie]

Obr. 8 Dům Charity - novostavba, Mönchengladbach – Centrum odborných lékařů, Mönchengladbach

4.3. Klubový dům Leshan, Čínská lidová republika

Klubový dům Leshan leží na uzlu dvou dopravních tepen. Na východě je lemován bulvárem a současně pěší zónou a na severu širokou hlavní třídou s nákupní promenádou. Přes svoji malou výšku budova svým tvarem dominuje okolní zástavbě. Expresivní stavební objekt se hlavním dopravním tepnám prezentuje jako uzavřené a sebevědomé. Směrem k jihu, na své zadní straně, se stavební objekt otevírá navazující bytové zástavbě a napojuje se promenádní pěší zónou na plánovaný zelený pás obytného území.

Kompaktnost budovy, její uzavřené architektonické řešení na straně odvrácené od slunce a otevření skleněných fasád na sluneční straně, jakož i solární zisky fotovoltaických zařízení umístěných na střeše jsou základní koncepcí prvního pasivního domu v Čínské lidové republice.

4.4. Dům řemesel, Geilenkirchen (realizační soutěž, 1. cena)

Základní tvar domu služeb a současně správní budovy Krajského domu řemesel je charakterizován svým protaženým tvarem. V bezprostřední blízkosti ulice budova na sebe po své celé délce strhává pozornost.

Typologicky se jedná o dvoutrakt: menší část s obslužnými prostory pro širší kancelářskou zónu, která tvoří prostor dvoutraktu obrácený do volné krajiny. Sál, v němž se pořádají akce, je v konstrukci vyčleněn jako samostatné stavební těleso, a tím se výrazně akcentuje kvalita jeho řešení.

Energetická koncepce jako podstatná součást projektu budovy staví do popředí ambici, že Dům řemesel má „dnes odpovídat zítřejšímu standardu“, neboť při provedení ve standardu pasivního domu se využívají nejmodernější technologie technického zařízení budov: bloková tepelná elektrárna a kontrolované ventilační zařízení s rekuperací tepla. Výrazné úspory energie a zvýšená kvalita vzduchu správní budovy jsou těmi největšími výhodami této stavební technologie.

[Grafika]

Obr. 9 Klubový dům Leshan, Čínská lidová republika | Dům řemesel, Geilenkirchen

Tvorba koncepce nízkoenergetických staveb ve fázi jejich návrhu

Ing. Jan Růžička, Ph.D., Ing. Radek Začal, Ing. Jiří Novák, Ph.D.*

ateliér KUBUS, Na Valech 6, 160 00 Praha 6, atelier@kubus.cz

*Stavební fakulta, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6,

*jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

1. Tvorba stavebně energetické koncepce budovy

Navrhování nízkoenergetických budov představuje řešení komplexu problémů, které zahrnují jak provozní, dispoziční, architektonické a finanční požadavky investora, tak souhrn technických problémů napříč všemi profesemi a specializacemi, tepelnou technikou a návrhem vytápění popř. větrání a přípravou TUV počínaje, přes zásobování vodou a el. energií až po konstrukční a technologický návrh včetně statického posouzení a řešení stavebních detailů.

Ve fázi návrhu stavby (studie) je potřeba udělat celou řadu zásadních koncepčních rozhodnutí, které ovlivňují kvalitu stavby, ale také její cenu, což je parametr většinou z pohledu investora nejdůležitější. V této fázi je možno přesunout finanční prostředky do takových konstrukcí či prvků, kde jsou využity nejefektivněji a kde nejvíce ovlivňují kvalitu objektu. Nejčastější otázky, které jsou v této úrovni řešeny, jsou zejména kvalita zateplení fasád, střechy a podlahy na terénu, velikost a kvalita výplní okenních otvorů, řešení tepelných mostů s ohledem na jejich podíl na celkové ztrátě budovy. Kvalita těchto konstrukcí je určující pro celkové tepelné ztráty resp. potřebu tepla na vytápění, což je rozhodující ukazatel pro návrh vytápění a s tím související návrh přípravy TUV. První údaje o potřebě tepla na vytápění mohou také ovlivnit původní architektonický a dispoziční návrh např. z hlediska velikosti a orientace oken, z hlediska členění provozu na vytápěné a nevytápěné zóny, ale také i zásadněji z hlediska celkového hmotového řešení a geometrické charakteristiky budovy A/V.

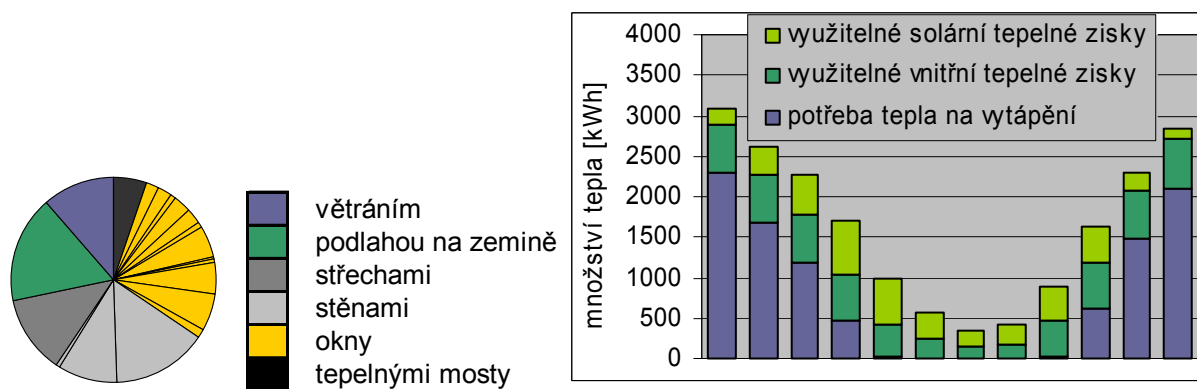
Klíčovou roli v této úvodní etapě návrhu stavby proto hraje kromě architekta také těsná spolupráce s tepelným technikem. Jen na základě jejich spolupráce může být proveden takový návrh, který zohledňuje mnohdy protichůdné požadavky provozní, estetické a technické. Spolupráce začíná již nad prvními skicami architektonické studie. Pomocí výpočtů potřeby tepla na vytápění jsou definovány a postupně optimalizovány parametry budovy jako celku i jednotlivých konstrukcí tak, aby bylo dosaženo cílové potřeby tepla na vytápění – pracuje se vždy ve variantách. Teprve poté zpravidla následuje podrobný konstrukční návrh a výběr vhodných výrobků. Podrobný konstrukční návrh probíhá opět ve spolupráci s tepelným technikem (výpočet součinitelů prostupu tepla se zohledněním tepelných mostů, 2D výpočty lineárních činitelů prostupu tepla, prověření tepelné stability, atd.). Energetická náročnost konečného řešení je ještě jednou výpočtově prověřena. Tento postup umožňuje velmi efektivně dosáhnout vytyčené energetické cíle a eliminuje rizika spojená s iterací „návrh – posouzení“ a s chybným odhadem neznámých vstupních údajů.

2. Nástroje pro tvorbu stavebně energetické koncepce

Pro efektivní tvorbu koncepce je nutný takový nástroj, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje jednoduše pracovat ve variantách a přináší podrobné a přehledné výsledky. Příklad použití takového nástroje vytvořeného v prostředí tabulkového procesoru, dokládají obrázky 1 a 2. Metodika výpočtu potřeby tepla na vytápění důsledně respektuje ČSN EN ISO 13790. Velmi užitečný je zvláštní modul počítající tepelné technické a optické vlastnosti oken na základě jejich geometrie, vlastností rámu a zasklení. Změny v dílčích parametrech libovolného okna se okamžitě promítají do potřeby tepla na vytápění. Stínění oken je samozřejmě rovněž zohledněno. Grafický výstup mimo jiné umožňuje sledovat rozdělení měrné tepelné ztráty prostupem na všechny prvky obvodového pláště a stává se tak základní pomůckou při optimalizaci jejich tepelně izolačních vlastností (obr.2). Obrázky 1 a 2 ilustrují optimalizaci návrhu NE RD v Roztokách u Prahy. Je prezentovaná pouze část výsledků. Celkově byly zpravovány 4 varianty.



Obr. 1 Optimalizovaný nízkoenergetický RD (nepodsklepený, 2 NP, užitná plocha 266 m², vytápěný objem 722 m³). Vlevo vizualizace architektonického návrhu, vpravo schéma výpočtového modelu.



Obr. 2 Příklad výstupu z výpočtového programu – vlevo rozdělení měrných tepelných ztrát (každá dílčí výseč znázorňuje jednu obvodovou konstrukci a její příspěvek k celkové měrné tepelné ztrátě), vpravo měsíční tepelná bilance. Oba grafy se týkají finální varianty návrhu s měrnou potřebou tepla na vytápění 41 kWh/(m².a).

3. Literatura

- (1) HUMM, O. *Nízkoenergetické domy*. Grada Publishing, 1999
- (2) TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy – principy a příklady*. Grada Publishing, 2005
- (3) TYWONIAK, J. NOVÁK, J. *Ke koncepcím a detailům nízkoenergetických domů*. konference Budova a energia, 2005
- (4) Gauzin-Müller, D. *L'architecture écologique*, Le Moniteur, 2001

Dřevostavby a pasivní domy, zkušenosti z realizace

Ing. Martin Růžička, PENATUS s.r.o.

Zlatníky 34, 252 41 Dolní Břežany

tel./fax: 241 930 024, email: office@penatus.cz, www.penatus.cz

Poznámka

Naše společnost nízkoenergetické stavby projektuje, prodává a staví. Můj pohled je tedy formován především touto praxí a to ještě v rámci konkrétního systému dřevostaveb, se kterým pracujeme. Zkušenosti s jinými konstrukčními systémy a technologiemi mohou být pochopitelně odlišné.

1. Všeobecně

Pasivní stavění, lépe snad nízkoenergetické stavění, je rozhodně trend, který má široké perspektivy a je svým způsobem v našich podmínkách nevyhnutelný. V posledních letech lze zaznamenat výrazný nárůst zájmu o tento druh stavění, zatím téměř výhradně z řad stavebníků rodinných domů.

Pro pasivní dům (stavbu) máme z hlediska technického tři základní kritéria:

- roční měrná potřeba na vytápění není vyšší než 15 kWh/ m²,rok
- hodnota n_{50} není vyšší než 0,6 h⁻¹
- celkové množství primární energie spojené s provozem budovy není vyšší než 120 kWh/ m²,rok

Pokud se nám tedy podaří realizovat stavbu, která bude splňovat výše uvedená kritéria, jde o stavbu pasivní.

Pro splnění těchto kritérií máme rovněž stanovena základní pravidla, jak dům navrhovat, stavět a také provozovat

- stavba musí být dobře tepelně izolována
- tepelné mosty v konstrukcích je třeba v maximální míře omezit, nejlépe zcela vyloučit
- obálka stavby (obvodový plášť) musí být těsný
- pro stavbu je třeba použít kvalitní okna a správným způsobem vyřešit detail jejich připojení do stavby
- stavba bude vytápěna a větrána nuceným systémem větrání s rekuperací, který může být doplněn o solární panely, možná fotovoltaické články a dále zemním výměníkem tepla
- stavba bude vhodně navržena jako kompaktní těleso bez složitých a komplikovaných detailů a konstrukčních návazností. Důležité jsou i orientace ke světovým stranám a velikost a míra prosklených ploch fasádního pláště objektu

2. Zkušenost č. 1 – pouze pasivní dům nestačí

Jako člověk z praxe, který je ale téměř v každodenním kontaktu také s našimi klienty, koncovými zákazníky, kteří takovou stavbu budou užívat a budou v ní žít, vnímám, že sama o sobě stavba pasivního charakteru není ani zdaleka konečnou a jedinou odpovědí na široké spektrum otázek, které mají být zodpovězeny.

Jaká je naše klientela?

Jsou to především mladí lidé s vyšší než průměrnou mírou vzdělání a ve většině případů i se zahraniční zkušeností. Lidé, kteří jsou schopni uvažovat v souvislostech a otázku svého bydlení chápou mnohem komplexněji než jen jako nutnost zajistit si střechu nad hlavou a místo k přespání. Uvažování v souvislostech nutně vede k otázkám kolem energií, životního prostředí a také „zdravosti“ bydlení jako takového. V rostoucím počtu případů pak tito lidé chápou stavbu domu rovněž jako investici a chtějí znát odpověď nejen na otázku „kolik za dům zaplatí při jeho pořízení“ ale stále častěji také „kolik bude stát jeho provoz“ a „za kolik ho jednou bude možné prodat“.

Za těchto okolností je nabídka pasivního domu odpovědí pouze na čas výše uvedených otázek. Je třeba si uvědomit, že pasivní dům, tedy stavba, která pouze splňuje kritéria pasivního domu, je jako samostatný produkt na trhu neprodejný anebo prodejný jen velmi obtížně.

Pokud budeme totiž sledovat pouze kritéria pasivnosti, můžeme postavit stavbu, která sice bude pasivní ale třeba na velice nevhodném místě, nebude vyhovovat provozně a může být z materiálů, o jejichž „zdravosti“ nebude těžké pochybovat. Z pohledu obchodníka je velká škoda, že jedním z kritérií pasivního domu není také cena takového produktu.

Jinými slovy a shrnuto, pro další větší rozšíření pasivních domů a staveb v pasivním standardu se ukazuje, že vlastní produkt (pasivní stavba) je třeba doplnit o další službu a servis a v neposlední řadě nabídnout tento komplex za cenu, která by byla na trhu zajímavá. Pasivní stavba by tedy neměla být cílem ale prostředkem k dosažení cíle.

3. Zkušenost č. 2 – pasivní domy nelze stavět dosud běžnými postupy a se současným stavem stavebního řemesla u nás

Pasivní stavba je mnoha ohledech jiná než dosud běžné stavby a je tedy logické, že ji dost dobře není možné realizovat běžnými pracovními postupy a technologiemi. V praxi pak pociťujeme nutnost v souvislosti s pasivními stavbami změnit řadu pracovních postupů a někdy i pořadí a provázanost prováděných prací¹.

Vzhledem k tomu, že pasivní stavba není doménou žádné konkrétní technologie a pasivní dům lze postavit jako dřevostavbu, stejně jako železobetonový skelet nebo konstrukci ocelovou, týká se nutnost změnit, či upravit a aktualizovat způsob realizace těchto staveb vlastně v celé stavební praxi.

¹ Standardní příklad z praxe. Dostat mezi krokve 180 mm nebo 200 mm minerální izolace není celkem problém a lze to provést jednou operací a izolace se sama udrží na místě. Pokud ale máme aplikovat 400 mm izolace nebo i více, není už to prostě „starým“ způsobem možné a hledáme-li i pro nový způsob optimální řešení, může to vyvolat i podstatnou změnu v technologii provádění celé stavby.

Pasivní stavba klade rovněž značné nároky především na přesnost a pečlivost prováděných prací, což je, vzhledem ke kvalifikovanosti pracovních sil ve stavebnictví a stavu řemesel u nás obecně, značný problém. Jako člověk z praxe doporučuji jej nepodceňovat. Můžeme se pak totiž dostat do situace, kdy sice budeme mít dobrý produkt ale nebudeme schopni ho v praxi kvalitně realizovat a tedy, v konečném důsledku, takový produkt zanikne a nezíská své místo na trhu, anebo bude neúměrně drahý a jeho zastoupení bude podstatně menší, než by odpovídalo jeho užitné hodnotě a jeho obchodnímu potenciálu.

Opět jinými slovy a shrnuto. Pro správnou realizaci pasivních staveb vidím jako nutnost přehodnotit stávající způsoby provádění prací a nastavit systém tak aby byl otevřený a flexibilní. Je třeba rovněž kultivovat kvalitu stavební řemesla, jehož součástí je i pečlivost, přesnost a dokonalá znalost vlastní profese, to vše v rámu stavovské cti a řemeslné poctivosti.

4. Zkušenost č. 3 – správný návrh výrazně ovlivní konečný výsledek

Pravidla pro pasivní stavby jsou poměrně náročná, tedy především z hlediska realizace vlastní stavby. A náročnost realizace je do značné míry ovlivněna a determinována vlastním návrhem stavby, tedy prací architekta a projektanta.

Pokud architekt a projektant nemají dostatečné znalosti a zkušenosti, ani sebelepší provedení na stavbě nepovede k dobrému výsledku. Některé detaily a konstrukční návaznosti se tak mohou stát nerealizovatelnými anebo jen velmi obtížně (a tedy i draze) realizovatelnými.

Např. splnění limitu pro hodnotu n_{50} vyžaduje nejen velmi pečlivé provedení detailů, napojené a utěsnění veškerých spar apod ale také neméně pečlivý návrh. Pokud jsou detaily složité a náročné, jejich správné provedení je buď sice možné ale pak velmi pracné a náročné, tedy drahé, anebo dokonce zcela nemožné. Několik takových detailů pak může zcela „rozhodit“ výsledek celé stavby.

Na základě našich dosavadních zkušeností jsme velice obezřetní k velkým proskleným plochám. Argument, že v současné době už existují hodně kvalitní okna s koeficientem prostupu tepla „u“ kolem $0,6 \text{ W/m}^2$, nebo i nižším, těžko obstojí. I takto kvalitní okno je totiž stále z hlediska tepelně technického nejslabším místem konstrukce, protože tepelně technická kvalita obvodových stěn se zlepšuje podstatně strměji než u prosklených ploch.

U dobře tepelně izolovaných staveb pak velké prosklené plochy představují problém rovněž v létě, kdy se jejich prostřednictvím objekt přehřívá a proto je nutno tyto plochy účinně stínit.

Velké a kvalitní prosklené plochy doplněné účinným zastíněním mohou pak výrazně navýšit náklady stavby a potvrdit tak všeobecné přesvědčení veřejnosti, že nízkoe-nergetické stavění je drahé.

Poměrně často se rovněž setkáváme s tím, že architekt pokládá nízkoenergetičnost za něco tak neobvyklého, že je nutno jí doprovodit také neobvyklým, pokud možno co nejvíce „šokujícím“ architektonickým návrhem. Zkušenosti ze zahraničí, kde je nízkoenergetické stavění mnohem dál (Rakousko, Německo) však potvrzují, že nízkoenergetické, pasivní nebo i nulové domy se architektonicky nijak neodlišují od „běžných“ domů, dokonce, jsou často nápadně jednoduché, prosté a strohé. To ale nakonec jen potvrzuje ověřenou a obecnou zkušenost, že opravdu dobré věci bývají jednoduché a prosté.

Naše zkušenosti tedy potvrzují názor, že nízkoenergetické a pasivní stavby by měly být navrhovány bez složitých a komplikovaných architektonických efektů, s důrazem na funkčnost a provoz objektu a s ohledem na jeho provoz a údržbu. Velice důležitá je znalost a zkušenost architekta a projektanta, kteří stojí na počátku celého procesu a podstatnou měrou určují jeho další vývoj i konečný výsledek.

5. Zkušenost č. 4 – jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech?

Připomínám, že mohu prezentovat zkušenosti našich přímých klientů, tedy zkušenosti s dřevostavbami, které naše společnost realizovala.

Stavby, které stavíme, jsou v běžném standardu nízkoenergetické již několik let a zkušenosti našich klientů mají tedy již určitou relevanci. Zkušenosti z pasivních domů jsou zatím nemnohé a příliš krátkodobé, než aby bylo možné je nějakým způsobem zobecňovat. Všechny uvažované stavby jsou realizovány jako dřevostavby a jsou vybaveny teplovzdušným vytápěním s rekuperací (systém ATREA), integrovaným zásobníkem tepla (IZT), v některých případech doplněné zemním výměníkem tepla a solárními panely.

Odpovědi přímých uživatelů těchto staveb se shodují. S rozhodnutím pro nízkoenergetickou stavbu, často velice blízko pasivnímu standardu, jsou spokojeni a příště by šli ještě dál, tedy směrem k ještě energeticky úspornější variantě.

Spokojeni jsou rovněž se systémem teplovzdušného větrání a vytápění. Potvrzují zároveň, že bydlení v domě s tímto systémem je natolik odlišné od standardního ústředního topení s nutností větrat okny, že trvá zhruba rok (celý jednoroční cyklus), než si rodina na nové prostředí zvykne a než se ho naučí správně využívat.

Jakmile si ale na toto prostředí nové prostředí zvyknou, je pro ně obtížné vracet se zpět.

Dobré zkušenosti jsou i se zemním výměníkem tepla, jehož efekt je nejvíce patrný za horkých letních dnů.

Velice pozitivně jsou samozřejmě vnímány účty za elektřinu nebo plyn, především ve srovnání se sousedy, kteří bydlí sice také v nových ale pouze normám vyhovujících stavbách.

Všichni dotázaní rovněž potvrzují, že jsou spokojení s rozhodnutím pro dřevostavby a kdyby se měli rozhodovat znovu, byla by to opět dřevostavba.

6. Zkušenost č. 5 – velcí investoři a pasivní stavby

Jakkoli se stále častěji setkáváme s nízkoenergetickými a pasivními stavbami, jsou především a téměř pouze reprezentovány rodinnými domy, kde je dosažení potřebných parametrů nízkoenergetické nebo pasivní stavby vlastně nejobtížnější.

V zahraničí se už běžně staví větší objekty jako nízkoenergetické nebo pasivní – školy, školky, administrativní a průmyslové objekty, bytové domy atd. Důvodů, proč tomu tak není u nás bude asi víc. Jedním z nich je ale podle našich zkušeností nedostatečná, pokud vůbec nějaká, informovanost těch, kteří o takových stavbách rozhodují. Významným důvodem je i nastavení ekonomického systému naší země, kde se stále ekonomicky vyplatí plýtvat a mrhat – to platí především pro stavby financované z kapes daňových poplatníků.

Dalším důvodem by mohla být skutečnost, že u větších staveb jde vždy o větší peníze a tedy prostředí pro korupci a působení vlivných skupin. V takovém prostředí se ale podstatně zužuje prostor pro racionální argumenty a zdravý rozum.

Přesto větší stavby v pasivním standardu se už staví i u nás a jejich další rozvoj lze jen předpokládat.

Pro změnu tohoto stavu považujeme za potřebné mít k dispozici dostatek argumentů a informací, které by ještě lépe prokazovaly výhodnost stavění pasivních staveb. Jednou z možností je cílenější orientace na soukromý podnikatelský sektor a soukromé investory.

7. Zkušenost č. 6 – vhodnost dřevostaveb pro stavby pasivního charakteru

Nejenom naše ale i zahraniční zkušenosti prokazují, že použití dřeva pro konstrukci staveb určených pro nízkoenergetické nebo pasivní standard je nejenom vhodné ale také velice efektivní.

Dřevo plně zapadá do konceptu energeticky efektivních materiálů a je to jeden z mála plně obnovitelných stavebních materiálů. Je pak celkem přirozené, že použití dřeva je plně v souladu s požadavky a nároky na stavby s nízkou spotřebou energie v celém jejím životním cyklu.

U dřevostaveb lze pak celkem dobře splnit i ostatní požadavky na nízkoenergetické a pasivní stavby (dostatečné množství tepelné izolace, těsnost objektu atd.). V případě dřevostaveb je pak rovněž celkem přirozené používat i další materiály na přírodní bázi, které jsou také z obnovitelných zdrojů a s nízkými energetickými nároky.

8. Zkušenosť č. 7 – nezodpovězené otázky

Naše dosavadní zkušenost s nízkoenergetickým stavěním sebou přinesla řadu otázek, z nichž řadu se daří řešit průběžně, tak jako asi v každém oboru, některé však přetrvávají bez odpovědi anebo s dosavadní odpovědí nejsme spokojeni. Mezi ně patří např.:

- jak klientovi prokážeme, že si kupuje opravdu nízkoenergetický nebo pasivní dům?
- jak dlouho si své vlastnosti a parametry stavba udrží? Budou se jeho parametry s časem zhoršovat, zlepšovat anebo zůstanou konstantní? Pokud se budou měnit v čase, jakým způsobem?
- jak je možné prokázat „zdravost“ domu a jeho prostředí a jak se budou v čase měnit tyto parametry?
- další otázkou, se kterou se potýkáme je tepelná izolace a její materiálová báze. Dosud nejběžněji používaná minerální izolace nezapadá zcela do konceptu „nízkoenergetičnosti“ a tento jev se projevuje úměrně množství tepelné izolace zastoupené v celkovém množství materiálu stavby, kde tepelná izolace u nízkoenergetických dřevostaveb jednoznačně dominuje. Ostatní materiálové varianty tepelné izolace jsou ale zatím podstatně nákladnější a i jejich dostupnost je často horší než u izolací na minerální bázi. V praxi bychom tedy přivítali i další cenově dostupné tepelné izolace vhodné pro použití v nízkoenergetických dřevostavbách.
- znalost chování konstrukcí – stavební fyzika. Stávající normy a předpisy jsou založeny na principu, že pro správné fungování konstrukce (stavby) je třeba dosáhnout určitých hodnot a parametrů. Pokud je splníme a dodržíme, vyhovíme normám a mělo by být vše v pořádku. U nízkoenergetických a pasivních staveb ale řadu těchto limitů překračujeme a to i velice výrazně a samozřejmě neseme odpovědnost za to, že konstrukce bude správně fungovat a bude sloužit svému účelu. Zajímá nás tedy, jak se bude konstrukce a stavba chovat za nových a normami dosud neuvažovaných podmínek a zda nové skutečnosti nevyvolají nutnost změny původních předpokladů. Zdá se, že vývoj předběhl normami a předpisy nastavená pravidla a je tedy třeba na to nějakým způsobem reagovat.

9. Závěr

Jak již řečeno, nízkoenergetické stavění obecně patří mezi obory s velkou perspektivou, který se i u nás rozvíjí a získává své pozice na našem stavebním trhu. Lze předpokládat, že počet těchto staveb i nadále strmě poroste, respektive zájem o ně ze strany veřejnosti.

Použití dřevostaveb pro nízkoenergetické stavby se ukazuje nejen jako možné ale v mnoha ohledech i jako velice výhodné a i zde lze předpokládat další rychlý rozvoj.

10. Literatura

- (1) Nízkoenergetické domy – Othmar Humm, Grada 2004
- (2) Nízkoenergetické domy, principy a příklady – Jan Tywoniak, Grada 2005

- (3) Lernen aus Schäden im Holzbau – Francois Colling, DGfH 2000
- (4) Stavíme dům ze dřeva – Martin Růžička, Grada 2005

Osobnost investora a její vliv na výslednou podobu domu

Akad. arch. Aleš Brotánek, Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p. Tř.
tel. 311665311, e-mail: abrotanek@volny.cz

1. Co dům, to originál a přesto mohou být všechny pasivní!

1.1. Na začátku by měl být poučený investor

Jak začít práci s klientem

Za mnou přicházejí lidé s různými představami a mně se osvědčilo nejdříve pozorně naslouchat, než cokoli začnu říkat nebo skicovat. Někteří mohou být i výjimečně poučeni tak, že se i já dozvídám nové informace. Takovému investorovi vykládat základní pojmy pak je trapné nošení dříví do lesa. Většina však přichází s větší či menší změtí dílčích informací a těm je třeba poodhalit i zbytek prostoru, do kterého vstupují. Jsou i tací, kteří by chtěli jen dům, který má malou spotřebu energie a proto asi bude mít tepelné čerpadlo.

Nejdříve vyjasnit pojmy a priority

I poučený investor by měl dostat možnost si své postoje upevnit nebo narušit rozkrytím dalších možností, než se rozhodne pro konečné řešení, které bude optimální právě pro něho.

Pro pasivní dům jsou klíčové jeho základní vlastnosti, které znamenají zabudování 30 - 40 cm standardního izolačního materiálu do konstrukce a to ovlivňuje rozhodnutí o volbě stavebního materiálu. Tady mají technicky výhodu dřevostavby, nejlépe nad zemí, ale nic není dogma. Zděné pasivní domy mají vyšší pracnost a cenu, ale jsou volbou pro konzervativního investora a mají větší tepelnou stabilitu. Nejhuře jsou na tom materiály zděné z lehčených tvárnic, jejichž základní tloušťka i ze statických důvodů musí být alespoň 30 cm. Superthermy tlusté 48 cm sice v laboratorních podmínkách vyhoví normě, ale nevyhoví potřebám EPD. Nejsou ani dobrá cihla ani dobrá izolace, ale mají tu výhodu, že s nimi většina firem umí běžně pracovat.

Volbu materiálů a konstrukce také ovlivňuje, zdali hlavní prioritou je pouze úspora energie při provozu domu (což je samozřejmě těžiště problému), nebo jestli klient má povědomí o ekologické stopě při stavění nebo dokonce její po dožití domu při jeho likvidaci a do jaké míry tato kritéria chce zahrnout do svého rozhodování. Vrcholný uživatel chce zahrnovat do projektu i zdravotní vlivy stavby na člověka, které mohou být někdy motivovány předběžnou opatrností, ale také mohou nést rysy až náboženské sekty.

Svobodné odpovědné rozhodnutí pro konkrétní řešení je ale základem dobrého optimalizovaného projektu, včetně možnosti svobodného rozhodnutí architekta odmítnout práci na projektu, když cítí, že se nedokáže vyladit s investorem, nebo když si prostě jen lidsky neseď. Nemůže totiž pak dojít k tomu, aby se investor stal hlavním inspiračním zdrojem řešení a může dojít i k páchání násilí na uživateli.

Tímto způsobem je třeba projít volbu prostorové řešení, kontext prostředí i místní regulace, druh izolace, likvidaci odpadů, vlastnosti vnitřního prostředí a jeho obsluhu atd... a až na konci volbu vhodného doplňkového zdroje energie, nejlépe z obnovitelných zdrojů. Pak by se nemělo stát, že do domu vstoupí uživatel, který se bude divit, že se má v EPD chovat jinak než byl zvyklý a svým protestním chováním bojkotoval využívání jeho možností. Tomu se dá nejlépe předejít názornou exkurzí do již provozovaného domu. Pokud se pak podaří dům postavit slušnou stavební firmou, je zadostiučiněním dostávat korespondenci jako je následující ukázka:

I mne spolupráce s vámi těšila, byť to občas bylo napínavé. Však moje hlava toho měla občas dost, teď už téměř nebolí (po konzultacích klientku často bolela hlava).

Můžete k nám posílat zájemce, klidně, ráda budu šířit osvětu. Až toho bude příliš, ozvu se, nemějte obavy.

Žije se nám dobře, ani bychom do údolí chodit nemuseli, pokud by to nebylo nutné. Ten oheň v obýváku mně vrátil ztracenou energii, je mi mnohem líp, než v paneláku.

Spadl mi velký kámen ze srdce, suchý záchod je opravdu bez problémů, nalila jsem tam nějaké ty bakterie do septiků a párkrát jsme nasypali hrabanku, teď už se nemusí ani pouštět vzduchotechnika a nesmrdí. Po té internetové debatě s Novákovými jsem měla docela obavy.

Na shledanou. M. V.

Jde o dopis od uživatelky, která se úspěšně absolvovala celý proces, byla hlavním motorem v rodině a byla skoro sama na klíčová rozhodnutí o hlavních parametrech domu a z toho mívala i migrény. Její hlavní problém byl jak vyřešit rozpor mezi informacemi, které dostávala ze sféry běžné výstavby a odvahou vkročit na málo prozkoumané pole NED nebo dokonce EPD a ještě měla ochotu organizovat svůj život ve větší šíři ekologického pohledu na život. Suverenita starých praktiků pohybujících se ve vyježděných kolejích je určitě pro řadu investorů zničující, když je zároveň třeba na sebe vzít rizika vyplývající z neprošlapaných cest a nutnosti stavbu organizovat jinak, umí to jen málo dodavatelů, nebo se to dokonce musí za pochodu na místě učit.

Toho všeho by si měl být investor také vědom, než se do takové stavby pustí, aby nebyl příliš překvapen.

1.2. Zděný NED (téměř pasivní), RD Černošice u Prahy, studie-2000, realizace-2003, parametry 25 kWh/m² za rok (podle výpočtů provedených Ekowatem 23 kWh/m² za rok

Jak vyplývá z předchozího, dialogickým jednáním s investorkou vznikl návrh zděného domu s nejtenčím staticky vyhovujícím zdivem z cihel plných vápenopískových o síle 170 mm 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. 300 mm izolace je schováno 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 akumulační masivní jádro domu. Střecha

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

Okna jsou tím jediným slabým místem domu. V době realizace byla použitelná pouze dřevěná s Europrofilem a skly $U=1,100 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. V budoucnu (po dvaceti letech) mohou být doplněná kvalitnějšími skly, která v té době budou určitě již na jiné technické úrovni. Pak vylepší dosaženou bilanci spotřeby 15-19 kWh/m². Dále bylo po rodinných poradách rozhodnuto pro šetření vodou (50%) použitím technologie kompostovací toalety s nadzemním kontejnerem.

Umístění domu je podrobeno územním regulacím, které nezohledňují solární orientaci. Sedlová střecha byla podmínkou, a to štítem kolmo ke komunikaci a tím orientovat hřeben směr 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 300 mm izolace ke zděné konstrukci a tato realizace je odpovědí na toto zadání.

- Hlavní izolační materiál ve stěnách – minerální vata (320 mm)
- Nosná konstrukce - vápenopiskové cihly tl.170 mm + železobetonové stropy

Součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

- Obvodový plášť $U = 0,122 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
- Sokl $U = 0,159 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
- Střecha $U = 0,108 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
- Podlaha $U = 0,272 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
- Okna a dveře $U = 1,400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro předeřhřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory - účinná plocha (navržená 5,0 m²) instalovaná 3,2 m²
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospiralami 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 ovládáním na přepínači programů režimu rekuperace 14 dní po nastěhování rodiny do domu. Bylo to shodou okolností v době, kdy venkovní teploty se držely na -15 až -20 °C i během dne. Omylem nebyl zapnut dohřev vzduchu, a přesto bylo dosaženo vnitřní teploty v obytných místnostech 22 a ložnicích 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.



Pohled z Jihozápadu



Půdorys 1.NP

1.3. Dřevěný EPD – Tehov u Říčan, studie-2004, realizace probíhá-2005-6 po dokončení by měl splnit parametry 15 kWh/m^2 za rok

Dům formovaný potřebou co nejvíce, ale nedogmaticky uplatnit ekologický přístup včetně event. likvidace po dožití stavby milovníkem permakulturního hospodaření. Sice dům je v území, které má mít sedlové střechy ale dvě proti sobě skloněné a pultové zelené plochy uspokojily úředníky (nevím zda díky pružnosti, neschopnosti nebo velké dávce fantazie). Přesah střechy na jihu a kolektorový štít na pavlači mají funkci protisluneční clony v letním období a částečné ochrany proti dešti před výstupem z domu.

- hlavní objekt dřevěný s použitím slámy, založený nad terénem ve svahu
- požadavek zvýrazněné viditelné nosné dřevěné konstrukce, trámový skelet z profilů 125×125 + OSB desky s vnitřní jílovou omítkou tl. 60 mm
- Vnější opláštění -kombinovaný modřínový obklad a vápenná omítka na heraklitu
- integrovaný solární systém na ohřev TUV s krbovým ohřevem
- hospodářské stavby s použitím Porothermu jako optimálního materiálu na doplňkové nevytápěné stavby založené na terénu, které tvoří z RD polouzavřený hospodářský celek
- s částečným podsklepením nevytápěné části pro potřeby permakulturního hospodáře

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

- Obvodový plášť $U = 0,126-112 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ podle kvality slaměných balíků

- Střecha $U = 0,122 - 108 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ podle kvality slaměných balíků
- Podlaha $U = 0,111 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
- Okna a dveře $U = 0,85 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

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



Vizualizace návrhu



Nosná viditelná trámová konstrukce

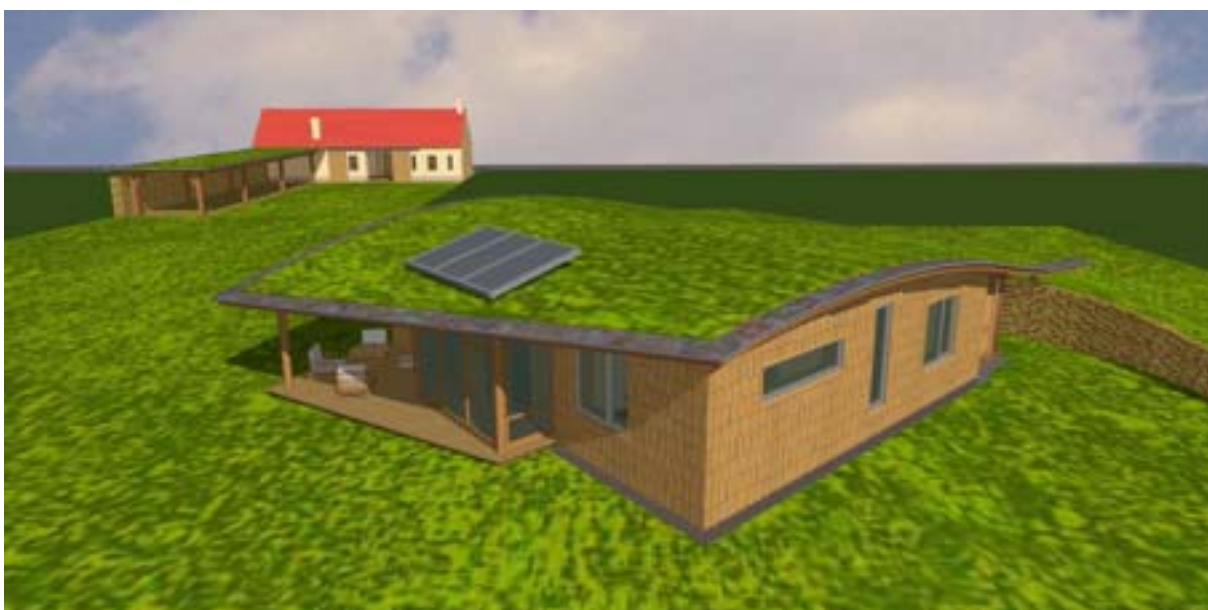


Hrubá stavba s viditelnými trámy z interieru před omítáním

1.4. Dřevěný EPD – Nejdek u Lednice - studie-2005, realizace probíhá-2006, po dokončení by měl splnit parametry 15 kWh/m² za rok

Dům umístěný v hloubce zahrady v místě tradiční moravské vesnické zástavby. Původní dům v ulicové linii se stává nevytápěným zázemím sochaře-restaurátora a v zahradě se vynořuje zelená oblouková střecha, která překlenuje odkladní prostor, nevytápěné pomocné prostory, zázemí a obytnou část s terasou na jihozápad.

- hlavní objekt dřevěný s použitím slámy založený nad rovinou vystupující z terénu, v hloubce zahrady zneviditelněný zelenou střechou přecházející na terénní val
- přízemní stavba schopná sloužit bez bariér v důchodovém věku a pro pohybové postižení v rodině
- předsazený skleník na jižní straně k předpěstování sazenic a květin
- jinak standardní vybavení pasivního domu s krbovými kamínky



Vizualizace v nadhledu s původním ulicovým domem

1.5. Dřevěný EPD – Kosoř u Prahy, studie-2006, po dokončení by měl splnit parametry 15 kWh/m² za rok

Dům věcně praktický se zachováním forem místně předepsané sedlové střechy v techničtější stylu a v nově zastavovaném území.

- hlavní objekt dřevěný s použitím celulózové izolace založený nad terénem s menším nevytápěným zázemím u domu a přístřešky nad vchodem a pro dvě auta.
- požadavek na schody do patra obytným prostorem se dvěma pracovnými a vzdušným vstupním prostorem propojeným s obytným pokojem a kuchyní
- integrovaný solární systém na ohřev TUV s IZT a peletkovým kotlem a samozřejmě s rekuperací



Vizualizace vstupního průčelí

1.6. Zděný NED, EPD pouze ve studii – Štěnovice, studie-2001-2, v provozu 2004, parametry 28 kWh/m² za rok

Dům omezený regulacemi se sedlovou střechou hřebenem kolmo k jihu s přístřeškem nad vstupem a terasou. EPD omezilo, že investor sehnal pro stavbu domu pouze firmu ochotnou pracovat s klasickým lehčeným žebírkovým zdivemlu a v nově zástavovaném území.

- hlavní objekt žebírkové zdivo 300 mm + 200 mm fasádního polystyrénu
- integrovaný solární systém na ohřev TUV s IZT a peletkovým kotlem a s rekupe-
rací



Jižní průčelí



Proces zateplování PS

2. Na konec

Každé místo a člověk má svoje řešení, mělo by k němu vést odpovědné a svobodné rozhodnutí s pomocí architekta. Na konci bude dům, který vyhovuje uživateli, tvoří harmonický celek, ale i neškodí životnímu prostředí.

To je více nebo méně **Dům pasivovaný**.

Zwei Mehrfamilienhäuser in Passivhausbauweise in Freiburg im Breisgau.

Erfahrungsberichte aus dem Architekturbüro

Michael Gies, Josef Ponec

GIES ARCHITEKTEN BDA, Erwinstraße 10, D-79102 Freiburg im Breisgau

Tel. +49(0)761-704398-30, Fax +49(0)761-704398-31

mail: info@giesarchitekten.de, web: www.giesarchitekten.de

1. Vorbemerkung

Beide Häuser stehen nur wenige hundert Meter voneinander entfernt im Freiburger Stadtteil Vauban, der seit 10 Jahren als Wohnquartier auf einem innenstadtnahen Konversionsgelände entsteht und international als ökologisches Modellprojekt gilt. Die Rolle des Bauherren haben bei beiden Bauvorhaben „Baugruppen“ übernommen, Zusammenschlüsse interessierter und engagierter Privatpersonen und Familien, die die Wohnungen überwiegend selbst bewohnen. Bei beiden Bauvorhaben war das Planungsteam weitgehend identisch.

2. Projekt I: Wohnen & Arbeiten, 1999

2.1. Ziele

Ziel der Initiatoren war es, ein in vielen Facetten zukunftsfähiges Gebäude gemeinsam zu planen und zu bewohnen. Das Passivhausprinzip war wesentlicher Teil einer auch soziale Ziele und sanitärökologische Aspekte umfassenden Gesamtkonzeption. Der Planungsprozess wurde von verschiedenen Forschungsinstituten begleitet.

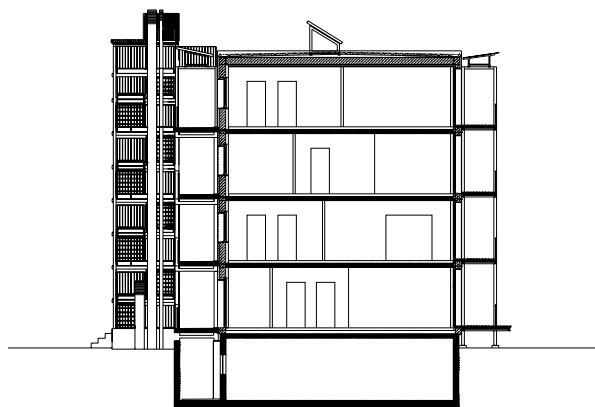
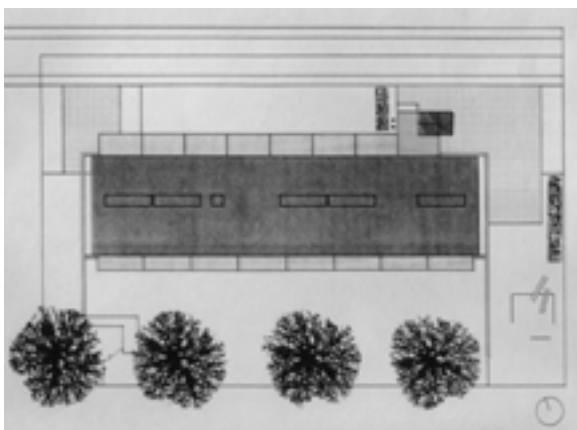


Abb. 1 und 2 Lageplan und Schnitt

Kompaktes Volumen für die Hauptnutzung zur Verringerung von Wärmeverlusten, Längsorientierung zur Optimierung der südexponierten Fassadenflächen

2.2. Architektur

Die Tragstruktur des viergeschossigen Gebäudes ist massiv und unterstützt damit Wärmespeicherung und Schallschutz. Sie ist mit tragenden Querwänden ausgeführt, mit Deckenspannweiten von vier, fünf und sechs Metern. Die Haustiefe beträgt knapp

zehn Meter. Ergebnis ist ein einfaches, kostengünstiges System aus Raumzellen, die sich horizontal und vertikal beliebig miteinander verknüpfen und über Laubengänge erschließen lassen. Auf der Südseite ist ein durchgehendes Balkonregal vorgelagert.

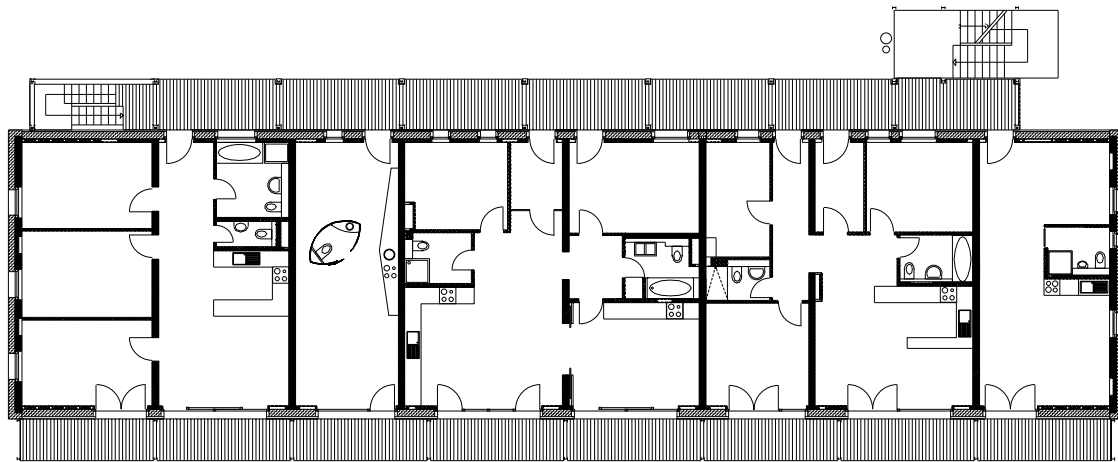


Abb. 3 Grundriss 3.OG

Eine einfache und kostengünstige Tragstruktur, im Ausbau freie Grundrisse



Abb. 4 und 5 Ansichten von Süden und Südosten

Solare Gewinne im Winter durch Fensteranteil von 50% an der Fläche der Südfassade, im Sommer Schutz vor Überhitzung durch vorgestelltes durchlaufendes Balkonregal und die Reihe der Bäume

2.3. Haus als Kollektor

Die Wärmeverluste des Gebäudes nach außen sind durch die kompakte Gebäudegeometrie, hohe Dämmstärken und die Auslagerung von Nutzungen ohne thermische Anforderungen (Keller, Treppen, Zugänge) auf ein Minimum reduziert. Zur Vermeidung von Kältebrücken wurden zahlreiche Details speziell entwickelt.

Die Südfassade ist zur Hälfte verglast. Im Sommer ist das Haus durch die Belaubung der alten Alleebäume und durch die Balkonüberstände vor Überhitzung geschützt.



Abb. 6 und 7 Ansichten von Nordosten und Norden
20% Fensteranteil, Treppe und Gänge außerhalb der thermischen Hülle

2.4. Aktive Energie-Komponenten

Eine kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung garantiert einen konstanten Luftwechsel mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80%. Der Heizwärmebedarf des Gebäudes beträgt 14.827 kWh/a. Daraus ergibt sich ein nutzflächenbezogener Energiekennwert für Heizwärme (Nutzenergie) von 10,2 kWh/m²/a. Das Gebäude spart gegenüber einem vergleichbaren konventionellen Neubau ca. 85% Kohlendioxid.

Der Restenergiebedarf wird durch ein erdgasbetriebenes Mini-Blockheizkraftwerk mit 12 kW Heizleistung und eine thermische Solaranlage gedeckt. Die Solaranlage hat eine Fläche von 50 m² und trägt im Winter auch zur Heizung bei. Im Sommer deckt sie den Warmwasserbedarf vollständig.

Die Versorgung mit elektrischem Strom erfolgt zu ca. 80% über das Blockheizkraftwerk sowie eine 3,2 kW Photovoltaikanlage, die den Laubengang überdacht.

2.5. Erfahrungen

Das Gebäude wurde 1999 fertiggestellt. Das enge Kostenbudget konnte eingehalten werden. Die reinen Baukosten (ohne MWSt.) betrugen 1.058,00 €/ m² Wohnfläche, die Mehrkosten gegenüber einem konventionellen Neubau 7%. Die Zufriedenheit der Bewohner ist bis heute sehr hoch. Das Energiekonzept hat sich bewährt und das Gebäude findet in der Fachwelt große Beachtung.

3. Projekt II: Klee Häuser, 2006

3.1. Architektur

Die Wohnanlage besteht aus zwei, in der Höhe gestaffelten, südorientierten Gebäuden mit insgesamt 25 Wohnungen zwischen 48 m² und 139 m² Wohnfläche. Die Gesamtwohnfläche beträgt 2.505 m².



Abb. 8 Gesamtansicht der Wohnanlage

Durch die Höhenstaffelung der Gebäude werden beide Südfassaden optimal besonnt.

3.2. Konstruktion

Das Konzept baut auf den Erfahrungen des Projektes „Wohnen & Arbeiten“ auf. Bewährtes wurde übernommen, einzelne Details wurden weiterentwickelt, neue innovative Produkte wurden eingesetzt, wie etwa Fenster mit überglastem Flügelrahmen.



Abb. 9 und 10 Die Häuser A und B im Juli 2006 kurz vor der Fertigstellung

Die meisten Fenster sind einflügelig, um Rahmenanteile zu minimieren. Die Anordnung der Fenster ist den unterschiedlichen Wohnungsgrundrissen angepasst.

Einige Merkmale und Gebäudedaten im Überblick:

- Dämmstandard: 20 bis 35 cm Wärmedämmung, 3-fach-Verglasung
- Gebäudetechnik: Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung, Blockheizkraftwerk und 60m² thermische Solaranlage für Heizung und Warmwasser als aktive Energiequellen
- Sonstige Maßnahmen: Gasanschluss zum Kochen, Zentrale Wasch- und Trockenräume; energiesparende Beleuchtung, Reduktion des elektrischen Energiebedarfs um ca. 40%
- Primärenergiebedarf: 54 kWh/m²a

- Betriebskosten: ca. 25,- € / Monat bei einer 100m² Wohnung für Wärme (Heizung + Warmwasser) und Haushaltsstrom
- Investitionsmehrkosten: ca. 80,- € / m² Wohnfläche
- Besonderheiten: Miteigentum zahlreicher Hausbewohner an einem Energiepark (Wind + Sonne) zur Kompensation der geringen mit den Gebäuden verursachten CO₂-Emissionen (Zero-Haus-Konzept)



Abb. 11 und 12 Die Außenwandkonstruktion im Bau



Abb. 13 und 14 Zur Vermeidung von Kältebrücken wurden die Anschlüsse der Balkonkonstruktionen optimiert.

4. Schlussfolgerungen

Entscheidend für den Erfolg der Projekte, so unsere Erfahrung, ist die frühzeitige und enge Kooperation aller Planungsbeteiligten und ein integrativer Planungsprozeß.

Während der Realisierung ist die Einbindung der Bauausführenden und ihres know-hows ebenso wichtig wie eine Organisation des Bauablaufs, die etappenweise Qualitätskontrollen erlaubt und nötigenfalls Nachbesserungen ermöglicht.

Das architektonische Konzept muss von Anfang an Belange der Energieeffizienz berücksichtigen. Eine eindimensionale Sichtweise ist dabei zu vermeiden. Im Interesse einer umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie müssen auch die „klassischen“

Themen der Architektur in hohem Maße zur Geltung gebracht werden: Langfristige Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit, Ausführungsqualität und Dauerhaftigkeit der Konstruktion.

5. Adressen und Projektbeteiligte

Adressen: Wohnen & Arbeiten: Walter-Gropius-Straße 22, D-79100 Freiburg; Kleehäuser: Paul-Klee-Straße 6-8, D-79100 Freiburg / Auftraggeber: Baugruppen „Wohnen & Arbeiten“ und „Kleehäuser“ / Architekt: Common & Gies Architekten (1996 – 2005), Freiburg, Projektarchitekt: Michael Gies / Statik: Ing.-Büro Wolfgang Feth, Freiburg / Bauphysik: solares bauen GmbH, Freiburg / Bauphysik-Kooperationpartner (Wohnen & Arbeiten): Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg / Gebäudetechnik (Wohnen & Arbeiten): Krebser und Freyler, Tettingen / Gebäudetechnik (Kleehäuser): solares bauen GmbH / Sanitärkonzept (Wohnen & Arbeiten): Aturus, Jörg Lange, Freiburg

6. Literatur (Auswahl)

- (1) GAUZIN-Müller, D. Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau - Konzepte, Technologien, Beispiele. Basel – Birkhäuser-Verlag 2002
- (2) KOLB, B. *Nachhaltiges Bauen in der Praxis* München – Blok-Verlag 2004

Dva domy pro více rodin s konstrukcí pasivního domu ve Freiburg im Breisgau.

Zprávy o zkušenostech z projektové kanceláře

překlad

1. Úvodní poznámka

Oba domy se nachází ve vzájemné vzdálenosti pouhých několik set metrů ve freiburské městské části Vauban, která vznikla před 10 lety jako obytná čtvrť na upraveném terénu v blízkosti vnitřního města a v mezinárodním měřítku je považována za ekologický modelový projekt. Roli stavebníka převzaly u obou stavebních záměrů odpovídající „stavební skupiny“, což jsou sdružení zainteresovaných a angažovaných soukromých osob a rodin, které v bytech bydlí převážně samy. V případě obou stavebních záměrů byl projektový tým většinou identický.

2. Projekt I: Bydlení & práce, 1999

2.1. Cíle

Cílem iniciátorů bylo společně vyprojektovat a začít obývat budovu, kterou lze v mnoha ohledech nazývat budovou budoucnosti. Princip pasivního domu byl podstatnou součástí celkové koncepce zahrnující rovněž odpovídající sociální cíle a ekologické aspekty. Proces projektování probíhal ve spolupráci s různými výzkumnými ústavy.

[Grafika]

Obr. 1 a 2 Situační plán a řez

Kompaktní rozsah hlavního užívání za účelem snížení tepelných ztrát; podélná orientace za účelem optimalizace fasádních ploch směřujících k jihu

2.2. Architektonická stránka

Nosná struktura čtyřpodlažní budovy je masivní, což zlepšuje akumulaci tepla a zvukovou izolaci. Budova je provedena s nosnými příčnými stěnami a rozpětí stropů činí čtyři, pět a šest metrů. Hloubka budovy činí zhruba deset metrů. Výsledkem je jednoduchý a cenově výhodný systém tvořený prostorovými buňkami, které lze vodorovně a svisle libovolně vzájemně propojovat a zpřístupňovat arkádami. Na jižní straně je předsunutá průběžná balkónová plocha.

[Grafika]

Obr. 3 Půdorys 3. NP

Jednoduchá a cenově výhodná nosná struktura; ve výstavbě volné půdorysy

[Fotografie]

Obr. 4 a 5 Pohledy z jihu a z jihovýchodu

Solární zisky v zimě díky podílu oken 50 % na ploše jižní fasády, v létě ochrana před přehříváním díky předsunuté průběžné balkónové ploše a řadě stromů

2.3. Dům jako kolektor

Tepelné ztráty budovy směrem ven byly sníženy na minimum díky kompaktní geometrii budovy, vysokým tloušťkám izolace a vyloučení užitných prostor bez tepelných nároků (sklep, schodiště, vstupy). Aby se zabránilo vzniku tepelných mostů, tak byly speciálně vyvinuty četné detaily.

Jižní fasáda je z poloviny zasklená. V létě je dům chráněn před přehříváním listovým starých stromů v aleji a balkónovými přesahy.

[Fotografie]

Obr. 6 a 7 Pohledy ze severovýchodu a severu
Podíl oken 20 %, schody a chodby mimo tepelný plášť

2.4. Aktivní energetické složky

Kontrolované větrání s rekuperací tepla je zárukou konstantní výměny vzduchu se stupněm rekuperace tepla ve výši 80 %. Spotřeba tepla na vytápění budovy činí 14.827 kWh/a. Z toho vyplývá energetický parametr topného tepla (užitné energie) vztažený k užitné ploše ve výši 10,2 kWh / m² / a. Budova zaručuje oproti srovnatelné konvenční novostavbě úsporu oxidu uhličitého ve výši cca 85 %.

Zbývá potřeba energie je pokrývána miniblokovou tepelnou elektrárnou s pohonem na zemní plyn s topným výkonem 12 kW a odpovídajícím termickým solárním zařízením. Plocha solárního zařízení je 50 m² a v zimě rovněž přispívá k vytápění. V létě zcela pokrývá spotřebu teplé vody.

Napájení elektrickou energií probíhá zhruba z 80 % přes blokovanou tepelnou elektrárnu a dále přes fotovoltaické zařízení o výkonu 3,2 kW, které zastřešuje podloubí.

2.5. Zkušenosti

Budova byla dokončena v roce 1999. Těsný rozpočet nákladů bylo možno dodržet. Čisté náklady stavby (bez DPH) činily 1.058,00 € / m² obytné plochy a vícenáklady oproti konvenční novostavbě se pohybovaly ve výši 7 %. Spokojenost obyvatel je dosud velmi vysoká. Energetická koncepce se osvědčila a budova je vysoce hodnocena v odborném světě.

3. Projekt II: Klee Häuser, 2006

3.1. Architektonická stránka

Bytové zařízení se skládá ze dvou výškově uspořádaných budov orientovaných na jih s celkem 25 byty s obytnou plochou mezi 48 m² a 139 m². Celková obytná plocha činí 2.505 m².

[Grafika]

Obr. 8 Celkový pohled na bytové zařízení
Díky výškovému uspořádání budov jsou obě jižní fasády optimálně vystaveny slunci.

3.2. Konstrukce

Koncepce se opírá o zkušenosti z projektu „Bydlení & práce“. Osvědčené postupy byly převzaty, jednotlivé detaily byly rozpracovány dál a byly použity další inovativní výrobky, jako např. okna se zaskleným rámem křídla.

[Fotografie]

Obr. 9 a 10 Domy A a B v červenci 2006, krátce před dokončením

Většina oken je jednokřídlých, aby se minimalizovaly rámové plochy. Uspořádání oken je přizpůsobeno různým půdorysům bytů.

Přehled základních znaků a údajů budov:

- Standard izolace: tepelná izolace 20 až 35 cm, trojnásobné zasklení
- Tech. vybav. budovy: větrací jednotka s rekuperací tepla ve výši 80 %, bloková tepelná elektrárna a termické solární zařízení s plochou 60 m² určené k vytápění a výrobě teplé vody jako aktivní zdroje energie
- Ostatní opatření: plynová přípojka pro vaření, centrální prostory prádelny a sušárny; úsporné osvětlení, snížení spotřeby elektrické energie o cca 40 %
- Primární spotřeba energie: 54 kWh / m²a
- Provozní náklady: cca 25,- € / měsíčně u bytu 100 m² za teplo (vytápění + teplá voda) a elektrickou energii pro domácnost
- Investiční vícenáklady: cca 80,- € / m² obytné plochy
- Zvláštnosti: spoluvlastnictví četných obyvatel domu v souvislosti s energetickým parkem (vítr + slunce) za účelem kompenzace nízkých emisí CO₂ způsobenými budovou (koncepte nulového domu).

[Fotografie]

Obr. 11 a 12 Konstrukce vnější stěny ve výstavbě

[Fotografie]

Obr. 13 a 14 Za účelem minimalizace tepelných mostů byly optimalizovány přípoje balkónových konstrukcí.

4. Závěr

Jak ukázaly zkušenosti, jsou pro úspěch projektů rozhodující včasná a úzká spolupráce všech účastníků projektu a dále integrativní proces projektování.

Během realizace má činnost subjektů provádějících stavbu a jejich know-how stejnou důležitost jako správná organizace průběhu stavby, která umožňuje kontrolu kvality po jednotlivých etapách a případné opravy.

Architektonická koncepce musí již od začátku zohledňovat veškeré potřeby související s energetickou účinností. Přitom je třeba se vyvarovat jednorozměrového způsobu pohledu. V zájmu rozsáhlé strategie trvalé udržitelnosti je třeba vysokou měrou

uplatňovat rovněž "klasická" architektonická témata: dlouhodobá funkčnost a pohodlí pro uživatele, kvalita provedení a životnost konstrukce.

5. Účastníci projektu

Adresy: Wohnen & Arbeiten: Walter-Gropius-Straße 22, D-79100 Freiburg; Klee Häuser: Paul-Klee-Straße 6-8, D-79100 Freiburg / zadavatel: stavební skupiny „Wohnen & Arbeiten“ a „Klee Häuser“ / architekt: Common & Gies Architekten (1996 – 2005), Freiburg, architekt projektu: Michael Gies / statika: inženýrská kancelář Wolfgang Feth, Freiburg / stavební fyzika: solares bauen GmbH, Freiburg / kooperační partneři v oblasti stavební fyziky (Wohnen & Arbeiten): Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg / technické vybavení budov (Wohnen & Arbeiten): Krebser und Freyler, Teningen / technické vybavení budov (Klee Häuser): solares bauen GmbH / koncepce sanitárních zařízení (Wohnen & Arbeiten): Aturus, Jörg Lange, Freiburg

6. Literatura (výběr)

- (1) GAUZIN-Müller, D. Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau - Konzepte, Technologien, Beispiele. Basel – Birkhäuser-Verlag 2002
- (2) KOLB, B. *Nachhaltiges Bauen in der Praxi*. München – Blok-Verlag 2004

Nové realizace pasivních domů a aplikace principů nízkoenergetické výstavby

Ing.arch. Mojmir Hudec, Atelier ELAM, Pekařská 6, 602 00 Brno
tel./fax: 543 234 510 e-mail: elam@elam.cz

1. Úvod

V letošním roce byly v okolí Brna stavebně dokončeny dva pasivní domy. V Ivanovicích u Brna byla v létě dokončena novostavba pasivního domu v tradiční zděné technologii. Dům vychází z optimálního tvaru pro pasivní dům včetně použití pultové střechy.

Další dům s použitím principů pasivního domu byla dokončen v Bílovicích. Jedná se o rekonstrukci předválečné vily umístěné v prudkém svahu, kde bylo nutno náročně řešit tepelné mosty spolu s hydroizolací.

1.1. Dům v Ivanovicích u Brna

Obr. 1 Dům je otočen hlavní stěnou k jihu



Obr. 2 Řez příčný



Architektonická a pasivně energetická koncepce

Dvojpodlažní pasivní dům je umístěn v nové husté zástavbě nesourodých domů. Dům má ideální orientaci na světové strany. Dům je obložen dřevěným obkladem, jednopodlažní část s garáží je s omítkou. Zdivo je z keramických bloků. Pultová střecha je z úsporných dřevěných vazníků. Strop je železobetonový monolitický.

Je použita kompaktní jednotka využívající dešťovou vodu, voda se používá na splachování WC a pro praní.

Izolační standard konstrukcí

Izolace podlahy nad terénem	polystyren 200 mm
Obvodová stěna	keramické bloky 240 mm+minerální vlna 240 mm v dřev.obkladu
Izolace střechy	minerální vlna 400 mm
Okenní konstrukce	izolační sklo s folií HEAT MIRROR U = 0,58
Teplovodní fasádní kolektory	13 m ²

Součinitelé prostupu tepla U základních částí stavby:

Obvodová stěna	0,140 W/m ² K
Základová deska	0,145 W/m ² K
Střecha	0,110 W/m ² K

Okna	0,7 W/m ² K
Měrná spotřeba tepla na vytápění do	15 kWh/m ² rok

Vzduchotechnika a vytápění

Je použita větrací rekuperační jednotka s ohřevem vzduchu s výdechy teplého vzduchu pod okny. Ohřev vzduchu je teplovodním výměníkem z akumulční nádrže. Jednotka je napojena na zemní registr. Akumulační nádrž je napojena na sluneční kolektory, které jsou provedeny jako fasádní. V solární systému je použito technologie umožňující využití zbytkového tepla kolektorů v období s nízkým svitem a s nabitou akumulční nádrží.

Jako doplňkový zdroj je použit krb na dřevo.

1.2. Dům v Bílovicích

Obr. 3 Původní dům a dům po rekonstrukci



Architektonická a pasivně energetická koncepce

Třípodlažní vila s fádňí architekturou a s nevhodnými přístavbami byla rekonstruována na principech pasivního domu. Hlavní fasáda je orientovaná na jihozápad. Stávající zdivo z keramických dutých cihel bylo přiizolováno minerální vlnou s kolmo orientovanými vlákny. Střecha je z kombinace pultové střechy s pálenou krytinou a ploché střechy na které jsou umístěny kolektory. Střecha je provedena z úsporných dřevěných vazníků. Stropy jsou původní, dřevěné. Okna dřevěná zasklená izolačními trojskly. Stávající tepelné mosty stavby byly náročně eliminovány. Základy byly dodatečně přiizolovány a u opěrné zdi byla použita izolace z vnitřní strany domu.

Izolační standart konstrukcí

Izolace podlahy nad terénem	polystyren 70-200 mm
Obvodová stěna	keramické dutinové bloky tl. 450 mm+ minerální vlna 220 mm
Izolace střechy	minerální vlna 400 mm
Okenní konstrukce	izolační trojsklo U= 0,6
Teplovodní kolektory	9 m ²

Vzduchotechnika a vytápění

Je použita větrací rekuperační jednotka s ohřevem vzduchu s výdechy teplého vzduchu pod okny. Jednotka je s ohřevem vzduchu přes teplovodní výměník z akumulční nádrže s elektrickým ohřevem. Akumulační nádrž je napojena na sluneční kolektory, které jsou umístěny na střeše.

Jako doplňkový zdroj je použito dvou krbových kamen na dřevo.

Pasivní domy – výstavba a užívání

Stanislav Karásek, Karon s.r.o.

Prostějovičky č.40, 798 03 Plumlov

Tel:+420 582 331 518, Fax:+420 582 393 620, e-mail:karon@seznam.cz

1. Realizace nízkoenergetických domů v pasivním standardu

1.1. Úvod

Úměrně s tím, jak rostou ceny energií, roste i poptávka po energeticky úsporných, potažmo energeticky pasivních domech. Nermalou měrou se na růstu poptávky podílí i publicita, které se tomuto stavění v poslední době dostává. Ne všichni však chápou, že výstavba takových domů vyžaduje zcela odlišný přístup k celému procesu výstavby. Nejedná se ani tak o problémy technické, ale je třeba změnit především způsob myšlení a přístup k práci všech zúčastněných od investora přes projektanta až po dodavatele.

1.2. Realizované domy

V současné době máme dokončeny a obydleny čtyři domy stavěné v pasivním standardu. Úmyslně neuvádím pasivní, protože vyjma domu v Myslejovicích, nebyla měřena průvzdušnost obvodového pláště. Další stavíme, nebo probíhá stavební řízení, jiné jsou ve stádiu projektu.

Dokončené a obydlené:

Dům v Dubicku si stavěl investor svépomocí, podle našeho projektu a pod naším vedením. Ostatní domy jsme stavěli my podle námi zpracované projektové dokumentace.

Dům v Dubicku u Zábřeha na Moravě

- přízemní s podkrovím, nosná konstrukce z betonových tvárnic vyplněných betonem.

Dům v Olomouci Chomoutově

- dvojpodlažní, nosná konstrukce zděná z cihel

Dům v Myslejovicích, okres Prostějov

- dvojpodlažní, nosná konstrukce z panelů K-KONTROL

Dům v Křenůvkách, okres Prostějov

- přízemní, nosná konstrukce z panelů K-KONTROL

Ve výstavbě:

Dům v Bělkovicích-Lašťanech, okres Olomouc

- dvojpodlažní, nosná konstrukce z panelů K-KONTROL

Nízkoenergetický dům v Alojzově, okres Prostějov

- přízemní dům, nosná konstrukce z THERMOPANELŮ

Protože každý z uvedených konstrukčních systémů má jiná specifika řešení detailů, jiné požadavky na profesní složení pracovních čt, na vybavení mechanizací atd. rozhodli jsme se, pro další domy používat systému K-KONTROL.

Společné je u všech výše uvedených domů použití zemního výměníku, větracích jednotek Duplex, vyjma ND Alojzov použití plastových oken a dveří z profilů VEKA TOPLINEplus, u oken použití trojskel.

1.3. Úskalí výstavby EPD

Při projektování a realizaci těchto domů narážíme na několik opakujících se problémů a nedostatků. Ze strany investorů jde většinou o nepochopení principu, kdy pasivní dům považují pouze za trochu lépe zateplený obyčejný dům. Z toho potom často plyne požadavek upravit na pasivní dům katalogový projekt pro tento účel zpravidla naprosto nevhodný. Další libůstkou je snaha nahradit „zbytečně drahá“ okna a vstupní dveře levnějšími bez ohledu na jejich parametry, k čemuž přispívají značnou měrou výrobci tím, že uvádějí především hodnotu prosklení a o rámech taktně mlčí. Naopak mít v domě krb a komín je poměrně častým požadavkem. Přitom v pasivním domě jsou zbytečné a v podstatě nevyužitelné. Peníze vyhozené za krb a komín je opravdu lepší investovat právě do výplní otvorů.

Občas se na nás investor obrátí s poptávkou na stavbu nízkoenergetického nebo pasivního domu podle dodaného projektu. Zpravidla se jedná o projekty ke stavebnímu povolení ve kterých samozřejmě chybí řešení detailů, obsahují tepelné mosty, nebo součinitel prostupu tepla některých konstrukcí nesplňuje ani požadavek normy, a přitom je dům vydáván za nízkoenergetický. Chyby bývají také v projektech vzduchotechniky.

Na straně dodavatele případně subdodavatele je nejčastější chybou podhodnocení ceny z neznalosti problematiky a následné nedodržení technologické kázně se všemi z toho plynoucími důsledky.

1.4. Větrací systém – srdce domu a opomíjená vzduchotěsnost obálky

Pasivní dům, aby fungoval a přitom nebyl zbytečně drahý, nemá v podstatě žádné rezervy a každá chyba se nutně projeví. Tak jak je nutné vyřešit tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí, tepelné mosty a vazby, je nutno navrhnout a realizovat větrací systém. Ani zdaleky každý projektant a každá firma zabývající se vzduchotechnikou, jsou schopni navrhnout a zrealizovat dobře fungující větrací systém do rodinného domu. Sebelépe zaizolovaný dům s těsnou obálkou a dostatkem pasivních solárních zisků, ale s nefunkčním větracím systémem je nefunkční těžkoopravitelný zmetek. Bohužel je to naše vlastní zkušenost, s tímto projektantem už nespolupracujeme a vzduchotechnické rozvody si provádíme sami. Dobře navržené a provedené vzduchotechnické rozvody nepotřebují téměř regulovat. Další podmínkou funkčního větracího systému je vzduchotěsná obálka. Už při zpracovávání projektu je nutno navrhnout dům tak, aby bylo možno vzduchotěsnost domu zajistit. Největší měrou ji ale ovlivňuje důslednost při realizaci stavby. Dnes již investoři jednoznačně

požadují prokázání dodržení normou stanovených hodnot průvzdušnosti měřením. V přípravném měření námi budovaného RD v Bělkovicích –Lašřanech byla naměřena hodnota $n_{50} = 0,48 \text{ h}^{-1}$. I když se nejednalo o certifikační měření, lze reálně předpokládat při certifikačním měření, po dokončení stavby, minimálně stejně dobrý výsledek.

1.5. *Dům v Myslejovicích a jeho chování*

Jedná se o dřevostavbu montovanou z panelů systému K-KONTROL. Na panely je z vnější strany přikotvena vrstva 20 cm polystyrenu, v podlaze je 30 cm polystyrenu a v půdním prostoru mezi vazníky 50 cm celulózy (climatizer). Použitá okna i vstupní dveře mají U_w menší než $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Proti nadměrným solárním ziskům jsou okna v patře chráněna přesahem střechy, v přízemí budou okna zastíněna solárními kolektory. Dům je vybaven větrací jednotkou DUPLEX RB s rekuperací napojenou na zemní výměník a integrovaným zásobníkem tepla IZT 615. Je provedena příprava pro připojení fototerálních kolektorů a krbových kamen. Dům byl kolaudován v říjnu 2005 a následně byl v listopadu obydlen. 28.srpna 2006 bylo provedeno certifikační měření neprůvzdušnosti pláště budovy. Naměřená hodnota $n_{50}=0,70$ je sice velice příznivý výsledek, ale hodnota pro pasivní dům byla překročena.

Zastavěná plocha - $74,6 \text{ m}^2$

Užitná plocha - $116,5 \text{ m}^2$

Obestavěný prostor - $522,2 \text{ m}^3$

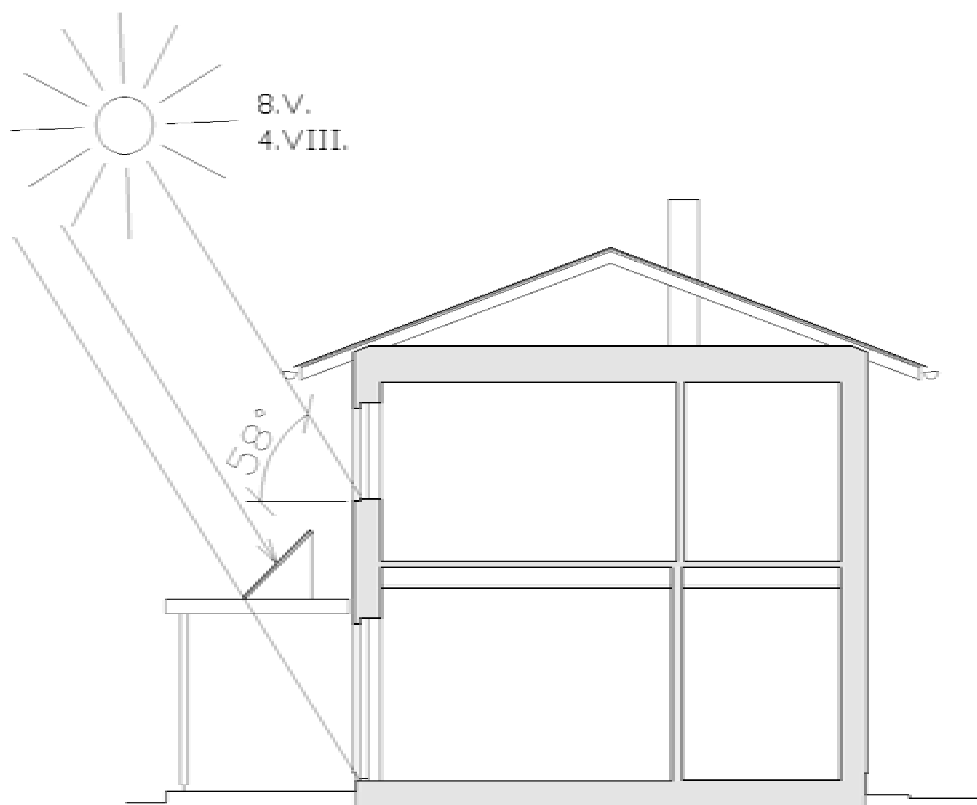
Obvodová stěna $U = 0,118 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Strop nad II.N.P. $U = 0,109 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

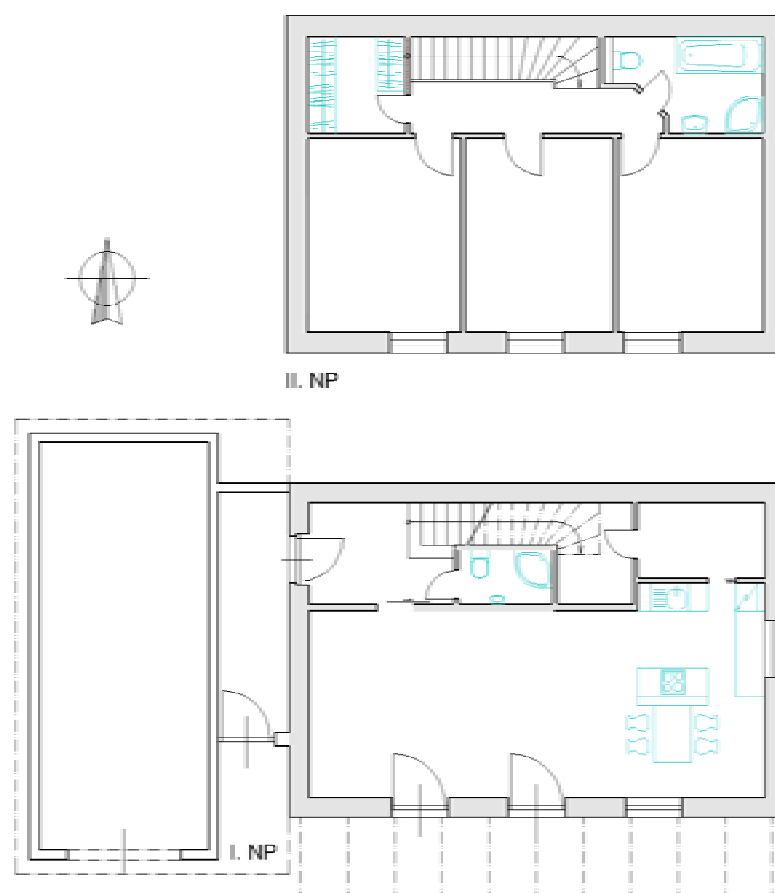
Podlaha nad terénem $U = 0,130 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Celkové U_w oken a vstup. dveří $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Průvzdušnost obálky naměřená $n_{50} = 0,70 \text{ h}^{-1}$



Obr. 1 Řez se znázorněním stínění



Obr. 2 Půdorysy

V domě žijí dva dospělí a dítě mladší dvou let

Chování domu tak jak je popsal majitel:

ZIMA

- Vytápění domu přes den od 6:00 do 21:30 na 23°C
- Noční teplota od 21:30 do 6:00 nastavena na 20°C
- V 6:00 je teplota obvykle 21,5°C (dům přes noc vychladne o 1,5°C)
- Rekuperační jednotka je zapnuta nonstop
- Vlhkost vzduchu se pohybuje v rozpětí 50 – 60% (změny vlhkosti jsou tak malé, že nemá smysl denní měření), vlhkoměr kalibrován.
- Výstupní teplota vzduchu ze zemního výměníku při venkovní teplotě –22°C, měřeno 23.ledna 2006.
 - + 4°C při maximálním výkonu
 - + 7°C v režimu normal
- Naměřená účinnost rekuperační jednotky v režimu větrání s uzavřenou klapkou vnitřního oběhu vzduchu dne 19.března 2006.
 - 82% při maximálním výkonu
 - 91% v režimu normal

LÉTO

Venkovní teplota asi 35°C – tropické teploty asi 10 dnů, větrací jednotka v režimu BYPAS

- Vnitřní vlhkost vzduchu kolem 70%
- Výstupní teplota ze zemního výměníku z počátku 17°C, v průběhu týdne se zvýšila na 22°C
- Dům bylo možno vychladit z počátku na 22,5°C, v průběhu týdne na 24°C – stále velice příjemná teplota vzhledem k vedrům za okny.
- Množství kondenzátu v zemním registru z počátku téměř 1 litr za den, v trvajících vedrech klesá až na 1 litr za 4 dny. Celkové množství kondenzátu za celé léto cca 10 litrů.
- V režimu intenzivního chlazení kdy byl dům intenzivně přetlakován, nebyl problém otevřít dveře do domu nebo na terasu aniž by se do domu dostal horký venkovní vzduch.



1.6. Hodnocení kvality bydlení v realizovaných domech

S úsporou nákladů na vytápění všichni investoři počítali. Příjemně však byli překvapeni čistým vzduchem bez pachů a bezprašným prostředím v domě.

1.7. Cenové relace

Všeobecně se uvádí, že cena pasivního domu je zhruba o 10% vyšší než cena běžného domu. V čísle 6/2006 časopisu „Materiály pro stavbu“ vyšel článek Ing. Vladimíra Fikara „Orientační ceny rozpočtových ukazatelů stavebních objektů dle měrných jednotek objektů pro rok 2006 – II. pololetí“. Pro obor 803-8 „budovy pro bydlení se svislou nosnou konstrukcí dřevěnou nebo na bázi dřeva“ zde uvádí cenu za 1m³ obestavěného prostoru 5.140,- Kč. Pokud vezmeme tuto částku jako cenu běžného domu, pak by 1 m³ obestavěného prostoru energeticky pasivního domu neměl překročit částku 5.654,- Kč. Námi stavěné domy se do této částky vejdou.

2. Literatura

- (1) Ing. Pavel Fikar, PORINGS s.r.o. - Orientační ceny rozpočtových ukazatelů stavebních objektů dle měrných jednotek objektů pro rok 2006 – II. pololetí“, Materiály pro stavbu 6/2006

3. Realisierung von Niedrigenergiehäusern im Passivhaus-Standard

Proportional zum Energiepreiswachstum wächst auch die Nachfrage nach energiesparenden, ggf. energiepassiven Häusern.

Wir haben bereits vier Häuser im Passivhaus-Standard gebaut, alle sind bewohnt und voll funktionsfähig.

Zurzeit läuft der Bau eines weiteren Passivhauses, eine Vormessung der Luftdichtheit wurde am 28. 8. 2006 durchgeführt und ergab $n_{50} = 0,48 \text{ h}^{-1}$.

Am 28. 8. 2006 wurde auch eine Luftdichtheitsmessung eines Referenzhauses durchgeführt, der gemessene Wert betrug $n_{50} = 0,70 \text{ h}^{-1}$.

Eigenschaften des Hauses, beschrieben vom Eigentümer:

WINTER

- Die Luftfeuchtigkeit bewegt sich zwischen 50 und 60%.
- Temperatur der aus dem Erdtauscher ausströmenden Luft bei -22 °C, gemessen am 23. Januar 2006:
 - + 4°C bei Maximalleistung
 - + 7°C in der Normaleinstellung
- Wirksamkeit der Rekuperationseinheit im Betriebsmodus „Lüften“, mit geschlossener Klappe des Innenluftumlaufes, gemessen am 19. März 2006:
 - 82% bei Maximalleistung
 - 91% in der Normaleinstellung

SOMMER

Außentemperatur ungefähr 35 °C – etwa zehn Tage lang tropische Temperaturen, Lüftungseinheit im Betriebsmodus BYPAS

- Luftfeuchtigkeit im Inneren ungefähr 70%
- Temperatur der aus dem Erdtauscher ausströmenden Luft: zu Beginn 17 °C, im Laufe der Woche Erhöhung auf 22 °C
- Zu Beginn konnte das Haus auf 22,5 °C gekühlt werden, im Laufe der Woche auf 24°C, was im Vergleich zu der Hitze draußen immer noch eine sehr angenehme Temperatur war.
- Die Kondenswassermenge im Erdregister betrug zu Beginn fast 1 Liter pro Tag, während der lang andauernden Hitze sank die Menge bis auf 1 Liter in 4 Tagen. Die Gesamtmenge des Kondenswassers betrug ca. 10 Liter über den Sommer hinweg.
- Im Betriebsmodus der intensiven Kühlung herrschte im Haus ein verhältnismäßig großer Überdruck, was ein Öffnen der Haus- oder Terrassentür ermöglichte, ohne dass heiße Außenluft hereinströmen konnte.

3.1. Preisverhältnisse

Für den Bereich 803-8 "Wohnhäuser mit einer senkrechten tragenden Konstruktion aus Holz oder auf Holzbasis" wird für das Jahr 2006 ein Durchschnittspreis von 5.140,- CZK pro 1 m³ umbauten Raumes angegeben. Wenn wir den Preis unserer Häuser mit dieser Angabe vergleichen, ist der Preis unserer Häuser im Passivhaus-Standard nur um max. 10% höher.

3.2. Verwendete Literatur

- (1) Ing. Pavel Fikar, PORINGS s.r.o. – „Orientační ceny rozpočtových ukazatelů stavebních objektů dle měrných jednotek objektů pro rok 2006 – II. pololetí“, Materiály pro stavbu 6/2006

Stavby pasivních řadových RD v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích

Ing. Petr Mareček, HRMA s.r.o.

Horní náměstí 12, 772 00 Olomouc

Tel.: 602 248 696, e-mail: marecek.peter@seznam.cz

Společnost Hrma s.r.o. se na podzim roku 2003 začala zabývat myšlenkou výstavby moderních ekologických řadových RD. Situace v našem stavebnictví se v této době dostávala do fáze vysokého nárůstu, který se po hrozbě navýšení DPH proměnil v současnou stavební horečku. Její kulminace je tedy velice blízká a nastane nejpozději ve chvíli tohoto navýšení. Po zkušenostech ze SRN v polovině 90-tých let, kdy došlo během velice krátké doby k přesycení trhu s nemovitostmi spojeném s prudkým (až 25%) poklesem jejich cen nám bylo jasné, že je třeba postavit objekty po všech stránkách atraktivní a výjimečné, domy, které budou i v období sníženého zájmů vykazovat vysokou konkurenceschopnost spojenou s přiměřenou komerční zdatností.

Vzhledem k tomu, že zkušenosti z oblasti výstavby nízkoenergetických, ultranízkoenergetických nebo pasivních domů jsou u nás ojedinělé a prozatím ne zcela dostatečně technicky a technologicky podchycené a zaznamenané (značný díl na této situaci má takřka nulová podpora ze strany státních orgánů) obrátili jsme se v přípravné fázi na naše jižní a západní sousedy. Především Institut pasivního domu v Darmstadtu v čele s Prof. Feistem a pan Günter Lang z Rakouska se nám stali bohatým zdrojem inspirací a rad, projekčních pokynů a upozornění, za což jim také tímto děkujeme.

Priority, které naše budoucí dílo musí splňovat, jsme seřadili podle důležitosti v následujícím pořadí:

1. hygienická nezávadnost objektu a jeho vnitřní pohoda
2. celková ekonomická bilance
3. ekologie stavby a jeho provozu
4. stálost a trvalost jeho hodnoty
5. prodejnost

Inspirací pro prioritu bodu 1. jsou nesčetné neblahé zkušenosti při užívání novostaveb které se v posledních letech vybudovaly, a které nejsou vybaveny vhodným větráním. Nebezpečnost plísní, které 90% novostaveb RD doslova prorůstají je obecně populaci známá jen částečně, ale ti, kteří se věcí zabývají vědí, že situace je velice vážná a odpovědnost těchto mikroorganismů za mnohé potíže a onemocnění více než prokazatelná.

K prioritě bodu 2. nás vedlo ekonomické hodnocení podobných, již osvědčených staveb v SRN a Rakousku a jejich následně naměřené celkové náklady.

Bod 3. odráží naše osobní přesvědčení a postoje, bod 4. se odvíjí od potřeb zákazníka, bod 5. je pak odrazem potřeb naší společnosti.

Součet výše uvedených potřeb a požadavků a schopnost jednotlivých způsobů provedení RD tyto naplnit, nás jednoznačně přesvědčili pro alternativu **pasivního domu**.

Po absolvování tohoto důležitého milníku jsme se tedy ocitli v předprojektční fázi, která se ukázala být velice pestrá, zajímavá, tvůrčí ale také velmi a velmi obsáhlou. Šlo o stanovení základních konstrukčních materiálů a výrobků pro stavbu s ohledem na jejich následující vlastnosti:

- hloubku zpracování systémového řešení,
- kompletnost nabídky,
- schopnost eliminace faktoru lidského selhání,
- dlouhodobé zkušenosti s aplikací a následným užíváním,
- ekologickou náročnost a nezávadnost,
- požární bezpečnost,
- ochranu před hlukem,
- cenu.

Stanovení veškerých materiálů a výrobků společně s celkovou pečlivou kalkulací jsme považovali za rozhodující činnost pro naplnění platnosti všech pěti výše uvedených priorit.

Pasivní dům lze realizovat prakticky jako každou jinou stavbu, v úvahu připadala nejrozumnější technologicko - technická řešení. Ze všech možností či jejich kombinací jsme se rozhodli z důvodů nižší řemeslné náročnosti a především lepší ochrany před letním přehříváním pro stavbu **masivního domu**.

Kritériem pro výběr materiálů pro hrubou stavbu byla v první řadě kompletnost nabídky, snadná zpracovatelnost, ekologická nezávadnost a nízká energetická výrobní náročnost. Těmto kritériím nejlépe odpovídal materiál firmy YTONG (jediný dodavatel masivní střešní konstrukce).

Dodavatelem výplní otvorů se stala firma Vašíček ze Skalice nad Svitavou, projektantem a dodavatelem technologie se na základě svých referencí a zkušeností stala firma ÖKOLUFT z Rakouska.

Technický popis stavby:

Situační poměry a velikost pozemku nás v rámci založení objektu donutily, vyhloubit rozsáhlou stavební jámu do hloubky základové spáry tohoto založení (1,1m) v oblasti stavby a do hloubky uložení zemního výměníku a tepelného čerpadla (2,5 m) v celém rozsahu zbývajících pozemku.

Po odtěžení celé plochy na hloubku založení a sestavení systémového bednění byly betonovány pasové základy z betonu prostého šířky 40 cm. Tyto byly na vnějším líci do hloubky 90 cm zatepleny perimetrickým polystyrénem třídy 0,035 na P+D o tloušťce 15 cm.

V zahradní části bylo nutno mezitím položit vedení zemního výměníku firmy Rehau AWADUKT PP SN 10, které je opatřeno speciální antibakteriální úpravou. Zároveň bylo položeno vedení tepelného čerpadla.



Obr.2 Pokládka zemního přehříváče



Obr.3 Zateplení základu

Zásyp prostoru v domě byl proveden štěrkoískem hutněným po vrstvách hutnicí deskou. Zásyp přehříváče a čerpadla jemnou spraší ve vrstvě 50 cm, další zásyp pak mezideponovanou zeminou z předešlého výkopu.

Svislé nosné konstrukce domů tvoří zdivo YTONG P5 – 600, tl. 20 cm v oblasti dělících stěn jednotlivých domů a zdivo YTONG P2 – 400 tl. 25 cm na jejich obvodu. To bylo následně opatřeno zateplovacím polystyrénovým systémem o tloušťce 25 cm.

Ve schodišťovém prostoru je navržena nosná zeď z vápenocementové cihly tl. 12,5 cm, založena na pásu z materiálu YTONG tl. 20cm, který leží na betonovém základovém pásu. Jako akustická izolace je ve spáře mezi jednotlivými domy je vložena kamenná vlna Rockwool tl. 30 mm.

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny systémovým stropem YTONG – bílý strop.

Střecha je konstruována jako YTONG- bílá střecha, na ní jsou položeny pomocné konstrukční dřevěné krokva rozměru 14 x 5 cm, mezi něž jsou vloženy polystyrénové fasádní desky třídy 0,035 o tloušťce 14 cm. Následnou konstrukci tvoří systémové zateplení Termodach o tloušťce 14 cm třídy 0,035, které je konstruováno zároveň jako pojistná hydroizolace.

Jako krytina byla použita pálená taška Tondach



Obr. 4 Zed' VC na Ytong



Obr. 5 Strop YTONG



Obr. 6 Konstrukce střechy



Dělicí příčky byly navrženy rovněž z materiálu YTONG P5 - 500. Podlahy jsou anhydritové tl 40 mm, v I NP jsou uloženy na polystyrenové desce tl. 0,25 m, v II NP na kročejové izolaci o tl. 70 mm.

Omítky jsou sádrové tenkovrstvé o tl. 6 mm firmy Baunit, jsou použity i pro omítnutí stropu a střechy.

Srdcem technického zabezpečení budovy je centrální větrací jednotka PAUL Santos F 250 DC se schopností zpětného získávání vzdušné vlhkosti (novinka vylepšující ve svém důsledku mikroklima v zimních měsících), doplněná zemním výměníkem. Přihřívání vzduchu v zimním období je elektrické. Rozvody teplého vzduchu jsou provedeny stropem nad I NP a nad II NP.

Jako zdroj TUV je zvoleno tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,6 a výkonem 2,5 kW, doplněné zásobníkem teplé vody na 296 l pracující s provozní teplotou 52°C.

Okna jsou sendvičová, borová s PUR jádrem a zasklením trojsklem 4/10/4/10/4 s kryptonovou výplní. Jejich celková hodnota U je 0,72, světelná propustnost skla 0,51%. Dveře jsou sendvičové, borové s vložkou z PUR. Jejich U hodnota je rovněž 0,72. Pro snížení nákladů je každá místnost opatřena pouze jedním oknem otevíracím/výklopným, ostatní jsou fixní. Všechny výplně byly před montáží opatřeny obvodovou butylkaučukovou páskou pro zajištění těsnosti jejich uložení.

Součástí stavby jsou dřevěné balkóny, které slouží jako slunolamy pro letní přehřívání a které mají separátní systém založení.

Protože jsme chtěli být o kvalitě svého projektu předem přesvědčeni a ujištění, zvolili jsme pro jeho prokázání výpočtový program Institutu pasivní dům, který slouží v SRN, Rakousku a Švýcarsku jako průkaz pro pasivní dům.

Zde jsou pro představu jednotlivé pracovní listy výpočtového programu:

Název listu	Krátký popis		nutno pro certifikaci?
Průkaz	Data objektu; Souhrn výsledků	Popis objektu, volba výpočtové metody, souhrn výsledků	ano
Plochy	Sestavení ploch	Plochy stavebních dílů, tepelné mosty, vztažené plochy energií. Dbát venkovních rozměrů!	ano
U-List	Sestavení U - hodnot	List výpočtových hodnot z listu U - hodnot, Databanka stavebních dílů	ano
U-hodnoty	Výpočet U - hodnoty obvyklých stavebních dílců	Výpočet koeficientu průchodu tepla podle DIN EN ISO 6946	ano
Zemina	Výpočet redukčních faktorů proti zemině	Upřesňující výpočet tepelných ztrát proti zemině	pokud je užít
Okna	Určení U_w -hodnot	Zadání údajů o geometrii, orientaci, délce a šířce rámu, U_g a U-hodnot rámu a dále ztrátové koeficienty tepelných mostů v oblasti napojení; z toho vyplývající: Zjištění o U_w a celkovém záření	ano
OknoTyp	Jmenovité hodnoty zasklení a rámu	List zasklení a okenních rámu se všemi potřebnými jmenovitými veličinami	ano
Zastínění	Určení koeficientu zastínění a vlivu orientace	Zadání údajů o situaci zastínění, např. balkónem, sousední budovou nebo ostěním a výpočet koeficientu zastínění	ano
Větrání	Množství vzduchu; Bilance přívodu a odvodu, údaje o výsledcích tlakového testu	Výpočet množství vzduchu z mezního minimálního přívodu a odvodu vzduchu podle DIN 1946 díl 6, výpočet vzduchové výměny infiltrací a efektivního stupně přípravy tepla, údaje o výsledcích tlakového testu	ano
Topné teplo	Roční spotřeba tepla k vytápění /Roční metoda	Výpočet roční spotřeby tepla k vytápění metodou energetické bilance v souladu s EN832:	ano

		Transmise + Větrání - η (solární zisk + vnitřní zdroje)	
Měsíční metoda	Měsíční metoda podle EN832	Výpočetní postup pro měsíční metodu podle DIN EN 832. Výběr v listu Objekt, pokud je proveden výpočet touto metodou.	pokud je zvolen
Topná zátěž	Výpočet topné zátěže budovy	Výpočet jmenovitého topného zatížení bilanční metodou pro výpočtový den: $\max \text{Transmise} + \max \text{Větrání} - \eta$ (minimální Solární zisk + vnitřní zdroje)	ano
Léto	Odhad letního klimatu	Výpočet četnosti přehřívání jako měřítka letní bytové pohody	ano
Zastínění –L	Určení koeficientu zastínění pro případ léto	Situace zastínění pro případ léto	ano
LetVětr	Určení letního větrání	Odhad objemového proudu vzduchu při letním větrání okny	pokud je užít
TV+rozdělení	Ztráty rozdělením; potřeba teplé vody a ztráty	Výpočet tepelných ztrát v rozdělovacích vedeních (topení; teplá voda); výpočet spotřeby tepla pro ohřev užitkové vody a akumulaci ztráty	ano
Solární TV	solární příprava teplé vody	Výpočet solárního stupně krytí pro přípravu teplé vody	při užití solárního zdroje
Proud	Spotřeba proudu	Výpočet spotřeby proudu pasivních domů	ano
Pomocný proud	Spotřeba pomocného proudu	Výpočet spotřeby proudu a primární energie pomocných spotřebičů tepla	ano
PE-JmenHodn	Jmenovitá hodnota primární energie a CO ₂	Volba systému přípravy tepla, výpočet jmenovité hodnoty primární energie a CO ₂ na základě dosavadních výsledků	ano
Kompakt	Nákladová hodnota pro tepelné čerpadlo – kompaktní přístroj	K výpočtu nákladové hodnoty kombinované produkce tepla pro topení a teplou vodu výlučně s pomocí elektricky poháněného tepelného čerpadla – kompaktního přístroje za okrajových podmínek daných pro daný projekt.	pokud je k dispozici
Kotel	Nákladová hodnota pro topný kotel	K výpočtu nákladové hodnoty produkce tepla s pomocí běžných kotlů (Nízko-teplotní a vysoce účinné kotle) za okrajových podmínek daných pro daný projekt.	pokud je k dispozici
Dálkovod	Výměňiková stanice dálkového vytápění	Výpočet koncové energie a potřeby primární energie (teplo)	pokud je k dispozici
Klima-data	Výběr klimatické oblasti nebo definice vlastních klimatických – dat	Klima - data pro listy Topné teplo, Okna, Topná zátěž, Měs. Metoda a Léto	pokud není standard
VTZ	Vnitřní tepelné zisky	Výpočet vnitřních tepelných zisků na základě výpočetních listů Proud a pomocný proud	ne

Posledních pět listů výpočetního programu slouží výlučně potřebám podle specifických předpisů v SRN a nejsou z tohoto důvodu uvedeny. V SRN nejsou nutnou přílohou certifikace pasivního domu.

Správnost našeho konstrukčního řešení nám potvrdily výsledky zkoušky těsnosti budovy „Bloower door“, kde jsme dosáhli velice dobré hodnoty 0,38 a které přičítáme především použití masivní konstrukce pro celou budovu včetně střechy.

Na závěr výsledky průkazu středního řadového domu v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích tak, jak byly zjištěny výpočtem.

Průkaz pasivního domu

Fotografie nebo kresba

Objekt	Řadový pasivní dům v areálu cukrovaru		
Město a kraj:	Židlochovice		
Ulice:			
PSČ/Město:			
Žemě:	Česká republika		
Objekt typ:	Řadový dům krajní		
Stavatel:	BRNO, s.r.o.		
Ulice:	Kovářská 12		
PSČ/Město:	772 00 Olomouc		
Architekt:	Ing. Petr Mareš		
Ulice:	Bezděčova 15		
PSČ/Město:	602 00 Brno		
Technická:	Jan Šesták		
Ulice:			
PSČ/Město:			

Rok výstavby:	2006			
Počet byt. jednotek:	1			
Ostřešný prostor V_o :	411,8	m ³	Interiortemperatura:	20,0 °C
Počet osax:	3,0		Teplota výstupu vzduchu:	2,1 °C

Jmenovitá hodnota ve vztahu ke vnitřní ploše			
Vnitřní plocha energie	32,50	m ²	
Výsledek testu:	15	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Jmenovitá hodnota primární energie (TV, topení, provoz strojů a spotřebičů)	69	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)
Jmenovitá hodnota primární energie (TV, topení a provoz strojů)	33	kWh/(m ² a)	
Jmenovitá hodnota primární energie (Jmenovitá hodnota primární energie)	0	kWh/(m ² a)	
Topné zařízení:	12,2	W/m ²	
Číslo přehřívání:	17,7%	při 25 °C	

Kamenní na špičce na výstupu nach EnEV			
Nutřní nach EnEV	131,8	m ²	
Primární energie Kamenní (2006, topení a spotřebičů)	22,8	kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a)

Prohlášení, že hodnoty zde uvedené byly zjištěny na základě jmenovitých hodnot budovy v souladu s metodikou PRPD. Výpočty podle PRPD jsou přílohou.

PRPD 2004, 4Přikaz

PRPD 2004, Zdravotní a CZ

Obr. 6. Průkaz pasivního řadového RD Židlochovice Areál cukrovaru.

Vybrané autorské koncepty individuálních epRD 2005/2006

Ing. Marek Raida, 3AD architectonica s.r.o.

Dolní náměstí 13/13, 746 01 Opava

Tel. + fax: +420 553 628 722, e-mail: info@3ad.cz

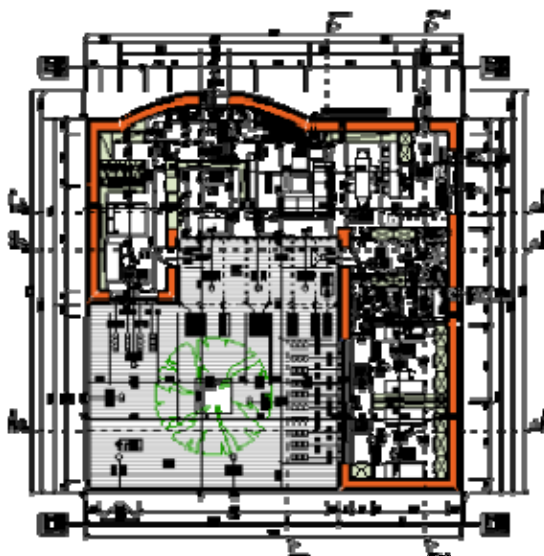
1. Úvod

Všechny uváděné koncepty epRD jsou představitelem domů, které jsou kčně založeny na důsledném nonhybridním využití izolačních jako izolačních a akumulantů jako akumulantů. Nosná kce je vždy nosná a nehraje si na tepelný izolant, tepelný izolant je vždy tepelný izolant a nehraje si na akumulant. Důležitou součástí energetického konceptu uvedených epRD je udržení teploty interiérových stavebních kčí a hlavně jejich celého průřezu na teplotě co nejbližší teplotě interiérového vzduchu vzhledem k součtové teplotě. Akumulační kapacita vnitřních konstrukcí je zvolena optimálně pro potřebnou tepelnou setrvačnost a pro optimální pohlcení obtěžujících letních solárních zisků. Pro akumulaci jsme využili akumulanty ve využitelně malých tloušťkách a ne izolanty ve velkých tloušťkách. Nasazením tenkostěnného betonu a sádrovláknitých materiálů v odpovídajících konstrukčních tloušťkách dosahujeme dostatečné akumulační schopnosti vnitřních kčí a můžeme větší tloušťku svislé obvodové obálky věnovat opravdovým tepelným izolačním. Důležitou součástí, podílející se na co nejvyšším využití rekuperace odpadního tepla je dokonalá vzduchotěsnost objektu - zvolené stavební prvky jsou již ve své podstatě vzduchotěsné (při utěsnění spár skládaných prvků Alu lepicí páskou a illbruck systémy). Aplikace parotěsno-vzduchotěsno-reflexní fólie je jen pojistkou. Energetický koncept je vždy postaven na dvouzónovém cirkulačním teplovzdušném vytápění a větrání s rekuperací odpadního tepla v kombinaci s IZT, fototermickými vakuovými kolektory a cirkulačním zemním výměníkem tepla. Součástí energetického konceptu je vždy plochá střecha s extenzivní zelení, která má kromě environmentálních souvislostí pozitivní a započitatelný vliv na energetickou bilanci objektu.

2. epRD v Opavě Kylešovicích – „dům v zahradě zahrady“

Atriová kompozice bungalovu s naprosto nevýhodným faktorem tvaru budovy A/V. Jedná se o objekt se sekundární koncepcí energeticky pasivního domu – z pohledu zaběhlých architektonických koncepcí energeticky pasivní výstavby jsme zde porušili snad vše, co se dalo. Předkládaný epRD je navržen jako přízemní, nepodsklepený s plochou zelenou extenzivní střechou pro polohovatelné umístění fototermických kolektorů. Byl kladen důraz na investorův požadavek absolutní bezbariérovosti a jednoduchosti celé dispozice. Nízká přízemní hmota vymezuje obytnou část zahrady/atRIA od venkovního prostoru/zahrady. Jednopodlažní hmota rozděluje obytnou zahradu na tři části a vymezuje zcela soukromé území. Hmotově je objekt dynamizován „otvory“ ve zdech/plotu atrIA, které navazují na jihozápadní a severozápadní části obvodových stěn. Pro celý objekt je příznačná pouze uklidňující horizontalita struktury a textury pohledového betonu a sklo. Základní hmota rodinného domu je postave-

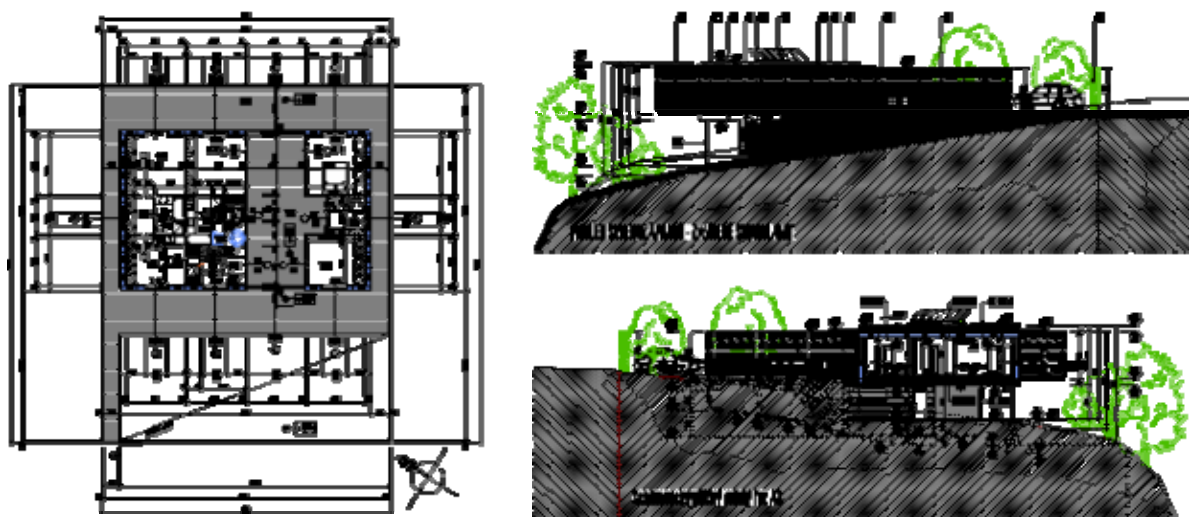
na na jednoduchém čtvercovém půdorysu. Hranice architektonického prostoru určují ve své střídme jednoduchosti podlahy, stropy a stěny. Fasády neskrývají puristickou snahu vyzdvihnout obvodovou zeď jako „stěnu“ - prostou definici architektonického prostoru. Interiér domu je výrazně opticky a prostorově rozšířen a obohacen obytným zahradním atriem, které však současně zajišťuje svou „otevřenou uzavřeností“ dostatek soukromí - ze svého hmotově a materiálově čistého soukromí (třetí kůže) vycházíme na soukromý prostor (čtvrtá kůže) a z něho opět na soukromý prostor (pátá kůže - šestá kůže už je vesmír), k Hundertwasserově teorii kůží jsme přidali jednu navíc....



Kční koncept: vnitřní nosný skelet z ocelových tenkostěnných profilů, integrovaný do představených dvojité opláštěných sádrovláknitých stěn a příček v kombinaci s interiérovými tenkostěnnými betonovými pohledovými zdmi. Vnější zaklopení skeletu navzájem lepenými OSB P+D deskami a pojistným parotěsem a vzduchotěsem s následnou vrstvou tepelného izolantu na bázi EPS. Exteriérová úprava této kce je navržena pohledovou monolitickou betonovou zdí s hrubým otiskem horizontálních bednicích prken. Bodové založení skeletu s přerušením tepelného mostu na ŽB desce. Horizontální tepelná izolace podlah na bázi EPS navazuje kontinuálně bez přerušování na vertikální tepelnou izolaci svislé obálky. Nosná kce střechy je tvořena nosnými PUR sendvičovými panely s následnou doplňkovou vrstvou tepelného izolantu na bázi EPS (jako varianta je navržena střešní nosná kce z OSB – I nosníků s integrovaným tepelným izolantem a záklopem z navzájem lepených OSB P+D desek s následným pojistným parotěsem a vzduchotěsem a následnou vrstvou tepelného izolantu na bázi EPS). Kromě betonáže základové desky a monolitických zdí je epRD postaven na využití rychlého systému suché výstavby na bázi sádrovláknitých desek. Programově nepoužijeme žádných omítek a žádných tepelných izolantů na bázi pěnového skla a ani na bázi XPS.

3. epRD ve Psárech

Bezbariérový dvougenerační nadzemní bungalov na pozemku s nevyhovujícím severovýchodním sklonem – původně plně nadzemní koncept znásilněný regulativy územního plánu. Předkládaný epRD je navržen jako přízemně/nadzemní, s technickým podlažím, s plochou zelenou extenzivní střechou pro polohovatelné umístění fototermických kolektorů. Opět byl kladen důraz na investorův požadavek absolutní bezbariérovosti a jednoduchosti celé dispozice.



Navržená kompozice se snaží z pozemku se severovýchodním spádem vytvořit pozemek s využitelnou jihozápadní orientací a rovnou jihozápadní zahradou-atriem. Vzhledem ke krásnému severovýchodnímu výhledu do údolí a na lesy vzaly v tomto případě za své všechny mýtické axiomy o nutné jižní orientaci obytných místností – dům vlastně nemá z jižní strany žádnou transparentní výplň otvoru. Pozemek má z hlediska standardního využití nevýhodnou orientaci. Při standardním osazení domu k jihozápadní uliční hranici parcely (tak jako okolní šikmostřechy) by byla celá zahradní část orientována nevyužitelně k severovýchodu – jihozápadní sluneční klidová zóna by vlastně neexistovala. Posunutím objektu domu k severovýchodní hranici při současném zachování bezbariérovosti vytváříme jihozápadně orientovanou obytnou zahradu, která je jasně podřízena urbanistickým souvislostem a rozměru pozemku. Zahradní atrium navazuje na celoobvodový balkón/terasu. Navržený dům patří do kategorie domů zvaných „See Through Houses“. V případě otevření jihozápadních a severovýchodních plně prosklených posuvných dveří obytného monoprostoru spojíme vizuálně severovýchodní balkón/terasu s jihozápadním zahradním atriem - celý efekt by měl být posílen podobnou úpravou podlahových krytin, interiérový obytný monoprostor je opticky prodloužen a sjednocen podlahovou krytinou s obytnou zahradní terasou a terasou/balkónem, které výrazně zhodnotí bydlení v letním období a činí dům zajímavější (i pro vnoučata, kterým zmíněná dispoziční kompozice umožní jízdy na el. motorkách nejen okolo domu po terase/balkónu ale i průjezdy interiérem do tzv. „osmičky“).

Kční koncept: jedná se o objekt s primární koncepcí energeticky pasivního domu (až na tu jižní orientaci) a konstrukce tohoto objektu jsou této koncepci absolutně podří-

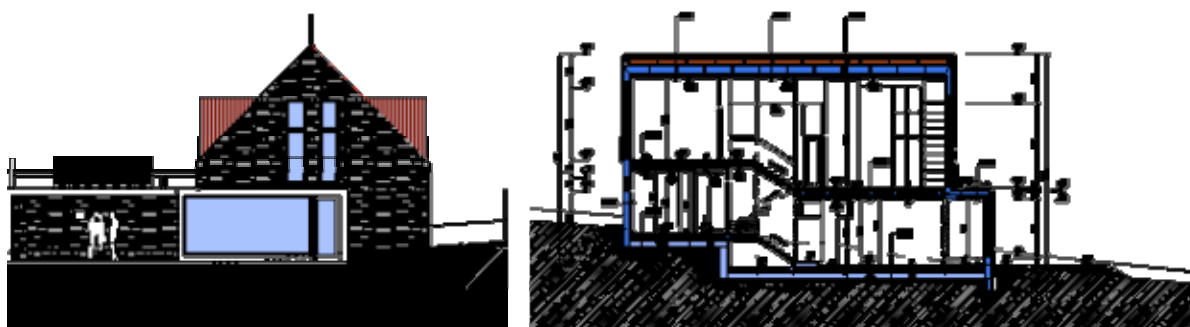
zeny. Pro využitelný akumulační kompromis mezi zbytečným zahříváním vnitřních kci v zimním období a tepelné stabilitě v letním období byla vyhodnocena jako nejvhodnější pro řešení epRD vnitřní kce s průměrnou akumulační schopností interiérové plochy cca 11 000 – 13 000 W²s/m⁴K² (s plošnou tepelnou kapacitou cca 32 000 J/m²K) ve využitelné akumulační tloušťce kce cca 25 mm. Zde je nutno podotknout, že klasické interiérové opláštění jednoduchým SDK (sádrokarton) zde nevyhoví, a nevyhoví ani dvojité SDK opláštění. Zde se jeví jako nejlepší řešení i po stránce statického spolupůsobení dvojité opláštění SDV (sádrovlákno 2 x 12,5 mm). Dalším velmi důležitým navazujícím koncepčním požadavkem byl průměrný návrhový výpočtový součinitel prostupu tepla celé tloušťky svislé obvodové obálky $U =$ alespoň cca 0,055 W/m²K v max. tl. kce 500 mm, kvůli požadavku regulativu o koeficientu zastavení $K_z < 0,3$ (u epRD je odebráno cca 22 - 25% zastavené plochy ve prospěch svislé obálky a vnitřních příček a tedy v neprospěch užitné plochy). Skloubit výše uvedené akumulační a tepelně izolační charakteristiky svislé obvodové obálky neumožňuje žádný standardní komerční stěnový stavební systém. Proto byla navržena individuální kce svislé nosné obvodové obálky, která výše uvedené požadavky splňuje na 99 %. Pro konstrukční koncept, založený primárně na tep. izolační obálce, byly zvoleny v nejvyšší míře duálně a triálně funkční konstrukční prvky, které v sobě zahrnují jak nosnou, tak i tepelně izolační funkci a vzduchotěsnou/parotěsnou funkci sloučenou s tepelně izolačním a reflexním účinkem. Samotné tepelně izolační prvky obálky (prvky obvodových stěn, podlah a střešní prvky) jsou pro naše účely plně nosné a jsou kombinovány s tyčovým ocelovým nosným skeletem – vytváří se tak „tepelně izolačně nosný stěnoskelet“.

Samotný objekt epRD měl být založen nad terénem pouze na patkách a sloupech. Regulativy ve formě koeficientu zastavení (po úspěšném prosazení „antiregulativní“ ploché střechy s extenzivní zelení ve formě výjimky už nebyl čas na další obstrukce ohledně K_z) znemožnily při požadované užitné ploše jednopodlažního domu zamýšlené celosloupové založení s výraznými krakorci celobvodové terasy/balkónu – jihozápadní terasa musela být podstatně zkrácena a ztratila jako taková smysl. Řešením bylo vybudování opěrné stěny pro zásyp zeminou a chybějící šířku terasy nahradit „zelenou plochou“. Byl tedy zvolen konstrukční model těžkého technického podlaží s betonovými stěnami a horizontálně ztužujícím stropem technického podlaží. Na takto vytvořeném těžkém „nadměrném základu“ je osazena vlastní lehká nosná konstrukce navrhovaného epRD - úsporný tyčový ocelový duální skelet. Nosná konstrukce epRD je založena na sevření FePUR panelů mezi dvěma autonomními ocelovými skeletovými konstrukcemi – mezi vnějším skeletem, nesoucí krakorcovitě visutou terasu/balkón a fasádní obklad a vnitřním skeletem, nesoucím stropní FePUR panely. Zatížení kce vnitřního skeletu je roznášeno na ztužující roznášecí ŽB desku, která je položena přímo na nosné podlahové FePUR panely. Dalším „nosným“ a ztužujícím prvkem jsou již zmíněné interiérové sádrovláknité dvojité opláštěné předsazené stěny a dvojité opláštěné příčky. Obvodová obálka epRD je řešena jako sendvičová vrstvená konstrukce s doplňkovou vnější i vnitřní izolací (doufám, že jsme udělali radost nesmiřitelným skupinám zastánců vnějšího versus vnitřního zateplení - opravdu zde

dochází současně k vnějšímu i vnitřnímu zateplení, a aby toho nebylo málo, tak dokonce v invertním sledu – lepší izolant je oboustranně zateplován horším izolantem :- D). Kromě betonáže základů, zmonolitnění zdí a stropu technického podlaží je autonomní epRD opět postaven na využití rychlého systému suché výstavby na bázi sádrovlaknitých desek. Programově ani zde nepoužijeme žádných omítek a žádných tepelných izolantů na bázi pěnového skla a ani na bázi XPS.

4. epRD v Třebotově

epRD vyhovující regulativům CHKO, konstrukční a technologický koncept zbytečně znásilněný nelogickou pseudohistorizující formou šikmostřechu. Hmot a forma celého objektu je poplatná regulativům a podmínkám regulačního plánu území obce Třebotov, která je součástí CHKO Český kras. Celková hmotově prostorová kompozice domu plně akceptuje svahové poměry. Orientaci, vnější rozměry a formu vlastně určuje pozemek ve smyslu regulativů regulačního plánu, ale i zde jsme si trochu zazlobili – hmotu šikmostřechu jsme v 1.NP z jihozápadu „obšťastnili“ průnikem „skleněného“ kvádrů.



Navržený epRD je přízemní s obytným podkrovím, nepodsklepený s garážovým stánem, zastřešený sedlovou střechou se sklonem 45°. Výškově je rodinný dům osazen v souladu s požadavkem bezbariérového vjezdu do garážového stání přímo z příjezdové komunikace a následně s požadavkem bezbariérového přístupu z obytného denního monoprostoru na jižně orientovanou zahradu. Dispozičně je dům řešen dvouzónově s vertikálním členěním – přízemí je řešeno jako denní obytný společenský monoprostor s integrovanou dílnou, zádveřím, sociálním zařízením a technologickým zázemím. Podkroví je řešeno jako klidová zóna s dětskými pokoji, ložnicí, šatnami a sociálním zařízením. Šikmostřech je exteriérově pohledově charakterizován úpravou vnějších stěn fasádním obkladem imitujícím kamenný obklad (Shale a Carolina) v přírodním světlém odstínu, dřevěnými prvky ze sibiřského modřínu v přírodním odstínu a taškovou prejzovou krytinou v přírodní barvě pálené hlíny.

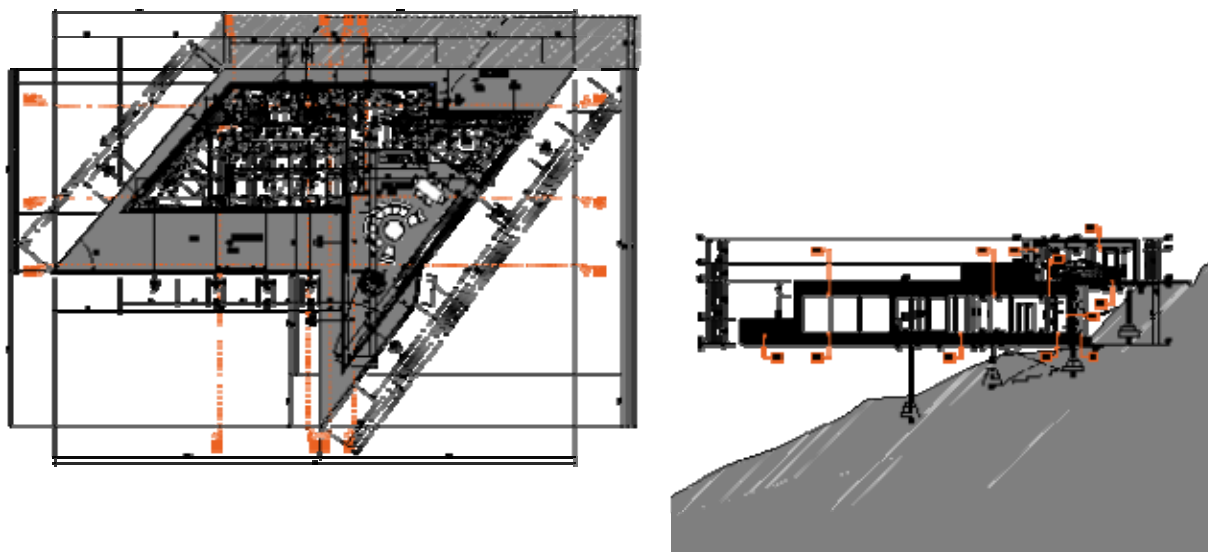
Kční koncept – bodové založení skeletu s přerušením tepelného mostu na křížem vyztužené ŽB základové desce. Obvodový stěnový plášť je opět řešen jako sendvičová vrstvená konstrukce. Primární svislý nosný systém je navržen jako obvodová stěnoskeletová konstrukce z ocelových tenkostěnných profilů s integrovanou monolitickou stěnou tl. 50 mm. Sekundární pomocný svislý nosný systém je tvořen sendvičovými FePUR panely a bude spolupůsobit s primárním svislým nosným systémem

pomocí spojení bez tepelných mostů. Strop nad prosklenou částí přízemí je vynášen ocelovými krabicovými sloupy, které nejsou součástí TI obálky. Nosná konstrukce podlahy přízemí nad vrstvou tepelné izolace je řešena ztužující železobetonovou deskou. Stropní nosná konstrukce 1.NP je z důvodů krabicového ztužení řešena jako železobetonová, zpřažená se ztraceným nosným bedněním ze spolupůsobících bočně vrubovaných trapézových plechů Cofraplus. Dochází tím k úspoře betonu a výztuže a snižuje se také tloušťka nosné stropní konstrukce – interiérový vzduch je vždy v kontaktu s max. 50 mm betonu. Opět nepoužijeme žádných omítek a žádných tepelných izolantů na bázi pěnového skla a ani na bázi XPS, a opět využíváme rychlého systému suché výstavby na bázi sádrovlaknitých desek. Nosná konstrukce střešního pláště je tvořena nosnými sendvičovými PUR panely, které přímo navazují na stěnové PUR panely. Střešní plášť je řešen jako vícevrstvý sendvič – opět zateplujeme izolant izolanty :-P . Tedy i když nemáme žádné krokve, bude se střecha tvářit, jako by tam byly a šikminami znehodnocené obytné místnosti v podkroví snad zažijí dobu, kdy si ortodoxní tvůrci regulativů uvědomí, že se již v podstřešních prostorách obvykle neskladuje seno...

5. epRD v Brnkách – „dům plující v korunách stromů“

Nadzemní bungalov s garáží na střeše a na pozemku se spádem 48% (přírodní park Dolní Povltaví). Další koncept s programově naprosto nevýhodným faktorem tvaru budovy A/V. Celková hmotově prostorová kompozice domu je opět programově jednoduchá a jasně srozumitelná, plně akceptuje svahové poměry a složité základové poměry a z nich vyplývající nutnost roznesení zatížení na větší plochu pozemku. Hmotově prostorová kompozice domu je dále opět přísně podřízena urbanistickým souvislostem, vnější rozměry a formu vlastně určuje pozemek. Ve smyslu urbanistické logiky místa je umístěn vstup i vjezd. Jižní svah kladně opticky dynamizuje obytnou terasu a „ostrý nos“ konzoly obytného monoprostoru. Navržený epRD je nadzemní, nepodsklepený se střešní 2garáží/dílnou. Byl kladen důraz na požadavek absolutní bezbariérovosti v rámci obytné části epRD a jednoduchosti celé dispozice. Výškově je rodinný dům osazen v souladu s požadavkem bezbariérového vjezdu do „střešní“ 2garáže přímo z příjezdové komunikace. Horizontální vrstvení vzájemně posunutých hmot terasy, obytné části a garáže/dílny kopíruje jednotně konfiguraci stávajícího terénu. Z hlediska obtížné využitelnosti svahovitého pozemku nám zelená střecha přidává zdarma cca 162 m² rovné užitné plochy ve formě střešní terasy, která může být protažena až na úroveň severní hranice pozemku. Vlastní obytná hmota epRD je založena na patkách se sloupy a je dále vynášena kombinací sendvičových FePUR panelů s duálním ocelovým tyčovým skeletem. Pro dosažení co největší bezbariérovosti obytné části epRD jsou navrženy konzolovité přístupové chodníky kolem celého objektu, které přecházejí v dostatečně široký jižní balkón, či spíše terasu. Kolem hlavní hmoty domu vyrůstají výrazné horizontály laťových obkladů, přecházející do polohovatelných dřevěných slunolamů a zábradlí (vše ze sibiřského modřínu). Vlastní obytný objekt nebude z přístupové a příjezdové komunikace opticky dosažitelný – bude chráněn neprůhledným plotem z horizontálních dřevěných laťů.

Celý objekt tedy charakterizují pouze dřevěné laťové horizontály obkladů/slunolamů/zábradlí a zelená plochá střecha s extenzivní zelení.



Dům je orientován minimálně perforovanou fasádou na sever. Východní ztransparenčnělá fasáda s terasou/balkónem umožňuje pěkný výhled do údolí a výhled na Prahu a jihozápadní fasáda se svým prosklením otevírá výhledu do zahrady / terasy / atria a slunci. Důležitým prvkem budou sadové úpravy, které vyplývají z osazení domu do terénu – dům by měl v budoucnu opravdu plavat v korunách stromů. Kční koncept: shodný s epRD ve Psárech.

6. Závěr

Architektonická koncepce energeticky pasivních domů ani v našich krajích nemusí mít nutně formu šikmostřechu nebo pultostřechu a z mého pohledu je jediné omezení v naší uregulované fantazii a strachu z individuality – limitování jsme pouze sami sebou. Nebojme se experimentovat, protože nic není hodno jedné víry. To, že ujedeme o nějakou kWh nad limit „15“ nám snad za uniformitu nestojí. Nezapomeňme na skutečnost, že dům pravděpodobně nestavíme kvůli úsporám energie ale k bydlení, že snad nežijeme kvůli bydlení a nebydlíme kvůli topení. V současné době mohu s klidným svědomím konstatovat, že kdo nechce své objekty aktivně vytápět, tak nemusí. Věškerá technologie pro toto „nemusení“ je nám i od tuzemských výrobců nabízena na zlatém podnose, její cena je srovnatelná s technologiemi pro aktivní vytápění.

A ještě něco úplně nakonec, nenechme se neustále něčím „regulovat“, zajímejme se aktivně o zákonnost a aktuálnost územních a regulačních plánů, neboť náprava je většinou běh na dlouhou trať. Děkuji za pozornost.

Pasivní dům Brdy s ohledem na konstrukční detaily

Ing. arch. Josef Smola, Projektový a inženýrský ateliér

Sládkovičova 1306/11, Praha 4 - Krč, 142 00

Tel/fax: +420 241 712 363, +420 602 534 383, e-mail: kadet.kadet@volny.cz

1. Úvodem

Cílem přednášky je představit projekt rozsáhlého dřevěného pasivního rodinného domu zejména s přihlédnutím k řešení vybraných konstrukčních detailů. Předmětem zadání bylo nalézt takový princip konstrukčního řešení, který bude schůdný při pasivním standardu pro tuzemské stavební firmy při zachování dostupných cenových relací, vyhnul by se sofistikovaným technickým řešením, aplikoval však novým způsobem již známé a zavedené technologie z oblasti výstavby moderních nízkoenergetických dřevostaveb v České republice.

Studie byla zpracovaná již v roce 2004, je proto na místě zmínit rovněž důvody proč dům dosud nebyl realizován. Na vině je v tuzemsku nezřídka situace, kdy územní plán obce v dané lokalitě ve svých závazných regulativech nejen nepředpokládá realizaci energeticky úsporných domů, ale ve svých závazných ustanoveních navíc vylučuje optimální dispoziční uspořádání, racionální orientaci ke světovým stranám a umístění na pozemku. A to nepochybně obsahem a mírou regulace, která je v rozporu se stavebním zákonem a jeho prováděcími vyhláškami...



Obr. 1 Celkový pohled na rodinný dům od jihovýchodu – (vizualizace Pavel Šála)

2. Popis řešení

2.1. Architektonické a urbanistické řešení

Svažitý pozemek o sklonu 12% k východu a rozloze 1,5 ha je situován mimo obec na hranici typické mozaikové struktury rozvolněné zástavby osídlení brdských lesů. Na úpatí vojenského újezdu Jince s možností dálkových panoramatických pohledů na Svatou horu a údolí táhnoucí se k Příbrami.

Rodinný dům sestává z kompozice dvou jednoduchých kompaktních hmot. Protáhlého přízemního hlavního křídla se suterénem ve formě klínu „vyklopeného“ z terénu a dvoupodlažní kruhové, kónické „věže“ propojené s hlavním křídlem subtilním krčkem. Klínovitý tvar hlavní hmoty domu je doplněn v západní části násypem zeminou mezi ozeleněné opěrné zdi z kamenných gabionů. Hlavní hmota domu tak plynule navazuje a přechází rovinou zelené střechy do původního terénu. V rozsahu celé zastavěné plochy je dům zakryt zelenými střechami.

Horizontální hmotové řešení domu je podpořeno volbou materiálů střídajících se v pásech. Spodní stavba je ve viditelné části nad úrovní upraveného terénu obložena lomovým kamenem s hlubokým spárováním. Hlavní hmota domu je vodorovně obložena modřínovými profily s transparentní lazurou s UV filtrem. Předpokládá se, že po čase získá fasáda přirozenou sametovou stříbřitě šedivou patinu oxidovaného dřeva.

Dům je cíleně umístěn po spádnicí, kolmo na vrstevnice v nejvyšší, západní části pozemku. V souladu s principy navrhování nízkoenergetických a pasivních domů, tak aby bylo hlavní obytné průčelí orientováno k zajištění tepelných zisků na jih a naopak vstupní „uzavřená“ fasáda na sever.

Doplňkovými stavbami na vlastním pozemku je vnější bazén, tenisový kurt a umělá vodní plocha ve formě jezírka. Kompozice je dotvořena rozsáhlými pásy vzrostlé zeleně.

2.2. Dispoziční řešení

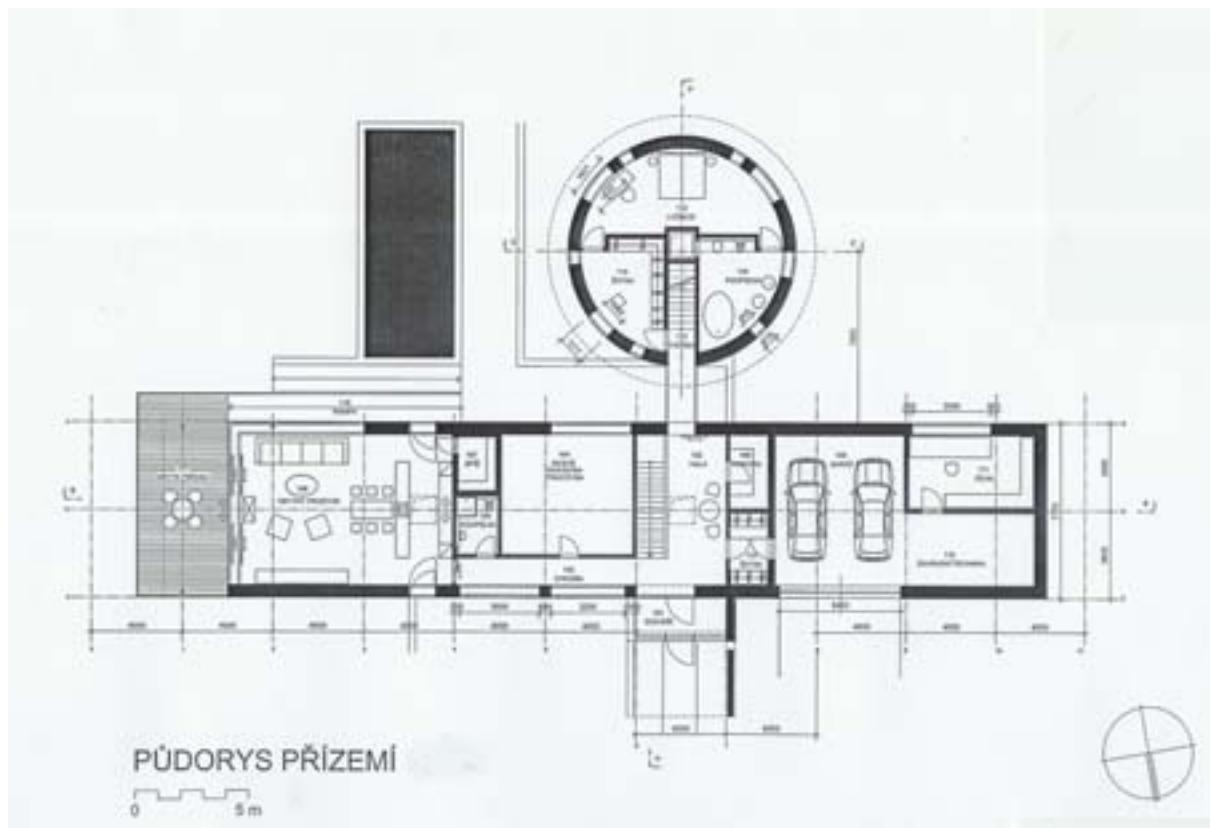
Dům představuje z hlediska dispozičního řešení jednu bytovou jednotku o velikosti 6+1 doplněnou dvougaráží a servisními prostory. Je koncipován jako přízemní podélný dispoziční jednotrakt v části se suterénem, doplněný kruhovým dvoupodlažním solitérem obytné „věže“.

Denní, obytná část včetně vstupních partií je situovaná na úroveň přízemí s převažující orientací na jih a východ s výhledy do údolí.

Noční zóna s bohatě dimenzovaným příslušenstvím a je zcela oddělena a situována v samostatné části - kruhové obytné „věži“ propojené s hlavním křídlem proskleným krčkem. Obytné místnosti jsou orientovány na jih.

Prostor suterénu je dispozičně navržen jako rekreační a hospodářské zázemí rodinného domu s předloženou dřevěnou terasou.

Celá dispozice je navzdory svažitému pozemku řešena jako bezbariérová, to je s možností přístupu přímo z úrovně upraveného terénu do všech prostor domu, (vyjma podkroví obytné „věže“).



2.3. Konstrukční řešení

Konstrukčně je hlavní křídlo domu navrženo jako dvoupodlažní podélný jednotrakt o rozponu 7.600 mm. Založení domu je na soustavě podélných a příčných pasů z prostého betonu. Obvodové zdivo suterénu je navrženo z betonových dutinových KB bloků 190/190/390 mm ztužených ocelovou výztuží se zálivkou a opatřeno vnější tepelnou izolací XPS/EPS –T 300 mm.

Tepelný most mezi základy a suterénním zdivem je přerušen meandrem z vápenopískových cihel doplněných vrstvou XPS, provázaným výztuží s věncem nadzákladového zdiva. Prostupy jsou ošetřeny studeným hydroizolačním můstkem.

Vnitřní příčné a podélné nosné stěny suterénu jsou rovněž vesměs vyzděny z betonových tvárnic tl. 190 mm. Vnější i vnitřní nosné stěny jsou v koruně ztuženy monolitickým železobetonovým věncem sloužícím jako ložná plocha a montážní rovina pro základový práh vrchní dřevostavby.

Nosná vrchní stavba hlavního křídla domu je navržena jako moderní „fošinková“ dřevostavba se soustavou vystřídáných nosných sloupků 60/200 mm a 60/120 mm spojených pásky překližky ztužených vodorovnými průvlaky z masivního hoblovaného dřeva s přerušením tepelného mostu a s výplní tepelnou izolací minerální vlnou a zavětrováním 15 mm OSB P+D deskami na vnitřním líci, které zároveň plní funkci parozábrany. V případě volných rozponů je stěnový systém se skrytými sloupky a

průvlaky nahrazen subtilními ocelovými sloupy $\varnothing$ 120 mm s průvlaky z lepeného dřeva pohledově přiznanými v exteriéru, či interiéru, v případě stropu na suterénem je dřevěný průvlak vyztužen z vnitřní „teplé“ strany zalomeným ocelovým svařovaným profilem.

Kónicky se rozšiřující konstrukce obytné věže nad kruhovým půdorysem o vnitřním $\varnothing$ 9.000 mm (v úrovni přízemí) bude mít obdobnou dvojitou skladbu nosného obvodového pláště, členěnou sloupky pravidelně radiálně umístěnými po obvodě v konstantních vzdálenostech á 500 mm v 56 modulech o úhlu 7 stupňů. Směrem k podkroví se sloupky nosné konstrukce rozevírají. Odklon od svislé je u kónického rozšíření obvodových stěn symetrický a činí rovněž 7 stupňů. Zavětrování dvoupodlažní konstrukce tvoří dvojice nosných stěn lemujících prostor schodiště.

Stropní konstrukci mezi suterénem a přízemím hlavního křídla a přízemím a podkrovím obytné věže budou tvořit v „teplé části“ dřevěné stropnice 60/280 mm se záklopem z OSB 15 mm.

Střecha je řešena jako dvouplášťová odvětrávaná s extensivním vegetačním souvrstvím o tl. 150 mm nad celým půdorysem zastavěné plochy. Nosnou konstrukci v místě kde střecha je obvodovým pláštěm tvoří výškově i půdorysně vystřídané dřevěné nosníky profilu 60/280mm a 120/280 mm se záklopem z OSB desek. Plochá střecha věže sleduje sklon terénu.

V konstrukci suterénního obvodového zdiva je použito 300 mm XPS a 60 mm min. vlny, v podlahách na terénu 300 mm EPS - T, ve stropu nad exteriérem 600mm minerální vlny, ve stěnách vrchní dřevostavby je aplikováno 450 mm minerální vlny, ve skladbě ploché střechy 600 mm minerální vlny. Špaletová okna mají hodnotu $U_{okna} = 0,7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Vnitřní zasklení je jednoduché, vnější v líci pláště dvojité, plněné plynem.

Již na úrovni studie byla zpracována kniha rozhodujících detailů v měřítku 1/10 s cílem důsledně eliminovat tepelné mosty a vazby. V současnosti je připraven projekt. Očekávaným krokem je zrušení územního lánu z moci úřední. Statické řešení bylo ověřeno Ing. Václavem Jandáčkem, vedlo k návrhu některých u dřevostaveb dosud neobvyklých konstrukčních prvků a skladeb konstrukcí. Ověření z hlediska stavební fyziky zajišťoval souběžně Ing. Jiří Šála CSc.

2.4. Vybrané konstrukční detaily

Nosná stěnová konstrukce obvodového pláště dřevostavby je navržena na principu dvojité stěny na bázi fošinkového „two by four“ systému, s půdorysně vystřídanými sloupky. Obě vrstvy jsou propojeny vodorovnými překližkovými pery a zavětrovány v rovině stěny vnitřní OSB deskou. Jsou tak důsledně eliminovány obvyklé lineární a bodové tepelné mosty vznikající aplikací jednovrstvé nosné konstrukce ze svisle orientovaných I-OSB nosníků, nebo v Německu standardně užívaných žebříkových sloupků z dřevěného masivu.

Na střešní konstrukci je použit systém dvou nezávislých soustav výškově odskákaných stropnic s dvěma úrovněmi uložení do obvodových stěn a to i půdorysně. V podélném řezu tak vzniká meandrovitá konstrukce, jež při pečlivém vyplnění tepelnou izolací představuje opět důsledné vyloučení tepelných mostů.

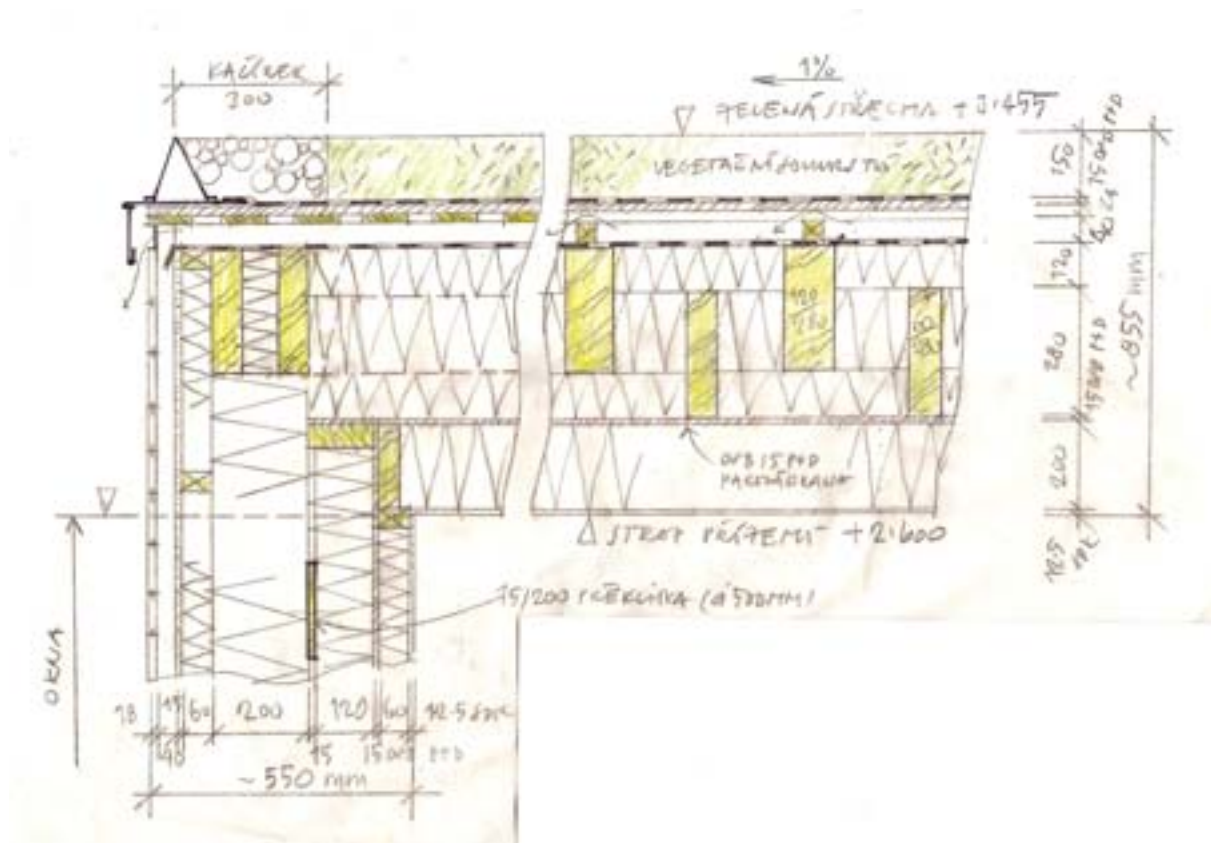
Předpokládá se prvková montáž přímo na stavbě, (navržený systém však nevylučuje různou míru prefabrikace v případě výběru např. rakouského zhotovitele).

Skladba stěny vrchní dřevostavby, $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, při zohlednění všech tepelných mostů:

- Vodorovný obklad palubkami 18 mm
- Odvětrávaná mezera 40 mm
- Difúzně otevřená dřevovláknitá deska 15 mm
- Minerální vlna mezi latě 60 mm
- Minerální vlna mezi nosné profily 200 mm
- Překližkové, vodorovně montované pero, 15 mm
- Minerální vlna mezi nosné profily 120 mm
- OSB deska P+D, parozábrana 15 mm
- Minerální vlna mezi latě, instalační předstěna 60 mm
- Sádrokarton a malba 12,5 mm

Skladba ploché, pochozí, zelené střechy, $U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, při zohlednění všech tepelných mostů:

- Vegetační souvrství 150 mm
- Separační vrstva, netkaná geotextilie
- Fóliová hydroizolace 5 mm
- Separační vrstva, netkaná geotextilie
- Záklop OSB deska P+D 15 mm
- Řídké pobití prkny 24 mm
- Odvětrávaná mezera 40 mm
- Pojistná hydroizolace
- Minerální vlna mezi stropnice 120 mm
- Minerální vlna mezi stropnice 160 mm
- Minerální vlna mezi stropnice 120 mm
- OSB deska P+D, parozábrana 15 mm
- Minerální vlna mezi montážní profily 200 mm
- Sádrokarton a malba 12,5 mm



Obr.3 Detail návaznosti stěny dřevostavby na konstrukci ploché vegetační střechy.

2.5. Stavebně energetický koncept

Stavebně energetický koncept respektuje zásady a pravidla pro dosažení úrovně pasivního domu podle čl. A.5.10 a A.2.5 v ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, a to:

- budova je optimálně orientovaná ke světovým stranám,
- tvarové řešení je kompaktní s poměrně příznivým faktorem tvaru (geometrickou charakteristikou) pro rodinné domy $A/V \approx 0,60$,
- vnitřní provoz je sdružován podle tepelných zón, vytápěcích režimů a orientace prostorů ke světovým stranám,
- vnitřní dispozice je plně provozně maximálně využita, nevytápí se hluché prostory,
- konstrukční koncepce je řešena se snahou o maximální potlačení až vyloučení vlivu tepelných mostů v konstrukcích a tepelných vazeb mezi konstrukcemi,
- navržené masivní tepelné izolace mohou při dodržení předchozí podmínky zajistit součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí které pro pasivní domy doporučuje ČSN 73 0540 – 2: 2002,
- v konstrukcích jsou navrženy vzduchotěsnicí vrstvy, které navzájem navazují; je předepsáno jejich vzduchotěsné napojení jištěné přítlakem,
- teplovzdušné vytápění a větrání s rekuperací má účinnost zpětného získávání tepla z větracího vzduchu vyšší než 75 %, má pružnou regulaci teplot a intenzity výměny vzduchu podle proměnných provozních podmínek, umožňuje plné využití pasivních solárních zisků a tepelných zisků provozních,

- příprava teplé vody je navržena s vysokou účinností užití energie a s minimálními ztrátami v rozvodech,
- energetické spotřebiče jsou navrhovány v energetických třídách A.

V domě je navrženo teplovzdušné vytápění spojené s nuceným větráním s rekuperací tepla a zemním výměníkem. Rodinný dům je větrán a vytápěn jednotkou „Duplex“ 1400/440 o max.výkonu 7 kW s dvouzónovým cirkulačním teplovzdušným vytápěním a větráním s rekuperací tepla. Další rekuperační teplovzdušná jednotka „Duplex“ 610/370 o max.výkonu 3,6 kW bude obsluhovat samostatný objekt kruhové věže.

Zdrojem tepla je navržen integrovaný zásobník tepla o objemu 925 l, vybavený elektrickými topnými vložkami 3 x 4 kW. Integrovaný zásobník tepla 925 l má vestavěný průtočný výměník TUV a výměník solárního okruhu. Celý objem slouží jako zdroj topné vody pro teplovodní otopnou soustavu, výměník vzduchotechnické jednotky a pro přípravu TUV. Integrovaný zásobník tepla je umístěn v technické místnosti.

Provozní výhodou akumulčního systému je uplatnění nízkotarifních sazeb (D35) za 16 hod / denní odběr elektrické energie pro vytápění v nízkém tarifu i pro celý provoz domácnosti. Pro systém je vhodné instalovat hlídač proudového maxima.

V hlavním obytném prostoru bude instalován teplovzdušný krb o jmenovitém výkonu max. 5 kW s nasáváním spalovacího vzduchu z interiéru. Teplo z krbu bude vzduchotechnickým systémem automaticky rozváděno po celém domě a nebude docházet k přehřívání místnosti v níž je krb instalován.

U jižní paty kamenné opěrné zdi klínu hlavního křídla domu budou umístěny solární kolektory o celkové ploše 8 m², což je dostačující pro zajištění úspory el.energie při ohřevu TUV. Solární energie bude využita i pro ohřev vody ve vnějším bazénu.

2.6. Základní údaje

Velikost pozemku	15.130 m ²
Zastavěná plocha	368 m ²
užitná plocha	473 m ²
obestavěný prostor	2.075 m ³
Tepelné ztráty jsou propočteny ve výši	9,5 kW
Skladba stěny vrchní dřevostavby	U = 0,15 W/(m ² ·K)
Skladba ploché, pochozí, zelené střechy	U = 0,10 W/(m ² ·K)
Špaletová okna mají hodnotu	U _{okna} = 0,70 W/(m ² ·K)

3. Závěrem

Ve věci změny územního plánu podal již začátkem roku 2005 stavebník spolu s autorem podnět krajskému úřadu ke zrušení ustanovení/regulativů, které jsou

v rozporu se zákonem. Krajský úřad provedl rozbor a ztotožnil se s právním názorem stavebníka. Obci zaslal výzvu ke zrušení vyhlášky – tato reagovala rozpuštěním zastupitelstva. Nové zastupitelstvo bylo zvoleno až po roce a odmítá výzvu krajského úřadu respektovat. V současnosti je celý spis na ministerstvu vnitra, které by mělo v souladu se zákonem o obcích zrušit obecní závaznou vyhlášku k územnímu plánu z moci úřední. Konečnou instancí by bylo v případě neúspěchu podání k ústavnímu soudu.

Vzhledem k tomu, že se nejedná o zřídkaový případ, kdy je územní plán zpracován v části závazných regulativů v rozporu se zákonem a brání racionální realizaci nízkoenergetických, nebo pasivních domů rozhodlo se Občanské sdružení Centrum pasivního domu zpracovat a zveřejnit metodiku právního postupu jako návod i pro další stavebníky.

Pasivní domy, energeticky nulové domy a primární energie

Doc. ing. Jan Tywoniak, CSc., FSv ČVUT v Praze

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel: +420 224 354 574, Fax: +420 224 357 071, e-mail: tywoniak@fsv.cvut.cz

Ing. Petr Morávek, CSc., Atrea s.r.o.

V Aleji 20, 466 01 Jablonec n.N.

tel: +420 483 368 111, fax: +420 483 368 112, e-mail: atrea@atrea.cz

Abstract

In generally, passive houses can be presented as the most advanced type of a building regarding the energy quality (best available technology, BAT). Paper brings basic information about present development in Koberovy (CZ). The newly designed housing area consists of twelve family houses, together with one building of the same size and construction serving as an information and education centre. Possible further improvement of passive house technologies used here – the idea of a zero energy house – is presented. Information about principles of such solution and comparison with virtual reference building meeting legislation criteria (business as usual) is given – in form of final energy, primary energy, running costs etc.

1. Úvod

Nízkoenergetické a pasivní domy se postupně stávají běžnou součástí výstavby, o tom již není jistě žádných pochyb. Můžeme je vnímat jako jisté vyjádření technické vyspělosti nebo zřejmě již ve velmi blízké budoucnosti jako prostou nutnost a jako výsledek velmi racionálních ekonomických úvah. Jistě je také nanejvýš aktuální přemýšlet, jak v těchto směrech pokračovat. Kromě plošného rozšiřování tohoto typu výstavby i ověřováním ještě náročnějších cílů.

Zvýšení investičních nákladů spojené s přidáním nových prvků může být u pasivního domu částečně nebo zcela kompenzováno zvýšenou racionalizací návrhu veškerých konstrukcí a prvků budovy, tedy i těch, které s energetikou budovy nesouvisí. Aby nová řešení byla celkově přijatelná podle obecných zásad udržitelné výstavby [1], je potřebné je pečlivě sledovat mj. i v environmentálním kontextu. Minimálním rozsahem takového ověření je stanovení množství primární energie pocházející z neobnovitelných energetických zdrojů pro očekávaný provoz budovy.

Zajímavým a marketingově nepochybně přitažlivým tématem je studium možností dosahování hodnot tzv. nulového domu. Zde je nezbytné upřesnění pojmů: Zpravidla tím není myšlena nulová hodnota potřeby tepla na vytápění, ale výsledek energetické bilance všech potřeb domu spolu s jeho vlastní energetickou produkcí využívající solární energie. Vzhledem k novosti tématu je zde hodnocení z hlediska konečné i primární energie, provozních nákladů se zahrnutím příjmů z prodeje energie mimořádně potřebné.

2. Energeticky nulový dům v Koberovech

Pilotní projekt energeticky nulového domu doplňuje řešení pasivního domu dalšími prvky, zejména rozsáhlým fotovoltaickým systémem, kterými lze dosáhnout úrovně *energeticky nulového domu*, při započtení všech energetických služeb - zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí, ohřevu teplé vody a elektrické energie na provoz spotřebičů. Návaznosti na další výstavbu v téže lokalitě [2] může být dále s výhodou využito pro porovnání v konstrukčních, energetických, investičních a dalších ohledech. Dům, který bude sloužit jako školicí a informační středisko má přibližně stejnou velikost a konstrukční řešení jako ostatní domy sloužící bydlení. (Oproti [2] tvoří základní konstrukci všech třinácti domů vrchní stavby dřevěný skelet – *obr.1.*) Na *obr.2* je vizualizace budoucího energeticky nulového domu. Na střeše jsou patrné solární termické kolektory pro ohřev teplé vody a velká plocha fotovoltaického systému.



Obr.1 Dřevěný skelet koberovských domů



Obr.2 Studie energeticky nulového domu v Koberovech (vizualizace K.Staněk)

2.1. Východiska výpočtového hodnocení

Pro účely výpočtového hodnocení se předpokládaly následující technické a provozní parametry:

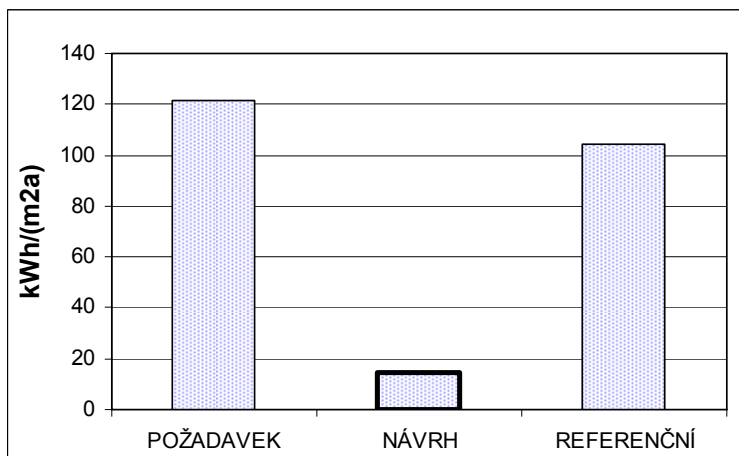
- Dřevostavba má minimalizovaný prostup tepla a důsledně řešené (eliminované) tepelné mosty a tepelné vazby. Nucené větrání je vybaveno velmi účinným systémem zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu [2]. Ve výpočtu potřeby tepla se předpokládá celková účinnost zpětného získávání tepla 80 % (vlastní jednotka má účinnost vyšší), a účinnost otopného systému jako celku 95 % (elektrická energie užitá beze ztrát v akumulární nádrži systému).
- Očekávaná nerovnoměrnost provozu budovy (informační a školicí akce, krátkodobé ubytování) je pro účely deklarativního výpočtu nahrazena rovnoměrným užíváním pěti osobami, což odpovídá celkovému předpokládanému využití z hlediska počtu „člověko-hodin“ ročně. Dynamický energetický výpočet zohledňující nerovnoměrnost obsazení budovy bude možné a užitečné doplnit až na základě monitorování skutečného provozu, zejména pro porovnání očekávaných a naměřených energetických vlastností.
- Z výše uvedeného se odvozuje množství větracího vzduchu ($25 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu – jako horní odhad, v reálném provozu může být i nižší při nuceném větrání řízeném podle potřeby).
- Referenční objekt sloužící porovnání energetických vlastností a provozních nákladů je zvolen tak, že se jedná o přibližně shodný konstrukční princip (dřevostavba) s menšími množstvími tepelné izolace, horšími vlastnostmi oken a přirozeným větráním. Hodnoty součinitelů prostupu tepla jsou nastaveny na hodnoty požadované podle ČSN (pro lehkou obvodovou stěnu). Vytápění i ohřev teplé vody referenčního objektu jsou řešeny pomocí zemního plynu.
- Ohřev teplé vody navrhované budovy využívá solárního termického systému o aktivní ploše cca. 6 m^2 , což může znamenat pokrytí potřeby přibližně z 60 %.
- Předpokládá se užití nejefektivnějších elektrických spotřebičů (nejvyšší kategorie bílé techniky, osvětlovacích prvků, regulace světelného výkonu). Roční potřeba elektrické energie se s odvoláním na metodiku PHPP [3] odhaduje ve výši 3 MWh – pro navrhovaný i referenční dům shodně.
- Fotovoltaický systém o aktivní ploše cca. 62 m^2 zapojený do veřejné sítě by měl ročně produkovat stejné množství energie, jaká je potřebná na roční provoz domu (vytápění + ohřev teplé vody + pomocná energie na provoz technických systémů např. větrání + elektřina domácích spotřebičů).
- Do energetického výpočtu se nezahrnuje příznivý vliv občasného užití uzavřených krbových kamen ani vliv zemního výměníku tepla, sloužícího k předehřevu /předchlazení větracího vzduchu, které znamenají další ale předem obtížně kvantifikovatelné zlepšení energetické bilance. Dále se nezahrnuje jistý (malý) příspěvek solárního termického systému k vytápění budovy. To vše je možné interpretovat i jako jistou rezervu na výpočtem nepostižitelné zhoršení celkových energetických parametrů ve skutečnosti (realizační vlivy).

2.2. Výsledky hodnocení

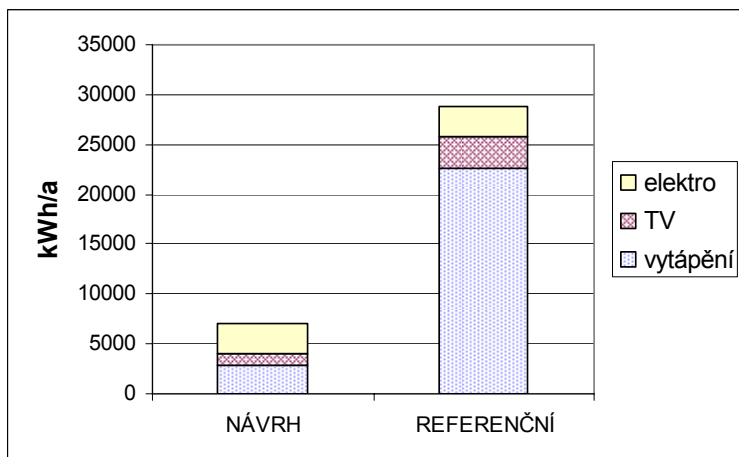
Potřeba tepla na vytápění je porovnávána na *obr.3*. *Obr.4* ukazuje celkovou energetickou bilanci budovy pro navržené a referenční řešení. Kromě energie na krytí potřeby tepla na vytápění (viz výše) a energie na ohřev teplé vody je zde zahrnuta i předpokládaná potřeba elektrické energie na provoz budovy. *Obr.5* dokládá dosažení úrovně energeticky nulového domu. Pro výpočet primární energie z neobnovitelných zdrojů byly užity následující orientační hodnoty *faktoru energetické přeměny*: elektřina z veřejné sítě 3,0, zemní plyn 1,1, solární termický systém 0,1 a fotovoltaický systém 0,5 (odhad s využitím zahraničních podkladů) - *obr.6*.

Pro výpočet provozních emisí byly použity následující charakteristiky: elektřina z veřejné sítě 0,68 kg_{CO2}/kWh, zemní plyn 0,25 kg_{CO2}/kWh, solární termický systém 0,03 kg_{CO2}/kWh a fotovoltaický systém 0,1 kg_{CO2}/kWh (odhad s využitím zahraničních podkladů) – *obr.7*.

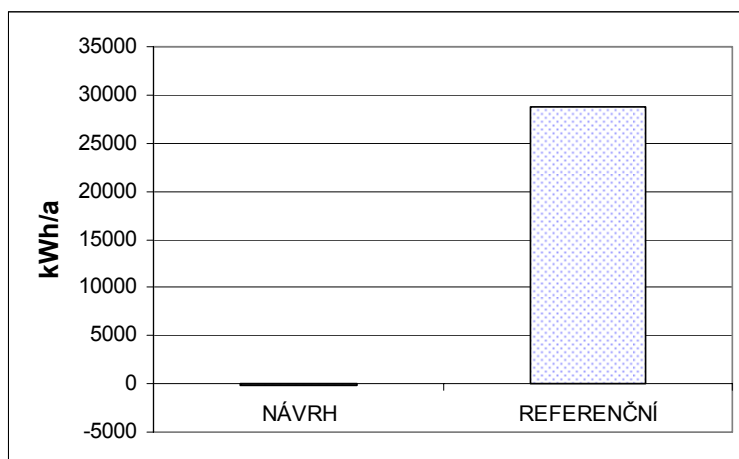
Pro navrhované a referenční řešení byly stanoveny provozní náklady na energie podle aktuálních cen a tarifů v regionu (*obr.8*). Jsou uvedeny bez DPH v tarifu C11 (20 h NT, 4 h VT), resp. tarifu C2 pro referenční řešení. Fixní platby velmi tvoří významnou část celkové částky, což komplikuje prosazování nízkoenergetických řešení.



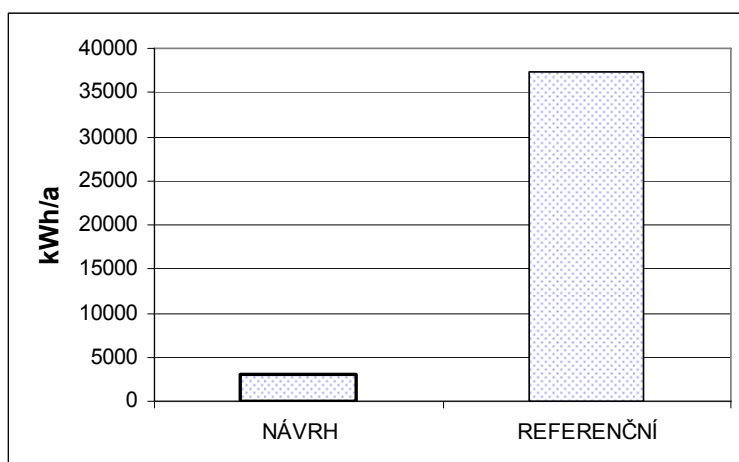
Obr.3 Měrná potřeba tepla na vytápění (navrhované řešení 14,7 kWh/(m²a), hodnota požadovaná Vyhl.291/2001 je 121,6 kWh/(m²a), hodnota pro referenční objekt je 104 kWh/(m²a)).



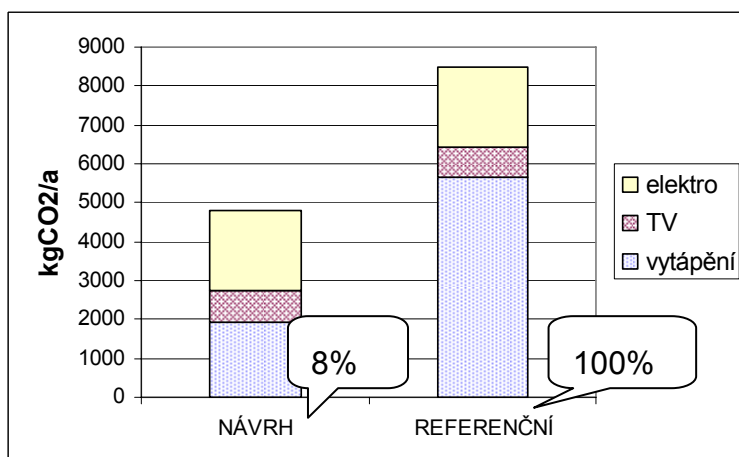
Obr.4 Předpokládaná roční spotřeba energie na vstupu do budovy



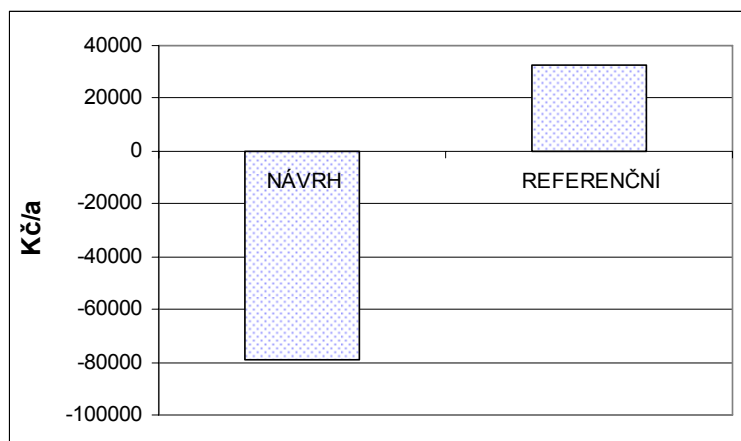
Obr.5 Celková roční energetická bilance po zahrnutí produkce FV systému (průkaz splnění úrovně energeticky nulového domu)



Obr.6 Ekvivalentní roční provozní primární energie po započtení produkce elektrické energie



Obr.7 Celkové roční provozní ekvivalentní emise CO₂. Po započtení vlivu produkce elektrické energie budou emise navrhovaného řešení pouze na úrovni 8% řešení referenčního



Obr.8 Roční bilance energetických nákladů a výnosů (ceny 2006 bez DPH), pro navrhované a referenční řešení při zahrnutí výkupu elektrické energie z fotovoltaického systému

3. Závěrem

Pro energeticky nulové domy – jako pro specifickou kategorii v širší rodině nízkoenergetických domů - bude zřejmě potřebné dopracovat terminologii, metody hodnocení i rámcová doporučení pro navrhování, s důrazem na celkovou kvalitu řešení prověřenou podle zásad udržitelné výstavby. V každém případě je jasné, že stavební řešení na již ověřené úrovni pasivního domu je dobrým předpokladem k dosahování úrovně domu energeticky nulového. Kontrolní hodnocení z hlediska primárních energií je vhodným nástrojem i zde.

Využití solární energie by mělo být vždy předmětem optimalizačních studií, kombinujících využití pasivních solárních zisků, fototermických i fotovoltaických technologií.

Nedílnou součástí pilotního projektu energeticky nulového domu v Koberovech je dlouhodobé monitorování a vyhodnocování stavebně-energetických vlastností i kvality vnitřního prostředí. Řešení, které se připravuje ve spolupráci s Výzkumným centrem CIDEAS na Fakultě stavební ČVUT v Praze, bude jistě také užitečné konfrontovat ze zkušenostmi ze zahraničí.

Výstavba souboru budov v Koberovech byla zahájena v červenci 2006, úplné dokončení se předpokládá do jednoho roku.

4. Literatura

- [1] Hájek, P.- Tywoniak, J.: Udržitelná výstavba budov. Stavební listy, 13/2002
- [2] Morávek, P.: Soubor třinácti pasivních rodinných domů Český ráj – Koberovy. In: Sborník konference Pasivní domy- Passivhäuser 2005, Brno.
- [3] Passivhaus Projektierungspaket (PHPP 2004). Passivhaus Institut Darmstadt, 2004

Příloha

Tab. 1 Předpokládané hodnoty součinitelů prostupu tepla rozhodujících prvků

Prvek	Navrhované řešení	Referenční řešení (podle ČSN 73 0540-2 (2005))
obvodová stěna	0,10 W/(m ² K)	0,30
okna	0,80	1,70
šikmá střecha	0,08	0,24
podlaha na terénu	0,15	0,6
strop pod nevytápěným podstřeším	0,08	0,3

Tab.2 Předpokládaná potřeba tepla na vytápění a potřeba energie na provoz budovy

	Navrhované řešení	Referenční řešení
Potřeba tepla na vytápění	2711 kWh/a	19245 kWh/a
Měrná potřeba tepla na vytápění	14,7 kWh/(m ² a)	104,4 kWh/(m ² a)
Potřeba energie na vytápění	2854 kWh/a	22641 kWh/a
Potřeba energie na ohřev vody	2717 kWh/a	3131 kWh/a
z toho solární ohřev	1597 kWh/a (60%)	
ohřev konvenční	1120 kWh/a (40%)	3131 kWh/a
Potřeba energie na elektrické spotřebiče	3000 kWh/a (odhad)	3000 kWh/a (odhad)
produkce FV-elektřiny	-7200 kWh/a	---
balance konečné energie	-226 kWh/a (<0%)	28872 kWh/a (100%)

Planung und Bau der Passivhaus Grundschule, Kalbacher Höhe 15, Frankfurt am Main

Axel Bretzke, Dipl. Phys., Diplom Energiewirt (FH), Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abt. Energymanagement, Gerbermühlstr. 48, 60594 Frankfurt am Main, T +49 (0) 69-212-38697, axel.bretzke@stadt-frankfurt.de



1. Zusammenfassung

Die Stadt Frankfurt hat am 1. 11. 2004 im Baugebiet Riedberg mit die erste, vollständig in Passivhaus (PH)-Bauweise errichtete Grundschule in Deutschland eröffnet, Baubeginn war September 2003. Im Rahmen eines Wettbewerbs 2000/2001 wurde die Festlegung getroffen, für den Neubau von drei Grundschulen PH-Qualität anzustreben. Im Frühjahr 2003 hat das Stadtschulamt mit dem Magistrat einen Grundsatzbeschluss zur PH-Bauweise für Schulgebäude gefasst, dem intensive Abwägungen über Kosten und Nutzen vorangingen. Die Kosten für das Gesamtprojekt mit 8.785 m² Bruttogeschoßfläche einschließlich Turnhalle mit zwei Feldern liegen bei 16, 7 Mio €. Die Mehrkosten davon gegenüber einem verbesserten Standard, EnEV minus 30% (75 kWh/m²), wurden nach Stand Kostenberechnung mit ca. 4% abgeschätzt, bei Kostenfeststellung mit 4,7%. Erfahrungen aus ähnlichen Projekten bestätigen einen mittleren Wert von 5% Mehrkosten für Passivhausbauweise mit einer Amortisation von 10-20 Jahren. Im Mai 2006 hat die neue Frankfurter Stadtregierung beschlossen „neue städtische Gebäude werden möglichst nur noch in PH-Bauweise errichtet“.



Ansicht der Schule von Südost

Die Ganztageschule mit KiTa ist mit Vollküche und Speisesaal ausgestattet. Die zugehörige Turnhalle wurde in vergleichbarer Massivbauweise in gutem Niedrigenergie-Standard ausgeführt. Neben PH-Standards bei der Dämmung und einer Luftdichtheit n_{50} von 0,46/h werden die Wärmeverluste am Boden durch eine gedämmte Frostschräge vermindert. Der sommerliche Wärmeschutz wird durch schwere Bauweise, aussenliegende Jalousien und Nachtauskühlung gewährleistet. Der Primärenergiebedarf liegt bei 59 kWh/m²a.

Die Lüftungsanlagen sind als Zuluftsysteme mit Wärmerückgewinnung ohne Heizregister ausgelegt. Die Rest-Beheizung der Räume erfolgt nicht über Gruppenheizre-

gister für die Lüftung, sondern über einen kleinen Heizkörper pro Raum. Dies gewährleistet individuellen Komfort bei Kostenneutralität. Die Bereitstellung der Restwärme erfolgt über zwei vollautomatische, 60 kW Holzpelletkessel, die zur Bauheizung bereits 1500 Betriebsstunden störungsfrei gearbeitet haben. Abgerundet wird das ökologische Konzept durch eine Photovoltaik-Anlage mit einer Leistung von 30 kW im Endausbau auf der verpachteten Dachfläche. Das Projekt wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert und vom Passivhaus Institut beraten und messtechnisch begleitet. Die Holzpellet-Heizung wird vom Land Hessen gefördert.



Grundriss: KiTa (li), Schule (o. + r.), Turnhalle (u.)



Klassenraum (o.), Eingangshalle

2. Warum Schulgebäude in Passivhaus-Qualität?

In einer PH-Schule reicht die Wärme von 25 Schülern und einem Lehrer aus (1,5 kW), den Klassenraum in der Nutzungszeit ganzjährig ausreichend zu beheizen. Der Aufwand für die PH-Dämmung ist daher gegenüber PH-Wohngebäuden geringer. Zudem ist eine PH-Schule gutmütig. Selbst bei Ausfall der Heizung über Tage werden keine kritischen Innenraumtemperaturen erwartet. Die PH-Fenster garantieren Behaglichkeit im Winter auch am Fenstersitzplatz.

In einer PH-Schule gewährleistet eine maschinell zugeführte Luftmenge von 15-20 m³/Person einen 2-fachen Luftwechsel und eine dauerhaft ausreichende Luftqualität nach DIN 1946 T2 (Begrenzung der CO₂ Konzentration in Räumen auf unter 1500 ppm). Zudem garantiert diese geringe Luftmenge Geräusch- und Zugfreiheit im Klassenraum und verhindert unkontrolliert trockene Luft. Die Anforderung zweifacher Luftwechsel wird mit Fensterlüftung allein im Winter nicht gewährleistet, wie in allen repräsentativen Untersuchungen von Klassenräumen mit gemessenen 2500 bis 4000 ppm CO₂ schon vor Jahrzehnten festgestellt wurde. Den geringeren Luftwech-

sel durch verminderte Fensterlüftung im Winter erwartet auch die ASR 5, die von reduziertem Lüftungsverhalten (50%) unter 0° C ausgeht. Die Wärmerückgewinnung verhindert gleichzeitig die großen Wärmeverluste durch die Lüftung. Diese Verluste müssten sonst nach der neuen DIN 12831 „Heizlast“ durch erheblichen Mehraufwand für Heizkörper gedeckt werden, da als Neuerung ein 2-facher Luftwechsel für Schulräume anzusetzen ist.

Außerhalb der kürzeren Heizzeit einer PH-Schule ist vorgesehen, die Lüftung abzustellen und nur über die Fenster zu lüften. Selbst in der Heizzeit kann bei Bedarf über die Fenster zusätzlich gelüftet werden, da dies im PH erheblich verlustärmer ist als in Bestandsgebäuden (kleiner Heizkörper an der Innenwand statt große Heizkörper unter den Fenstern).

Durch die Ausführung in PH-Bauweise werden also nicht nur die Betriebskosten erheblich reduziert. Es werden vor allem bessere Lernbedingungen für die Schülerinnen und Schüler und bessere Arbeitsbedingungen für die Lehrer geschaffen.

3. Kosten-, Energie- und CO₂-Bilanz

Als Alternative zur verwendeten Beheizung über die Holzpelletkessel war am Riedberg ein Fernwärmeanschluss aus einem Müllheizkraftwerk vorgesehen. Eine Berechnung belegte aber hier die Wirtschaftlichkeit der Pelletfeuerung.

Daher beträgt die Energieeinsparung der Schule in PH-Bauweise gegenüber der Standardausführung Stadt Frankfurt (EnEV - 30%) zwar 260 MWh/a bzw. 28 T€ pro Jahr, die CO₂ Einsparung über den gesamten Energieverbrauch aber „nur“ 33 t/a, da für beide Varianten nur geringe spezifische Emissionen anzusetzen sind. Gegenüber Gebäuden im Bestand sind die Einsparungen aber um ein vielfaches höher.

Trotz der höheren Investition sowie des Mehraufwandes an Wartung und Instandhaltung ergibt sich daher für diese PH-Schule eine Neutralität der Gesamtkosten gegenüber einer Schule nach Standard Frankfurt auf Grundlage der Mehrkosten nach Kostenberechnung (Kapitalkosten 5,5%, Preissteigerung 3%, 40 Jahre). Damit noch nicht bewertet ist die architektonische bzw. erlebbare Qualität wie besseres Raumklima und nachhaltiges Bauen.

Bauteil	netto	NK 18%	Brutto	Bemerkung
Gründung	25.000	4.500	34.220	verlängerte Frostschrüzen mit Dämmung, Bodendämmung
Außenwand	152.000	27.360	208.058	2160 m ² , Dämmung 1,3€/m ² , erhöhte Fassadenstatik
Elementierte AW/Fenster	145.000	26.100	198.476	1780 m ² , PH-Verglasung 75-100€/m ²
abgehängte Decken	20.000	3.600	27.376	2560 m ²
Dach	50.000	9.000	68.440	3600 m ²
Lüftung/Wärmeversorgung	125.000	22.500	171.100	3 Lüftungsanlagen mehr, weniger Aufwand statische Heizung, GLT, Heizungszentrale
Summe	517.000		707.670	Gesamtkosten 16,7 Mio €,

Anteil		4,2%	Baukosten (300+400) 11,3 Mio € (Mehrkosten davon 6,2 %)
nachträglich	über 100 Brandschutzklappen/ Revisionsöffnungen/ Steuerung/Sekuranten etc.		

Mehrkosten der PH-Bauweise für die Grundschule am Riedberg Stand Kostenberechnung, Mittelung mehrerer Betrachtungsweisen

4. Wärmeschutz/Akustik

4.1. Winter

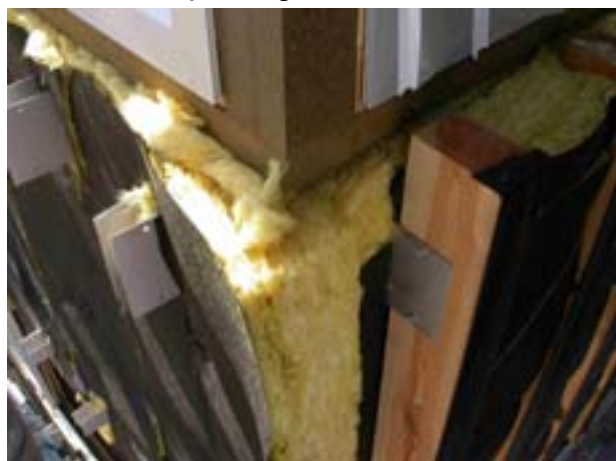
Die hinterlüftete Fassade wurde mit einer Holz-Aluminium Standard-Unterkonstruktion nach Beispielen des Institut Wohnen und Umwelt ausgeführt. Umfangreiche Detailabklärungen verringerten die Wärmeverluste weiter (aussenliegende Entwässerung, Druckentlüftung Abwasser im Gebäude etc.).

Bauteil	U-Wert $W/m^2 K$
Dach	0,11
Elementfassade	0,16
Boden mit Frostschrze (20 cm Dämmung, 2m tief unter der Bodenplatte)	0,34 Reduktionsfaktor 0,22
Fenster	0,74

In der Hanglage mit 11m Höhenunterschied galt es nach Vorgaben der Statik eine Dämmung unter der Bodenplatte zu vermeiden. Statt dessen wurde die Frostschrze verlängert und gedämmt, ebenso wie die umfangreichen Stützmauern des Gebäudes. Die Dämmung der Frostschrze bedeutet geringere Wärmebrücken und Taupunktfreiheit der Wandanschlüsse und Versprünge im Gebäude. Bei der Dämmung im Gebäude konnte daher auf Kimsteine etc. verzichtet werden, lediglich waagrechte Bodenflächen wurden mit 15 cm oberhalb der Bodenplatte gedämmt.



Aufbau der Frostschrze



Aufbau hinterlüftete Fassade

4.2. Sommer

Unterrichtsräume haben sehr hohe interne (25 Schüler) und externe Lasten (Fenster 15 m², 15 % Einstrahlung, 60-80 W/m²). Wie für klassisch gedämmte Gebäude auch ist für kritische Räume daher zumindest eine einfache Simulation und Berechnung

nach DIN 4108 T2 notwendig. Die Wärmeabgabe durch Transmission ist im Sommer (dT von unter 5 Grad) vernachlässigbar und damit unabhängig vom Dämmstandard. Die Wärme muss daher Tags zwischengespeichert und Nachts über Lüftung abgeführt werden. Neben einer schweren Bauweise wurden daher die Fensterflächen optimiert (Tageslicht vs. sommerlicher Wärmeschutz). Die Stürze würden minimiert und opake Brüstungen vorgesehen, um bei gleich bleibender Fensterfläche möglichst viel Tageslicht in die Raumtiefe zu bringen ohne unnötige Sonneneinträge durch einen verglasten Brüstungsbereich zu haben. Die Außenjalousien sind automatisch gesteuert aber mit Schlüsselschalter zeitlich begrenzt manuell übersteuerbar, das obere Drittel der Jalousien ist für Tageslichteinfall in einer festen Kippstellung.

Die Raumakustik wurde optimiert, um die Schallschutznormen einzuhalten aber auch um Decken und Wandflächen in ausreichendem Maß als Speichermasse zur Verfügung zu stellen (Teilweise abgehängte Decke, Schallschutzpinnwand). Zwei automatische Nachtluftklappen je Klasse mit der Überströmung in die Flure können eine passive, die Lüftungsanlage über Sommer-Bypass kann zudem eine aktive Nachtluftkühlung gewährleisten (2-4 facher Luftwechsel).

5. Technik

5.1. Heizung

Die Raumheizkörper sind kostenoptimiert verlegt und angeordnet (in der Regel an den Flurwänden). Die Kosten sind gegenüber einem Gruppenheizregister für die Lüftung vergleichbar, die Steuerung ist dem gegenüber vereinfacht und gewährleistet individuellen Komfort. Die Heizkörper gewährleisten die Aufheizung und die Beheizung leer stehender Raumbereiche, auch wenn dort die Lüftung nicht läuft. Fast alle Räume sind mit Einzelraumregelung mit begrenztem manuellem Temperaturwahlbereich ausgestattet, was zusammen mit den Heizkörpern die Akzeptanz der Nutzer erhöht. Die Flure werden nur über die Abluft der Räume beheizt (mind. 15° C berechnet). Es erfolgt eine Heizungsabschaltung bei Fensteröffnung per Software über den gemessenen Temperaturabfall am Raumtemperaturfühler neben der Eingangstür.



Klassenraum mit abgehängter Decke, Akustik-Pinnwand, Weitwurfschlitz (Zuluft)

5.2. Lüftung

Die insgesamt 6 Lüftungsanlagen mit zusammen $21.700\text{m}^3/\text{h}$ sind mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ausgestattet. Davon sind drei Anlagen dem Passivhauskonzept für die Schule und der KiTa zuzuordnen. Die Zuluft wird über Plattenwärmetauscher erwärmt und den Räumen ohne Nachheizung über Weitwurfschlitze zugeführt. Die Lufttemperatur bei Einblasung unter der Decke beträgt mindestens 16°C . Die geringe Luftmenge garantiert die Aufheizung durch die Schüler. Volumenstromregler gewährleisten eine gestufte Regelung je Klassenraum (100 %, 50 %, 0%). Der Luftwechsel pro Person beträgt ca. $15\text{ m}^3/\text{h}$, die Luftwechselrate damit bei Vollbelegung 2/h. Für gering genutzte Räume wird der Volumenstromregler über CO_2 - oder Mischgassensoren angesteuert.

Die Luft stömt von den Klassenräumen über die Gruppenräume in den Flur (Schalldämpfer, Brandschutzklappen). Durch die Führung der Abluft über die Flure mit zentraler Absaugung konnte auf ein Abluft-Kanalsystem verzichtet werden. Die im Laufe des Projektes gestiegenen Anforderungen an Brand- und Schallschutz mit den dazugehörigen Investitions- und Wartungskosten lassen für die Zukunft eher ein Abluftkanalsystem als kostengünstiger erscheinen.

Die WCs sind separat an die Abluft/WRG angeschlossen. Der mittlere Stromaufwand Lüftung liegt bei $0,45\text{ Wh}/\text{m}^3$ gemäß PH-Standard, da die Führung der Kanäle und die Auslegung der Motoren verbrauchsoptimiert (drehzahl geregelt) erfolgten. Bei der Effizienz der Wärmerückgewinnung wurde beachtet, dass eine Steigerung um 1 Prozent 1 cm weniger Dämmung bedeutet.

5.3. MSR/GLT

Die Steuerung ist über ein LON-Netz mit einem OPC-Server verbunden. Es ist eine raumweise Steuerung für Heizung; Lüftung; Sonnenschutz und Lüftungsklappen möglich. Die Flurbeleuchtung wird über Bewegungsmelder mit Lichtsensor gesteuert, die Beleuchtung der Klassenräume wird nach Ende jeder Unterrichtsstunde zentral ausgeschaltet und kann sofort wieder individuell in Betrieb genommen werden.

5.4. Warmwasser/Abwasser

Die Warmwasser-Versorgung wurde auf das notwendige Maß beschränkt. Schülertoiletten oder Putzräume haben nur Kaltwasseranschlüsse. Von der Heizzentrale weit entfernte Abnehmer haben aus wirtschaftlich energetischen Gründen elektrische Wassererwärmung, Warmwasser-Großabnehmer (Küche, Turnhalle) dagegen sind in der Nähe der Heizzentrale angeordnet und werden von dort versorgt.

5.5. Elektro/PV

Auch die Auslegung Elektro erfolgte kostenoptimiert und stromsparend nach den Technischen Standards des Hochbauamtes (heute „Leitlinien“, www.stadtfrankfurt.de/energiemanagement unter Dokumente) oder Deutscher Städtetag „Energieleitlinien Planung“. Dies bedeutet u.a. für die Auslegung der Klassenraumbeleuchtung eine installierte Leistung von 6 W/m^2 bei 300 lux Die PV-Anlage wird von einem EVU errichtet und betrieben. Die Modulträger werden von mit dem Dachkies beschwerten Metallplattensystem gehalten, was keine Eingriffe in die Dachhaut erfordert.

6. Messkonzept

Um die Qualität und die speziellen Lösungen zu evaluieren wurde ein Messprogramm für zwei Jahre eingerichtet mit anschließender wissenschaftlicher Auswertung. Das Passiv-Haus-Institut misst dazu den Energie- und Kaltwasserverbrauch, den Luftwechsel in den Eingangsbereichen der Schule, den Wirkungsgrad der Lüftungsanlagen, die Raumlufthqualität und Temperaturen in Klassenräumen im Vergleich zu den Außenbedingungen und die Wirkung der Frostschräge.

7. Eckdaten

Nutzer	• 400 Grundschüler in 16 Klassen • 100 - 125 Kinder KiTa, • 50 Personen Schule, KiTa, Verwaltung,
Nutzflächen NGF	• Schule und KiTa 6100 m², Energiebezugsfläche Schule und KiTa 5540 m², A/V = 0,35 • Turnhalle 1600 m²
Bruttogeschossfläche, Bruttorauminhalt	• 8785 m² • 40347 m³
Energiekennwerte PH-Schule ohne Turnhalle	• Heizwärme: 15,0 kWh/m² a PH: 15 • Heizlast: 10,5 W/m² • Dichtigkeit: n₅₀:0,46/h PH: 0,6 • Lüftung: ca. 0,45 Wh/m³ PH: 0,45 • Primärenergiebedarf: 59 kWh/m² a PH: 120 • CO₂ Einsparung gegen EnEV über 30 Jahre: 1000 t • Beleuchtung Klasse: 6 W/m² (2W/100 lux/m²)
Deckung der Heizlast:	• Heizkörper (Turnhalle Deckenstrahlplatten) und Lüftung mit WRG ohne Heizregister, Einzelraumregelung • vollautomatische Holz-Pelletkessel (2x60 kW)
Lüftung/Wärmerückgewinnung	• 3 Passivhaus-Anlagen (2x 4800 m³/h, 1x 2800 m³/h) • 3 weitere Anlagen: Küche, Speisesaal, Turnhalle • alle Anlagen: Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher mit WRG eff. Wärmebereitstellungsgrad 73% nach PHI • Volumenstromregler, z.T. mit CO₂- oder Mischgasfühler
Kosten	• Gesamtprojektkosten: 16,7 Mio € • Baukosten (nach DIN 276: 300+400): 11,1 Mio € brutto • spezifische Baukosten: 1110 €/m² netto
Kosten Passivhaus	• Mehrkosten ca. 4%-5% je nach Bezugsrahmen • Amortisation gegen Standard EnEV-30%: 38 Jahre (Stand 2003, 12 Jahre Stand 2005)
Förderung	• Deutsche Bundesstiftung Umwelt: 250 T€ (Messkonzept und Investition) • Land Hessen: 10 T€ (Pelletheizung)
Beteiligte	• Bauherr: Stadtschulamt Stadt Frankfurt • Architektur: Architekturbüro 4a, Stuttgart • Energetische Qualitätssicherung, Energiekonzept: Passivhaus-Institut, Transsolar • Haustechnik: ICZR • Projektsteuerung/Energiemanagement: Hochbauamt Stadt Frankfurt

Projekt a stavba základní školy ve Frankfurtu nad Mohanem, Kalbacher Höhe 15 ve standardu pasivního domu

překlad

1. Souhrn

Město Frankfurt otevřelo dne 1. 11. 2004 ve stavebním území Riedberg první základní školu v Německu, která byla kompletně postavena jako pasivní dům. Stavba byla zahájena v září roku 2003. Pro konkurz provedený v letech 2000/2001 bylo stanoveno, že investor bude usilovat o novostavbu tří základních škol ve standardu pasivního domu. Na jaře roku 2003 přijal školský úřad spolu s magistrátem zásadní usnesení o tom, že školní budovy budou postaveny technologií pasivního domu. Tomuto usnesení předcházely intenzivní úvahy o nákladech a výhodnosti této technologie. Náklady celkového záměru o hrubé ploše podlaží 8.785 m² včetně tělocvičny se dvěma poli dosahují cca. 16,7 milionů €. Jeho vícenáklady ve srovnání s optimalizovaným standardem, nařízení o úsporách energií (EnEV) minus 30 % (75 kWh/m²), byly odhadnuty podle standardního výpočtu nákladů na cca. 4 %, u zjištěných nákladů pak na 4,7 %. Zkušenosti ze srovnatelných projektů potvrzují střední hodnotu 5 % vícenákladů u použití standardu pasivního domu s amortizací 10 - 20 let. V květnu 2006 rozhodla nová rada města Frankfurt, že „budou nové městské budovy zřizovány pokud možno již jen ve standardu pasivního domu“.

[Fotografie]

Pohled na školu z jihovýchodu

Celodenní škola se školní družinou je vybavena kompletní kuchyní a jídelnou. Tělocvična, která ke škole přísluší, byla provedena ve srovnatelné technologii masivní konstrukce v dobrém nízkoenergetickém standardu. Vedle standardu pasivního domu izolací a při vzduchotěsnosti n_{50} 0,46/h budou ztráty tepla podlahy redukovány protimrazovým izolovaným základovým pasem založený pod částmi budov v mrazuvzdorné hloubce. Letní ochrana před teplem je garantována těžkou stavební konstrukcí, zevnějšku instalovanými žaluziemi a vychladnutím v noci. Spotřeba primární energie činí 59 kWh/m²a.

Ventilační zařízení jsou dimenzována jako systém dodávající vzduch do místností s rekuperací tepla bez topných registrů. Zbývajícím vytápěním prostorů není řešeno skupinovými topnými registry pro ventilaci, nýbrž malými topnými tělesy v jednotlivých místnostech. To garantuje individuální komfort při nákladové neutralitě. Další potřeba tepla je pokryta dvěma plně automatizovanými kotli na dřevěné pelety o výkonu 60 kW, které byly využívány pro vytápění stavby již 1500 provozních hodin bez jakékoli poruchy. Ekologická koncepce byla při dokončení stavby završena fotovoltaickým zařízením s výkonem 30 kW na propachtované ploše střechy. Projekt je subvencován Německou spolkovou nadací pro životní prostředí (Deutsche Bundesstiftung Umwelt), konzultace pro stavbu poskytoval Ústav pro pasivní dům, který rovněž dal

k dispozici technologii měření. Topení dřevěnými peletami subvencuje spolková země Hesensko.

[Grafika]

Půdorys: školní družina (vlevo), škola (nahore a vpravo), tělocvična (dole)

[Fotografie]

Učebna (nahore), vstupní hala

2. Proč školní budova v kvalitě pasivního domu?

Ve škole postavené jako pasivní dům postačuje teplo 25 žáků a učitele (1,5 kW) pro celoroční vytápění učebny během doby užívání. Náklady na izolaci pasivního domu jsou proto ve srovnání s obytnými budovami provedenými jako pasivní dům nižší. Navíc je škola – pasivní dům přátelská ke svým uživatelům. Dokonce i při několika-denním výpadku topení neočekáváme žádné kritické vnitřní teploty. Okna pasivního domu garantují pohodu v zimním období i na místech u oken.

Ve škole postavené jako pasivní dům zajišťuje dvojnásobnou výměnu a trvale dostatečnou kvalitu vzduchu podle DIN 1946 T2 (omezení koncentrace CO₂ v místnostech na méně než 1500 ppm) nucený přívod vzduchu v množství 15 - 20 m³/osoba. Toto nízké množství vzduchu garantuje navíc to, že učebny nejsou zatěžovány hlukem, případně průvanem, a že v nich není nekontrolovaně suchý vzduch. Požadavek na dvojnásobnou výměnu vzduchu v zimě není splněn pouze větráním okny, jak bylo již před desetiletími zjištěno ve všech reprezentativních výzkumech učeben, v nichž byla naměřena množství CO₂ v rozsahu 2500 až 4000 ppm. Menší výměnu vzduchu omezeným větráním okny v zimě očekává také ASR 5 (směrnice o větrání na pracovišti), která vychází z redukovaného větrání (50 %) při teplotách pod 0 °C. Rekuperační teplo současně zabraňuje velkým ztrátám tepla větráním. Tyto ztráty by musely být jinak pokryty podle nové DIN 12831 „Tepelná zátěž“ značnými vícenáklady na topná tělesa, protože se v této normě nově vychází z dvojnásobné výměny vzduchu ve školních prostorech.

Předpokládá se, že mimo kratšího topného období školy postavené jako pasivní dům bude ventilace odstavena a že se bude větrat jen okny. V případě potřeby se může i během topného období navíc větrat okny, protože to je v pasivním domě spojeno s podstatně nižšími ztrátami, než jak je tomu u budov staré zástavby (menší topné těleso na vnitřní stěně namísto velkých topných těles pod okny).

Bude-li škola postavena jako pasivní dům, nebude dána tudíž pouze možnost významných úspor, nýbrž budou především vytvořeny lepší podmínky pro výuku žáků a žákyň a lepší pracovní podmínky pro učitele.

3. Bilance nákladů, energie a CO₂

Jako alternativa k použitému vytápění kotlem na dřevěné pelety bylo u školy v Riedbergu předpokládáno připojení na dálkové topení z teplárny spalující odpad. Výpočet však prokázal hospodárnost vytápění peletami.

Proto dosahuje úspora energie školy provedené jako pasivní dům oproti standardnímu provedení ve městě Frankfurt (EnEV - 30%) sice 260 MWh/a, případně 28 tis. € za rok, úsporu CO₂ za celou dobu spotřebovávání energie však „pouze“ 33 t/a, protože obě varianty vycházejí z jen malých specifických emisí. Ve srovnání s budovami ve staré zástavbě jsou však úspory mnohokrát vyšší.

Přes vyšší investice a vícenáklady na údržbu a opravy jsou proto celkové náklady této školy postavené jako pasivní dům srovnatelné se školou postavenou ve frankfurtském standardu, a to z důvodu vícenákladů podle kalkulace nákladů (kapitálové náklady 5,5 %, zvýšení cen 3 %, 40 let). V těchto kalkulacích nelze vyčíslit architektonické působení díla a pocit kvality, který vzbuzuje, ani lepší klimatické poměry v budově a provedení v souladu s trvale udržitelným rozvojem.

část stavby	Netto	NK 18 %	brutto	poznámka
Zakládání	25.000	4.500	34.220	Prodloužené izolované protimrazové základové pasy, izolace podlah
Vnější stěna	152.000	27.360	208.058	2160 m ² , izolace 1,3 €/m ² , zvýšená statika fasády
Dílcové vnější stěny / okna	145.000	26.100	198.476	1780 m ² , prosklení pasivního domu 75 – 100 €/m ²
Zavěšené stropní podhledy	20.000	3.600	27.376	2560 m ²
Střecha	50.000	9.000	68.440	3600 m ²
Ventilace / zásobování teplem	125.000	22.500	171.100	3 ventilační zařízení navíc, nižší náklady na statické topení, řídicí rozvody budovy, topná centrála
Celkem	517.000		707.670	Celkové náklady 16,7 Mil €,
Podíl			4,2%	Stavební náklady (300 + 400) 11,3 Mil € (z toho vícenáklady 6,2 %)
Dodatečně	Více než 100 požárních klapek / revizních otvorů / řízení / upevnění zabudovaná do konstrukce střechy jako ochrana před pádem atd.			

Vícenáklady stavební technologie pasivního domu u základní školy v Riedbergu – standardní kalkulace nákladů, sdělení více způsobů hodnocení

4. Tepelná ochrana / akustika

4.1. Zima

Odvětrávaná fasáda byla provedena standardní spodní konstrukcí ze dřeva a hliníku podle příkladů Ústavu pro bydlení a životní prostředí (Institut Wohnen und Umwelt). Komplexní řešení detailů dále snižuje tepelné ztráty (vně uložená kanalizace, tlakové odvětrávání odpadních vod v budově atd.).

část stavby	hodnota U W/m ² K
Střecha	0,11
Dílcová fasáda	0,16
podlaha s protimrazovým izolačním základovým pasem (20 cm izolace, v hloubce 2 m pod základovou deskou)	0,34 redukční faktor 0,22

Okna	0,74

U stavby ve svahu s výškovým rozdílem 11 m je nutno uplatnit pravidlo statiky, že se má upustit od uložení izolace pod základovou deskou. Místo toho byl prodloužen a odizolován protimrazový základový pas stejně jako rozsáhlé opěrné zdi budovy. Izolace protimrazového základového pasu znamená menší tepelné mosty a vyloučení kondenzačního bodu připojení stěn a výčnělků v budově. U izolace v budově nebylo proto nutno použít izolační vápenopískové cihly (Kimmstein) atd., izolovány byly pouze vodorovné podlahové plochy 15 cm nad základovou deskou.

[Fotografie]

Konstrukce protimrazového izolovaného základového pasu

[Fotografie]

Konstrukce odvětrávané fasády

4.2. Léto

Učebny mají jak velmi vysoké interní zátěže (25 žáků) a externí zátěže (okna 15 m², 15 % vzáření, 60 - 80 W/m²). Stejně jako pro klasicky izolované budovy je proto pro kritické prostory nutná přinejmenším jednoduchá simulace a výpočet podle DIN 4108 T2. Odevzdávání tepla přenosem je v létě (delta T méně než 5 stupňů) zanedbatelné, a tudíž nezávislé na standardu izolace. Teplo musí proto být přes den meziskladováno a v noci odváděno ventilací. Vedle těžké stavební konstrukce byly proto optimalizovány plochy oken (denní světlo versus letní tepelná izolace). Okenní překlady by byly minimalizovány a byly by instalovány neprůhledné parapety, aby se při nezměněné ploše oken do hloubky místnosti přivedlo co nejvíce denního světla, aniž by hrozily vnosi slunečního svitu prosklenou částí parapetu. Vnější žaluzie jsou řízeny automaticky, ale jsou časově omezeně ovladatelné spínačem s klíčkem, horní třetina žaluzií je zajištěna v pevném nastavení náklonu pro přívod denního světla.

Byla optimalizována akustika místností, aby byly dodrženy normy protihlukové ochrany, ale aby také byly prostory kolem stropu a ploch stěn bylo v dostatečné míře k dispozici jako akumulární hmota (částečně zavěšené podhledy, protihluková nástěnka). Dvě automatické klapky pro noční vzduch v každé učebně s přepouštěním do chodeb mohou zajistit pasivní chlazení nočním vzduchem, ventilační zařízení s letním bypassem může navíc představovat aktivní chlazení nočním vzduchem (2 – 4násobná výměna vzduchu).

5. Technologie

5.1. Topení

Tělesa pro vytápění místností byla uložena a umístěna tak, aby byly optimalizovány náklady (zpravidla na stěnách chodeb). Náklady jsou oproti skupinovému topnému registru pro ventilaci srovnatelné, ovládání je oproti tomu jednodušší a zajišťuje individuální komfort. Topná tělesa zajišťují zahřátí a vytápění prázdných místností, i když v nich neběží ventilace. Téměř všechny místnosti jsou vybaveny individuální regulací s omezeným manuálním nastavením rozsahu teploty, což spolu s topnými tělesy zvyšuje akceptaci uživatelů. Chodby jsou vytápěny pouze odpadním vzduchem

z místností (vypočteno min. 15 °C). Při otevření oken software odpojí topení pomocí měření poklesu teploty teplotním čidlem umístěným u vstupních dveří místnosti.

[Fotografie]

Učebna s podhledem, akustická nástěnka, kanálek s dalekým dosahem (přívodní vzduch)

5.2. Ventilace

Všech 6 ventilačních zařízení s celkovým výkonem 21.700 m³/h je vybaveno vysoce účinnou rekuperací tepla. Z toho spadají tři zařízení do koncepce pasivního domu pro školu a školní družinu. Přiváděný vzduch je ohříván deskovými výměníky tepla a přiváděn do místností bez následného ohřevu kanálky s dalekým dosahem. Teplota vzduchu při vstupu pod stropem dosahuje minimálně 16 °C. Malé množství vzduchu garantuje ohřátí místnosti teplem vyzařovaným žáky. Regulátory objemového proudění zajišťují odstupňovanou regulaci pro každou učebnu (100 %, 50 %, 0 %). Výměna vzduchu na osobu činí cca. 15 m³/h, míra výměny vzduchu při plném obsazení učebny tak dosahuje 2/h. V málo využívaných prostorech je regulátor objemového proudění řízen pomocí senzorů CO₂ nebo smíšeného plynu.

Vzduch proudí z učeben přes místnost pro zájmové kroužky do chodby (tlumiče hluku, požární klapky). Díky vedení odpadního vzduchu přes chodby s centrálním odsáváním bylo možno rezignovat na kanalizační systém pro odpadní vzduch. Požadavky na požární a protihlukovou ochranu, které se během fáze projektu zvýšily, s příslušnými investičními náklady a náklady na údržbu naznačují, že pro budoucnost bude kanalizační systém pro odvod odpadního vzduchu nákladově výhodnější.

Toalety jsou napojeny odděleně na odvod odpadního vzduchu / rekuperaci tepla. Střední spotřeba proudu ventilace činí 0,45 Wh/m³ podle standardu pasivního domu, pro vedení kanálů a dimenzováním motorů byla totiž provedena optimalizace spotřeby (regulace podle počtu otáček). Při účinnosti rekuperace tepla bylo vzato v úvahu, že navýšení o 1 procento znamená redukci izolace o 1 cm.

5.3. Měření, řízení, regulace / řídicí technika budovy

Řízení je propojeno sítí LON s OPC serverem. Je možné ovládání topení, ventilace, ochrany proti slunečnímu záření a ventilačních klapek pro každou místnost zvlášť. Osvětlení chodeb je ovládáno hlásiči pohybu se světelným senzorem, osvětlení učeben se po skončení každé učební hodiny vypíná centrálně a může být ihned individuálně znovu uvedeno do provozu.

5.4. Teplá voda / odpadní voda

Zásobování teplou vodou bylo omezeno na nutné minimum. Toalety žáků nebo úklidové místnosti mají pouze přípojky studené vody. Místa spotřeby teplé vody ve velké vzdálenosti od topné centrály mají z důvodů hospodárného nakládání s energiemi elektrické ohříváče vody, místa spotřeby s vysokou spotřebou teplé vody (kuchyně, tělocvična) jsou naproti tomu umístěny v blízkosti topné centrály, z níž jsou zásobována teplou vodou.

5.5. Elektroinstalace / fotovoltaika

Také dimenzování elektroinstalací bylo provedeno s ohledem na optimalizaci nákladů a na úsporu elektřiny podle Technických standardů Úřadu pro pozemní stavitelství (dnes „Směrnice“, www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement pod dokumenty) nebo podle „Energetických směrnic pro projektování“ Německého svazu měst (Deutscher Städtetag). To pro dimenzování osvětlení učeben znamená mimo jiné příkon 6 W/m² při 300 luxech. Fotovoltaické zařízení zřídil a provozuje elektrorozvodný závod. Nosiče modulů jsou uchyceny systémem kovových desek zatíženým střešním štěrkem, což si nevyžádalo žádné zásahy do střešního pláště.

6. Koncepce měření

Pro vyhodnocení kvality a speciálních řešení byl zaveden dvouletý plán měření s následným vědeckým posouzením. Ústav pro pasivní dům (Passiv-Haus-Institut) bude měřit spotřebu energie a spotřebu studené vody, výměnu vzduchu ve vstupních prostorech školy, účinnost ventilačních zařízení, kvalitu vzduchu v místnostech a teploty v učebnách ve srovnání s vnějšími podmínkami a účinnost izolovaného protimrazového základového pasu.

7. Klíčové údaje

Uživatelé	• 400 žáků základní školy v 16 učebnách, • 100 - 125 dětí ve školní družině, • 50 zaměstnanců školy, školní družiny, správy,
Užitné plochy - čistá půdorysná plocha	• Škola a školní družina 6100 m², plocha spotřeby energie škola a školní družina 5540 m², A/V = 0,35 • Tělocvična 1600 m²
Zastavěná plocha podlaží, prostorový objem brutto	• 8785 m² • 40347 m³
Energetické ukazatele školy postavené jako pasivní dům bez tělocvičny	• teplo pro vytápění: 15,0 kWh/m² a pasivní dům: 15 • tepelná zátěž: 10,5 W/m² • vzduchotěsnost: n₅₀: 0,46/h pasivní dům: 0,6 • ventilace: cca. 0,45 Wh/m³ pasivní dům: 0,45 • spotřeba primární energie: 59 kWh/m² a pasivní dům: 120 • úspora CO₂ oproti EnEV po dobu 30 let: 1000 t • osvětlení učebny: 6 W/m² (2W/100 lux/m²)
Pokrytí tepelné zátěže:	• Topná tělesa (tělocvična stropní sálavá topná tělesa) a ventilace s rekuperací tepla bez topných rejstříků, regulace v jednotlivých místnostech • Plně automatický kotel na dřevěné pelety (2 x 60 kW)
Ventilace / rekuperace tepla	• 3 zařízení pro pasivní dům (2 x 4800 m³/h, 1 x 2800 m³/h) • 3 další zařízení: kuchyně, jídelna, tělocvična • všechna zařízení: křížový protisměrný výměník tepla s rekuperací tepla, účinný stupeň přípravy tepla 73 % podle PHI • regulátor objemového proudu, částečně s čidlem CO₂ nebo směsného plynu
Náklady	• Celkové náklady projektu: 16,7 mil. € • Stavební náklady (podle DIN 276: 300+400): 11,1 mil € brutto • Specifické stavební náklady: 1110 €/m² netto
Náklady pasivního domu	• Vícenáklady cca. 4 % - 5 % je nach referenčního rámce • Amortizace oproti standardnímu EnEV – 30 %: 38 let (stav 2003, 12 let stav 2005)
Subvence	• Německá spolková nadace pro životní prostředí: 250 tisíc € (koncepce měření a investice) • Spolková země Hesensko: 10 tis. € (vytápění peletami)
Zúčastněné subjekty	• Investor: Městský školský úřad města Frankfurt • Architektura: Architekturbüro 4a, Stuttgart • Zajišťování energetické kvality, energetická koncepce: Ústav pro pasivní dům, Transsolar • Technické zařízení budov: ICZR • Řízení projektu / energetický management: Úřad pro pozemní stavitelství města Frankfurt

Energion Ulm Bürogebäude im Passivhaus-Standard Ulm/ Deutschland

Barbara Faigle

oehler faigle archkom solar architektur, 75015 bretten, melanchthonstr. 10

fon 07252-95 76 26, info@archkom.de, www.archkom.de



Abb. 1 Eingangsfassade mit Vorfahrt



Abb. 2 Atrium

1. Architektur:

Das 5-geschossige Gebäude ist tief in den Hang hineingeschoben, so dass die Vorfahrt ein Geschoss über dem so genannten Gartengeschoss angeordnet ist.

Im Gartengeschoss befinden sich Räumlichkeiten mit besonderer Nutzung, wie das glasüberdachte Atrium, Seminarräume, Kasino, Küche und Nebenräume. Der Haupteingang ist ebenerdig, ein Geschoss höher, im typischen Bürogeschoss. Erschlossen wird der Baukörpers über zwei im Atrium eingestellten Glasaufzüge und eine Wendeltreppe.

Das glasüberdachte Atrium verbindet die einzelnen Bürogeschosse optisch miteinander. Im Gartengeschoss steht die Fläche als multifunktionale Veranstaltungsfläche für die Mieter zur Verfügung.

Eine zweihüftige Anordnung der Büros minimiert die Verkehrsflächen und lässt die inneren und äußeren Ringe entstehen, die mit Tageslicht belichtet werden. Die Nord-Orientierung von zwei Außenfassaden ist gerade für Computerarbeitsplätze beliebt. Die Grundrisse sind mit ihren Versorgungsflächen, den Leitungsführungen und den Erschließungselementen so aufgebaut, dass jedes Geschoss in zwei unabhängige Mietbereiche aufgeteilt werden kann.

Das Gebäude ist in eine Parklandschaft eingebettet. Terrassen, Stegen und Geländestufen bieten dem Mitarbeiter vielfältige Ausblicke. Sie ermöglichen auch den direkten Zugang vom Kasino und den Seminarräumen über Stege auf die Holzdecks der Terrassen. Kernstück der Gartenanlage ist ein großer naturnaher Regenwasser-teich, der das Wasser zu 100 % in einer Retentionsfläche versickern oder verdunsten lässt. Der Teich ist als Kieselstein-Landschaft gestaltet. Je nach Wasserstand und Jahreszeit kommt mehr oder weniger diese Kieselstein-Landschaft zum Vor-

schein. Somit ändern nicht nur die Jahreszeiten sondern auch die im Jahresrhythmus unterschiedlich gefluteten Flächen den Garten. Der Teichboden wird mit Lehm soweit abgedichtet, dass das Regenwasser nur langsam versickern kann. Der Teich ist an eine Regenwasserzisterne angeschlossen. Das gesammelte Regenwasser wird zur Gartenbewässerung und zur Versorgung des Wasserbeckens vor dem Eingang verwendet.

Die Versiegelung des Grundstücks wird mit wasserdurchlässigen Belägen für Zufahrt und Parkplätze so wie Trockenstein-Böschungen so weit wie möglich vermieden. Die Tiefgarage ist mit einer 1 m dicken Erdschicht bedeckt.

2. Wirtschaftlichkeit:

Die für die EnerGon entwickelte Wankelform für 400 Mitarbeiter ist eine Synthese aus architektonischen, energetischen und funktionalen Anforderungen. Energieverbrauch und Baukosten konnten durch eine frühzeitige integrale Planung von Architektur, Haustechnik und Tragwerksplanung optimiert werden. Die Baukosten liegen trotz erhöhtem Komfort ca. 10 % unter den durchschnittlichen Baukosten für Bürogebäude in Deutschland.



Abb. 3 Typischer Schnitt



Abb. 4 typischer Bürogrundriss

3. Minimale Nebenkosten & maximaler Umweltschutz:

Das CO₂-neutrale Bürogebäude bietet die derzeit maximale Energie-Effizienz. Der Passivhaus-Standard reduziert den Energieverbrauch für Heizen, Kühlen und Hilfsstrom um 75 %, die CO₂-Einsparung beträgt jährlich 175.000 kg. Die Fotovoltaik produziert mit 72 kWh/m² a mehr Strom als der Primärenergieverbrauch mit 68 kWh/m² a beträgt.

**Abb. 5** Flurbereich**Abb. 6** Atrium**Abb. 7** Ansicht Süd-West

4. Haustechnik:

Mit Hilfe der Betonkern-Aktivierung lässt sich auf sanfte Art ganzjährig, ressourcenschonend und wirtschaftlich ein behagliches Innenraumklima erreichen. Hierzu werden in den Geschossdecken Röhren verlegt, die im Winter von warmem, im Sommer von kühlem Wasser durchflossen sind. Die Wärmeeinkopplung über die Oberflächen wird von den Nutzern als angenehm empfunden, da im Winter die Oberflächen warm und im Sommer verhältnismäßig kühl sind. Die Lüftung des Gebäudes ist den hygienischen Anforderungen angepasst. Das Atrium wird als Zuluftkanal genutzt. Im Ergebnis werden eine drastische Reduktion der CO₂-Emission und ein deutlich verbesserter Klima-Komfort erreicht.

5. Daten:

Energiekennwert Heizwärme	12,0 kWh/(m ² a)
Drucktest Ergebnis	0,20 l/h
Primärenergiekennwert Heizenergie	35 kWh/(m ² a)
Primärenergiekennwert Klimatisierung	17 kWh/(m ² a)
Primärenergiekennwert Warmwasser	7 kWh/(m ² a)
Primärenergiekennwert Sonstiges	9 kWh/(m ² a) (ohne Beleuchtung, Büro- und Küche)
Primärenergiekennwert PV-Strom	minus 72 kWh/(m ² a)

Abschätzung der Betriebskosten Heizen, Kühlen, Strom auf 30 Jahre

Heizwärmebedarf Energon	= 72.000 kWh/a
Heizwärmebedarf ENEV-Gebäude	= 176.000 kWh/a

- Ein ENEV-Bürogebäude hat einen Stromverbrauch für die Geräteausstattung von
 300 W/Arbeitsplatz x 420 Arbeitsplätze x 240 Tage /Jahr x 8 h/Tag = 241.920 kWh

- Für Beleuchtung wird grob im Schnitt für Büro- und Flurfläche angesetzt
 15 W/m² x 5962 m² x 240 Tage/Jahr x 8 h/Tag = 171.705 kWh/a

- Der Strom für Lüftung, Pumpe Heizung, Befeuchtung, Kühlung beträgt ca.
 30 kWh/m² a x 5962 m² = 178.860 kWh/a

Summe Stromverbrauch Büro, Beleuchtung Haustechnik	= 592.485 kWh/a
Stromverbrauch ENEV-Gebäude	= 592.000 kWh/a
Stromverbrauch Energon 50 %	= 296.000 kWh/a

Energon x 30 Jahre

Heizen 72.000 kWh/a x 30 a x 0,035 €/kWh	= 75.600 €
Strom 296.000 kWh/a x 30 a x 0,17 €/kWh	= 1.509.600 €
Summe Energon	= 1.585.200 €

ENEV-Bürogebäude x 30 Jahre

Heizen 176.000 kWh/a x 30 a x 0,035 €/kWh	= 184.800 €
Strom 592.000 kWh/a x 30 a x 0,17 €/kWh	= 3.019.200 €
Summe ENEV-Bürogebäude	= 3.204.000 €

Energion Ulm – kancelářská budova ve standardu pasivního domu, Ulm / Německo

překlad

[Fotografie]

Obr. 1 Vstupní fasáda s podjezdem

[Fotografie]

Obr. 2 Atrium

1. Architektonická stránka:

Pětipodlažní budova je zasunuta hluboko do svahu tak, že jedno podlaží nad tzv. zahradním podlažím je umístěn podjezd.

V zahradním podlaží se nachází prostory se zvláštním využitím, jako např. atrium se skleněným zastřešením, seminární místnosti, kasino, kuchyň a vedlejší prostory. Hlavní vchod je přízemní, o poschodí výš, v typickém kancelářském podlaží. Těleso stavby je ukončeno dvěma zasklenými výtahy instalovanými v atriu a točitým schodištěm.

Atrium se skleněným zastřešením opticky vzájemně spojuje jednotlivá kancelářská podlaží. V zahradním podlaží je nájemcům k dispozici multifunkční plocha pro pořádání akcí.

Dvouboční uspořádání kanceláří minimalizuje dopravní plochy a dává vzniknout vnitřním a vnějším prstencům, které jsou osvětlovány denním světlem. Severní orientace dvou vnějších fasád je vhodná zejména pro počítačová pracoviště. Půdorysy se zásobovacími plochami, vedeními a připojovacími prvky jsou koncipovány tak, že lze každé podlaží rozdělit do dvou nezávislých nájemních sektorů.

Budova je zakomponována do parkového prostředí. Terasy, lávky a stupňovitý terén skýtají pracovníkům rozmanitý výhled. Dále umožňují přímý přístup z kasina a seminárních místností přes lávky na dřevěné plochy teras. Centrem zahrady je velký přírodní dešťový rybník, který nechává prosakovat nebo odpařovat vodu ze 100 % v odpovídající retenční ploše. Rybník je vytvořen ve stylu krajiny s oblázky. Podle stavu vody a ročního období vystupuje tato krajina s oblázky více či méně do popředí. Zahrada se tedy nemění pouze v závislosti na ročních obdobích, nýbrž rovněž podle různě zaplavovaných ploch s ohledem na roční rytmus. Dno rybníka je utěsněno jílem do té míry, že dešťová voda je schopna prosakovat pouze pomalu. Rybník je připojen k cisterně dešťové vody. Shromážděná dešťová voda se používá k zavlažování zahrady a k zásobování vodní nádrže před vchodem.

Uzavření pozemku se v maximální míře zabránilo použitím vodopropustných krytin pro příjezd a parkoviště a dále svahy tvořenými cihlami. Podzemní garáž je pokryta vrstvou zeminy o tloušťce 1 m.

2. Ekonomická stránka:

Speciální struktura pro 400 pracovníků vyvinutá pro EnerGon je syntézou architektonických, energetických a funkčních požadavků. Spotřebu energie a stavební náklady

bylo možno minimalizovat díky včasnému integrálnímu plánování architektonických prvků, technického vybavení stavby a nosných konstrukcí. Stavební náklady jsou i přes vyšší komfort zhruba o 10 % nižší než průměrné stavební náklady u kancelářských budov v Německu.

[Grafika]

Obr. 3 Typický řez

[Grafika]

Obr. 4 Typický půdorys kanceláře

3. Minimální vedlejší náklady & maximální ochrana životního prostředí:

CO₂ neutrální kancelářská budova v současné době poskytuje maximální energetickou účinnost. Standard pasivního domu snižuje spotřebu energie na topení, větrání a pomocný proud o 75 % a úspora CO₂ činí ročně 175.000 kg. Fotovoltaické články vyrábí při 72 kWh / m² více elektrické energie než činí primární spotřeba energie při 68 kWh / m².

[Fotografie]

Obr. 5 Oblast haly

[Fotografie]

Obr. 6 Atrium

[Fotografie]

Obr. 7 Jihozápadní pohled

4. Technické vybavení budovy:

Díky aktivaci betonového jádra lze lehce, úsporně a šetrně dosáhnout celoročního příjemného klimatu vnitřních prostor. Ve stropích jednotlivých podlaží jsou položeny trubky, kterými protéká teplá voda v zimě a studená voda v létě. Úroveň tepla nad povrchy je uživateli vnímána jako příjemná, protože v zimě jsou plochy odpovídajícím způsobem teplé a v létě chladné. Větrání budovy je přizpůsobeno hygienickým požadavkům. Atrium se využívá jako kanál pro přívod vzduchu. Výsledkem je dosažení podstatného snížení emisí CO₂ a evidentně lepšího komfortu prostředí.

5. Technické údaje:

Energetický parametr tepla pro vytápění	12,0 kWh / (m ² a)
Výsledek tlakového testu	0,20 l/h
Primární energetický parametr topné energie	35 kWh / (m ² a)
Primární energetický parametr klimatizace	17 kWh / (m ² a)
Primární energetický parametr teplé vody	7 kWh / (m ² a)
Primární energetický parametr - ostatní	9 kWh / (m ² a) (bez osvětlení, kanceláří a kuchyně)
Primární energetický parametr fotovoltaického proudu	mínus 72 kWh / (m ² a)

Odhad provozních nákladů na topení, větrání a elektrickou energii na 30 let

Spotřeba tepla pro vytápění Energon = 72.000 kWh/a

Spotřeba tepla pro vytápění budovy ENEV = 176.000 kWh/a

- Kancelářská budova ENEV vykazuje spotřebu elektrické energie na přístrojové vybavení ve výši

300 W / pracoviště x 420 pracovišť x 240 dnů / rok x 8 h / den = 241.920 kWh

- Na osvětlení se u ploch kanceláří a chodeb hrubě v průměru spotřebuje

15 W/m² x 5962 m² x 240 dnů / rok x 8 h / den = 171.705 kWh/a

- Elektrická energie na větrání, topné čerpadlo, zvlhčování a chlazení činí cca

30 kWh/m² a x 5962 m² = 178.860 kWh/a

Součet spotřeby elektrické energie - kanceláře,

osvětlení, technické vybavení budovy = 592.485 kWh/a

Spotřeba elektrické energie budovy ENEV

= 592.000 kWh/a

Spotřeba elektrické energie Energon 50 %

= 296.000 kWh/a

Energon x 30 let

Topení 72.000 kWh/a x 30 a x 0,035 €/kWh = 75.600 €

Elektrická energie 296.000 kWh/a x 30 a x 0,17 €/kWh = 1.509.600 €

Součet Energon = 1.585.200 €

Kancelářská budova ENEV x 30 let

Topení 176.000 kWh/a x 30 a x 0,035 €/kWh = 184.800 €

Elektrická energie 592.000 kWh/a x 30 a x 0,17 €/kWh = 3.019.200 €

Součet kancelářské budovy ENEV = 3.204.000 €

Centrum v Hostětíně postaveno – jak vlastně?

Yvonna Gaillyová, ZO ČSOP Veronica; Ivo Stolek; Jan Hollan

Panská 9, 602 00 Brno

Tel.: 542 422 758, e-mail: yvonna.gailly@veronica.cz; <http://www.veronica.cz>

1. Abstract

Hostetin, a small village at the foot of White Carpathians, attracts many visitors by its wealth of environmental projects to be seen there. This year we have added a house of the “Centre of model environmental projects for countryside”, with a lecture (and community) hall, kitchen, office with a library, and a dormitory. We attempted to harmonize it with the surroundings, to achieve its passive standard (we will measure it) and to demonstrate various technologies for sustainable building. Georg W. Reinberg was the architect, Ivo Stolek the planner and supervisor.

The house foundations are in varying depths, so we were unable to put all building into an EPS basin. There are thermal bridges from the ground, in the concrete front part of the building. Otherwise they are almost excluded, with 16 cm XPS to the underground sides, 20 cm EPS under the floor, 28 cm mineral wool on the walls and 40 cm on the roof. One wall and most of the flat roof is insulated by 40 cm of straw in a novel way: 2-ply insulation in roof, 3 to 4-ply on walls. The straw layers are separated by paper. In roof, this should prevent convection, in walls it should reduce convective thermal flux to one tenth. Earth plasters applied in building supply the airtight layer.

Lot of glazing is fixed, with simple frames covered by added foam insulation. Heating of the building does not rely on fresh air alone – it would not fit the varying occupancy. Small radiators are installed in most rooms. Heat is supplied by two large collectors and by the village wood-chip heating plan. Cooling relies on night natural convection, with a possibility to include a water-cooled register into the air duct in future.

2. Úvod

Ve vsi Hostětín na moravském úpatí Bílých Karpat mezi Bojkovicemi a Slavičínem, se již léta rozvíjejí zajímavé projekty. Obec díky nim láká mnoho návštěvníků, od jednotlivců a školních výprav až po starosty. Letos pro ně vzniklo zázemí: budova Centra modelových ekologických projektů pro venkov.

Budova má přednáškový (společenský) sál, kuchyni, kancelář s knihovnou a ubytovnu. Snažili jsme se docílit pasivního standardu, souladu s možnostmi pozemku a okolními budovami, a navíc demonstrovat různé stavební a provozní technologie pro udržitelné stavění.

Složitost zakládání daná různými výškami podlaží a svažitostí terénu znemožnila plnou eliminaci tepelných mostů do podlaží. Jiná omezení vznikla vinou požadavků na požární bezpečnost. Dále popisujeme řešení, pocházející z kanceláře prof. Reinberga (architekta budovy), od Ing. Stolka (projektanta, vykonávajícího i stavební dozor) a dalších.

3. Cíl projektu

Hostětín má necelé tři stovky stálých obyvatel, ale již léta funguje jako faktické centrum modelových ekologických projektů pro venkov. Rok od roku roste počet návštěvníků, kteří sem z tohoto důvodu zamíří. Jsou to starostové, odborníci z řady profesí souvisejících s komunálními technologiemi, zemědělci, studenti všech stupňů škol, učitelé, rodiny s dětmi a různí další lidé, které zajímá ochrana prostředí, udržitelný život, efektivní užívání energie, či obnova venkova. Hostětínskými lákadly jsou první kořenová čistírna odpadních vod v regionu, restaurovaná sušárna ovoce, využití slunečního záření pro ohřev vody, štěpková vytápna, na níž jsou napojeny téměř všechny domácnosti ve vsi, moštárna zajišťující využití úrody jablek ze širokého okolí, užití slámy coby tepelné izolace, začlenění dřevěných soch do krajiny, a nově též úsporné a minimálně škodící veřejné osvětlení. Co chybělo, bylo místo, kde by se o oněch zajímavostech dalo hovořit bez ohledu na počasí, případně k tomu promítat, nebo si prohlížet dokumenty. Sál na obecním úřadě byl jen nouzovým řešením, nepostačujícím pro větší výpravy. Stísněné prostory v podkroví moštárny stěží stačily stálým pracovníkům Veroniky a přidružených organizací, natož zájemcům o stáže. Obtížná situace byla s ubytováním i stravováním hojných hostů.

V polovině devadesátých let proto vznikla myšlenka, že by v Hostětíně měla vzniknout nová budova, která by sloužila jako seminární a ubytovací středisko. Nadace Veronica totiž tehdy zakoupila v centru obce pozemek se starým statkem, kde by taková výstavba měla být možná. Z původních budov jsme na pozemku ponechali jen stodolu, která byla nákladně upravena a rozšířena na dnešní moštárnu. Menší hospodářská budova a původní dům byly během několika mezinárodních letních brigád rozebrány a materiály z nich uskladněny nebo použity – hlavně kámen a nepálené cihly. Léta jsme pak rozmýšleli, jak na pozemku umístit nové potřebné budovy, nejprve ve spolupráci s architektem Tomášem Zlámalem, pak i s architektem Georgem W. Reinbergem. Situace se dále zkomplikovala tím, že se ukázalo potřebné přistavit k moštárně i sklad moštu. Zdálo se, že se na pozemek dostatečně velká víceúčelová budova s potřebným zázemím nevejde, nebo alespoň ne tak, aby nebyla v konfliktu s dalšími využitími pozemku.

Zkušenost, invence, úsilí a autorita architekta Reinberga nakonec zvítězily. Podařilo se všechny funkce na pozemek dostat, a to způsobem, který je adekvátní charakteru obce – způsobem, který dává dobrý příklad pro obnovu venkova. Reinbergovo řešení vycházelo nejen ze studia dnešní obce, ale i starých plánů, odhalujících postup její zástavby. Konečně, o tom byli odborná veřejnost i hostětínští občané už léta informováni, jak v různých tištěných publikacích (např. Trnka (1)), tak i na přednáškách. Pro budovu Centra byl už v roce 2001 vybudován na střeše moštárny tehdy asi největší český hi-tech kolektor o ploše absorberu 36 m² (hi-tech proto, že jeho materiálem byly pruhy TiNOX s emisivitou jen čtyři procenta). V roce 2004 byl postaven sklad, i když ne zcela dle doporučení prof. Reinberga (Správa CHKO trvala na strmé sedlové střeše, která budovu nefunkčně zvyšuje, takže např. zakrývá výhled na moštárnu). Zajímavostí skladu je, že jeho delší stěny jsou tepelně izolované balíky

slámy, sklad totiž slouží jako nadzemní sklep s pokud možno stálou teplotou. Jediné, co chybělo, byla samotná budova Centra. Zdržení působily diskuse o alternativách zadního ubytovacího traktu (počet podlaží, zastřešení) a samozřejmě chybějící finance k pořízení projektu a k výstavbě. Obé se vyřešilo až v roce 2005.

4. Použité technologie

Od počátku spolupráce s prof. Reinbergem jsme počítali s tím, že budova má sloužit nejen k teoretickému vzdělávání ohledně udržitelného stavění, ale také jako praktický příklad vhodných řešení. K tomu také vybízely tři části budovy: velké veřejné prostory, podkrovní pracovna s knihovnou a ubytovací trakt. Vždy bylo také jasné, že budova musí mít mnohem nižší spotřebu tepla, než je u nás běžné, a že ta musí být hrazena z obnovitelných zdrojů. Postupně se všichni zúčastnění ztotožnili s myšlenkou, že by budova měla splňovat základní standard kvality, tj. standard pasivní.

Docílit toho není pro budovu s takovým využitím a takové dispozice zrovna snadné. Problémem je velmi proměnný počet uživatelů, kdy lze čekat, že zejména v zimě bude klidně celý týden, ne-li i více týdnů, budova poměrně prázdná, až na několik přítomných zaměstnanců. Tehdy nelze počítat s výraznými vnitřními tepelnými zisky, a není také vhodné všude topit čerstvým nebo cirkulačním vzduchem, kvůli přesušení budovy i spotřebě elektřiny. Je naopak rozumné nechat části budovy stydnout. Jiným problémem byla členitost budovy, nejen viditelná, ale i výšková směrem do podlaží, které je málo únosné. Vzhledem k orientaci, dané charakterem parcely i zástavby obce, budova nemohla mít velké zimní pasivní solární zisky.

Přes poměrně příznivý poměr objemu a obsahu budovy, daný přes její členitost tím, že je o dost větší než rodinný domek, bylo rozhodně nutné užívat poměrně tlustých izolačních vrstev. Na druhé straně se na jejich tloušťce muselo šetřit, vzhledem k malému prostoru, který byl pro stavbu k dispozici a velkým požadavkům na vnitřní objem. Více jsme se ale snažili šetřit na tloušťce nosných zdí. Logickou odpovědí by byla lehká dřevěná konstrukce vyplněná tepelně izolačním materiálem. Takovou jsme chtěli použít v zadním traktu. Narazili jsme ale na předpisy pro ubytovací zařízení a ohledně blízkosti sousedních budov: konstrukce z jiných než ohnivzdorných materiálů nebyla přípustná.

4.1. Nosné a tepelně izolační materiály

Přední část centra je proto konstruována z betonu (podlaha, zdi a strop kuchyně), zadní pak z cihel, obé v tloušťce 20 cm. Tenčí cihelný systém nebyl dostupný, tenčí betonovou zeď v takové délce a výšce (ve štítě 9 m) s velkými okenními otvory také nebyl nikdo schopen navrhnout a garantovat. I takové tloušťky jsou ale ještě přijatelné, i když tepelně už zbytečné (u betonu by tepelně, na denní stabilizaci teploty interiéru, stačila polovina, u cihel třetina).

Větších tloušťek dosahuje nadzemní tepelně izolační vrstva, na všechny konstrukční vrstvy přidaná zvenčí. S výjimkou jedné zdi a střechy jde o minerální vatu, na zdech v tloušťce 28 cm, na střechách 40 cm.

Na zdech jsou tepelné izolace vkládány mezi „žebříky“ tvořené dvojicí latí 3 cm × 5 cm propojené čtverci z OSB desky tloušťky 2 cm. Žebříky jsou ke zdem připojeny krátkými plechovými úhelníky. Prostor mezi latěmi je v žebřících vyplněn pěnovým polystyrénem, čímž vznikl téměř „pasivní“ levný rošt. Pod izolační vrstvou je levná parozábrana, na izolační vrstvě šikmé bednění, rákos a omítka.

Západní zeď ubytovacího traktu má izolaci ze slámy. Slámou jsme původně chtěli izolovat celou ubytovací část, z požárních důvodů to bylo možné jen u zdi obrácené do sadu, pryč od sousedů. Slaměná vrstva má větší tloušťku, 38 cm, jak proto, že na této zdi nebyla nouze o místo, tak i proto, že je coby izolační materiál levná. Asi poprvé na světě byl použit systém kladení několika tenčích vrstev slámy oddělených svislými vrstvami papíru. Cílem bylo rozdělit konvekci v prodyšné izolační vrstvě do tří až čtyř buněk napříč tepelného toku, aby teplotní spád v konvektivní buňce klesl na třetinu až čtvrtinu. Stejně se sníží rychlost proudění a teplo přenesené na jednotku objemu. Konvektivní transport tepla se tím sníží na necelou desetinu toho, který by tam probíhal při použití homogenní slaměnné vrstvy, např. celých balíků. Ten v mrazech, když na tepelných izolacích záleží nejvíce, zhoršuje vlastnosti slámy i více než dvakrát oproti situaci bez konvekce (pro níž se udávají tabelované hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů). U porézních (vláknitých) materiálů s mnohem jemnějšími vlákny (a dostatečně stlačených) existuje takové zhoršení také, je ale mnohem menší, takže je většinou lze zanedbat (Hollan (2)).

Během instalace vrstvené slaměné izolace se ukázalo, že to není pracnější než užití běžných malých balíků. Ty totiž nejsou pravoúhlé a pro vytvoření homogenní vrstvy je nutné docpávat jejich rohy, ty u zdi i ty zvenčí. My jsme většinu slámy odlupovali coby nízké (tloušťky osm až dvanáct centimetrů) pěkně pravoúhlé hranoly z velkých balíků o hraně asi 85 cm. Na takový modul byly také většinou přichystané rošty na zdi. Po manipulaci s hranolem (odloupnutí z velkého balíku, transportu na překližkové „lžiči“, přiložení ke zdi a překrytí vrstvou papíru) jeho tloušťka poněkud vzrostla, takže z původní objemové hmotnosti velkých balíků asi 110 kg/m³ klesla objemová hmotnost celé izolační vrstvy asi na 90 kg/m³. Slaměnou izolaci jsme překryli lepenkou (odpadní, z obalů lahví pro moštárnu). Na tu pak přišlo šikmé bednění ob desku, fólie s ekvivalentním difúzním odporem max. 0,2 m vzduchu, svislé latě a vodorovný modřínový obklad. Nebyla instalována žádná parozábrana, difúzní odpor samotné cihlové zdi a vnitřní omítky je vyšší než odpor souvrství vně cihelné zdi.

Slaměná izolace má plochu dvě stě metrů čtverečních a její instalace zabrala asi dvě stě osmdesát osobohodin. Zkušeným pracovníkům (takovými jsme se stali až koncem práce) používajícím dokonalé balíky by mohla zabrat polovinu času. Lze říci, že díky úsporám na ceně materiálu (pod dvě stě korun za kubický metr) vyjde při plně profesionální práci tlustá izolace ze slámy levněji než tlustá izolace z dosud běžných „tržních“ materiálů. Je ale potřeba dbát na důkladné vzduchové oddělení oněch alespoň tří vrstev slámy a jejich dobré stlačení, jen tehdy bude slaměná izolace ekvivalentní izolaci z materiálů dražších. Ta naše, věříme, taková bude.

Pro srovnání jsme na stěně ponechali jeden modul v horním patře bez papírového proložení, jen pečlivě vyskládaný z doplněných malých balíků. Uvidíme, jaký rozdíl nám ukáže zimní termografie ...

Sláma byla také použita na většinu plochy vodorovné střechy, totiž nad celou ubytovací částí. Tam byla aplikace ještě jednodušší, čtyřicet centimetrová vrstva byla rozdělena papírem jen na dvě poloviny. V takové situaci by se konvekce neměla rozvinout, ač je zimní zvrstvení metastabilní (dole teplý vzduch, nahoře hustší studený). Ve slámě není žádná podpurná dřevěná konstrukce. Sláma je překrytá OSB deskami spojenými na pero a drážku, na deskách je vyskládaná klínovitá vrstva z tvrdé minerální vaty vypádovaná k odtokům a zakrytá fólií proti dešti. Do tohoto bazénu pak přišla vrstva oblázků a hlíny (10 cm). Pracnost instalace slámy na vodorovnou střechu byla mnohem nižší než instalace na zeď, bohužel s ní bylo nutno spěchat vzhledem k nestálému počasí. 360 m² (170 m³) bylo položeno za jediný den. Pro budoucí obdobné instalace lze doporučit, aby případný spád střechy byl vytvořen přímo pečlivým urovnáním slaměného povrchu, místy provizorně zatíženého.

Na vodorovných střechách je pod tepelně izolační vrstvou důkladná parozábrana z pokoveného polyetylénu. V případě slámy je navíc využito její difúzní otevření do té zdi (a atiky nad ní), která je rovněž izolována slámou a obsahuje pod obkladem provětrávanou vzduchovou vrstvu.

O nadzemních tepelných izolacích lze říci, že jsou provedeny bez tepelných mostů. To už říci nelze o spodní izolaci přední části budovy. U ní byla značnou komplikací různá hloubka založení (prostřední část pod foyer je podsklepena) a tím nebezpečí různého sedání různých částí budovy. Statici nepřipustili možnost obvyklého založení rovnou na tepelně izolační vrstvu z patřičného EPS, která by i nahradila foliovou izolaci proti vlhkosti. Je použita základová deska vyztužená betonovými patkami. Na ní je tepelně izolační vrstva tloušťky 20 cm z EPS a betonová podlaha. Stěny nenavazují na základy průběžně, pod okny jsou odděleny XPS vrstvou. Tepelné mosty z podloží jsou tak omezeny jen asi na polovinu délky stěny. Možnost je snížit použitím nerezové výztuže umístěné v polystyrénu místo použití běžného armovaného betonu jsme i z cenových důvodů zamítli. Jde „jen“ o tepelné mosty do podloží o stálé teplotě, izolovaného od okolí obvodovým XPS v tloušťce 16 cm, s pokračováním nad terénem až do hlavní nadzemní izolace ještě s další 8 cm vrstvou.

I takové tepelné mosty, a vůbec užití armovaného betonu, mohou být nahlíženy kriticky. Pro sál takového rozponu a výšky, spojený pevně s podsklepeným foyer (podsklepení je nutné pro tepelnou a větrací techniku) jsme ale nenašli lepší řešení.

4.2. Prosklené plochy

Problémem nebyla běžná otvíravá okna, která splňují pasivní standard (až na čtveřici oken střešních, která v takovém standardu, který by platil i pro jejich šikmou polohu, na trhu dosud nejsou), ale zasklení fixní. To by mělo být levnější a navíc i tepelně lepší, díky absenci komplikovaných rámců coby nejhůře izolujících částí budovy.

Je proto použito všude tam, kde otvíravé není potřeba, u většiny oken sálu, ve vstupní části a u světlíků nad kuchyní a ubytovacím traktem. Na světlících, kde je zasklení jen mírně skloněné, jsou trojskla jen zakončená zasklívacími lištami, a na jakýchkoli rámech položená. Tento detail vyřešil projektant. Horší to bylo se svislým zasklením. Na začátku stavění se zdálo, že na českém trhu provedení v pasivní kvalitě nikdo nenabízí. Nakonec se řešení našlo: u oken v sále jsou použity běžné hliníkové rámy, které jsou zcela překryty vnější izolací, EPS ostěním se stěrkovou omítkou. Trojitě zasklení foyer je osazeno mezi sloupky, které budou v případě potřeby – až v mrazech kvantitativně termograficky prozkoumáme stav dnešní – přeizolovány. V zimním vstupu přes prosklenou komoru je použito i zasklení dvojité.

Před okny sálu a u střešních oken jsou instalovány venkovní žaluzie. U oken ubytovací části i u proskleného foyer počítáme s možností letního přidání vnějších záclon, které se v případě potřeby zatáhnou.

K zaskleným plochám patří i fasádní kolektor s plochou 22 m² na průčelí budovy, který bude instalován dodatečně. Moduly jsou tenké, většina tepelné izolace až do obvyklé tloušťky 28 cm je až za nimi.

4.3. Ventilace, vytápění, teplá voda

Typickou technologií pasivních domů je topení čerstvým vzduchem potřebným beztak pro větrání. V našem případě to nestačilo, vzhledem k velmi proměnnému počtu osob, které v různých částech budovy budou pobývat. Ani topení cirkulačním vzduchem jsme nemohli prohlásit za adekvátní, má zbytečně velkou spotřebu elektřiny.

Čerstvým vzduchem lze topit v podkroví i v sále, jsou ale přidány i běžné, avšak malé radiátory. V ubytovací části se větracím vzduchem netopí vůbec. Zadní trakt není připojen na společný ventilační systém, ale jednotlivé dvojice apartmánů budou mít společnou větrací jednotku s účinnou rekuperací. Ta bude v provozu jen dle potřeby. Větrání v přední části budovy též, navíc má možnost značné regulace průtoku.

Po mnoha úvahách jsme rezignovali na odběr tepla či chladu z podlaží. Důvodem byla příliš vysoká cena zemních prací pro položení tlustého vzduchového či tenkého fridexového potrubí, a nedostatek vody ve studních pro využití takového nejjednoduššího zdroje. Zato jsme kladli důraz na možnost vydatného samotížného nočního provětrávání budovy, otevřením horních oken, přízemních klapků ve foyer a případně i vstupních dveří. Dalším zajímavým prvkem je nucená cirkulace vzduchu mezi podkrovními kanceláři (s nemalými solárními zisky) a sálem. Tak půjdou solární zisky využít beze zbytku a prostředí v podkroví zůstane příjemné.

Teplo pro vytápění i ohřev pitné vody pochází ze dvou zdrojů: z obecní výtopny a ze dvou velkých kolektorů, nového fasádního a kolektoru na střeše moštárny. Systém využívá tepelného zásobníku, který již léta stojí za moštárnou. V zásobníku je devět krychlových metrů topné vody, nad kterou je jeden krychlový metr dusíku coby expanzní nádrž. V případě napojení na výtopnu pracujeme se zásobníkem proto, že využíváme jen malé domovní přípojky jdoucí k sousedům – teplo budeme odebírat

jen tehdy, když to nenaruší jejich zásobování. Pokud jejich odběr klesne, budeme naopak moci nabíjet náš tepelný zásobník.

4.4. Omítky a těsnost budovy

Holé betonové zdi mají sice své příznivce, my jsme se však rozhodli vylepšit je na pohled i funkčně hliněnými omítkami. Ty jsou použity i na cihlových zdech. Vesměs pocházejí od firmy Natur und Lehm.

Dalším úkolem vnitřních omítek bylo (zejména u cihelné zdi, v níž nebyly maltovány svislé spáry) zajistit vzduchotěsnost budovy. Obtížným místem jsou hlavně přechody z omítek na stropní trámy, které procházejí cihelným zdivem. V době psaní příspěvku výsledek ještě neznáme, na konferenci jej už budeme schopni sdělit.

5. Financování a realizace

Investorem stavby je nezisková organizace – Veronica je součástí Českého svazu ochránců přírody. Zejména z tohoto důvodu je jasné, že prostředky na projekt a stavbu pocházely z řady zdrojů – dotací a darů. V úvodu byly důležité prostředky rakouské vlády, na financování činnosti architekta Reinberga a jeho spolupracovníků a zejména nizozemský vládní fond MATRA, který podpořil jak veškerou práci na projektu, tak i potřebné prostředky pro spolufinancování. Investiční prostředky jsme získaly jednak ze strukturálních fondů – z fondu SROP ve Zlínském kraji, kde jsme uspěli v programu na budování infrastruktury pro rozvoj lidských zdrojů v regionech, jednak ze Státního fondu životního prostředí. K nim přibýly peníze i dary od firemních dárců – zejména Českomoravského cementu a Philips ČR. Celý finanční management projektu představuje neobyčejně náročný proces prověřování a hledání možností využití strukturálních fondů jednak pro takto inovativní projekt (nejde o budování silnice ...), jednak pro použití v neziskovém sektoru, který je svým financováním velmi blízký i prostředí malých obcí. Určitě i z tohoto pohledu je náš projekt důležitým pilotem, doufejme, že s dobrým přistáním ...

Stavba z veřejných prostředků a navíc tak velkého objemu už nemohla být, na rozdíl od předchozích na našem pozemku, stavěna svépomocí. S pomocí specializované firmy jsme uspořádali veřejnou soutěž, vycházející z prováděcího projektu na tuto náročnou stavbu. Do soutěže se nakonec přihlásila jen jediná firma, Skanska CZ, divize Technologie, která poté Centrum postavila. Jako obvykle, činila to značné míry prostřednictvím dalších firem, z velké části regionálních. Vzduchotechniku realizoval přímo generální dodavatel.

6. Literatura

- (1) TRNKA, L. (ed.): *Pasivní dům – zkušenosti z Rakouska a české začátky*. Brno, ZO ČSOP Veronica 2004, 44 s. ISBN 80-239-3048-6.
<http://www.veronica.cz/?id=73>
- (2) HOLLAN, J.: *Fyzikální vlastnosti izolace ze slaměných balíků a jejich úprava pro pasivní domy*. Sborník semináře Praktické zkušenosti z výstavby pasivních domů" Praha 23. 11. 2005. Též http://amper.ped.muni.cz/jenik/passiv/slama/aquath_05.htm

Kindertagesheim Schukowitzgasse – ein Passivhaus mit Solarnutzung

Arch. Georg W. Reinberg, Architekturbüro Reinberg

Lindengasse 39/10, A-1070 Wien, Österreich

Tel: +43 1 524 82 80, e-mail: architekt@reinberg.net, www.reinberg.net

1. Ausgangssituation

In diesem geladenen Wettbewerb der Stadt Wien wurde nach einem Niedrigenergiekindergarten gefragt. Durch eine Lösung des gesamten Raumprogrammes in einer Ebene konnten wesentliche Einsparungen gegenüber den anderen Wettbewerbsvorschlägen (auf zwei Ebenen) erzielt werden, sodaß nicht nur die Realisierung eines Passivhauses möglich war, sondern darüber hinaus auch die Sonne als weitgehende Wärmequelle (für Warmwasser und Heizung) genutzt werden kann. Die passive Solarnutzung kann hier deshalb weit über das im Passivhaus übliche Maß erfolgen, weil das Gebäude sehr schwer (Beton massiv) ist (viel Speichermasse).

Da die aktive Solarnutzung generell die KWh kostengünstiger produziert als sie das Passivhaus einspart (Baukosten durch den Schritt vom Niedrigenergiehaus zum Passivhaus) wäre es generell vernünftig, zuerst Warmwasserkollektoren einzusetzen und erst dann den Schritt zum Passivhaus zu achen. Daher wurde – gerade in diesem Bau mit seinem relativ hohen Wasserverbrauch – das Passivhaus mit einer großen Warmwasseranlage ausgestattet.

Die Passivhaustechnik wurde hier auch genutzt, um neue architektonische Möglichkeiten zu eröffnen: Verglasungen in den südlichen Garten sind zB. üblicherweise in Kindergärten (wegen der Gefahr von kalten Luftzügen im Bodenbereich) nicht statthaft. Passivtaugliche Verglasungen ermöglichen aber den vollen Ausblick in die Natur über das gesamte Jahr.

2. Projektbeschreibung

2.1. Städtebauliche Lösung

Da der Kindertagesheimneubau in engem funktionellen Zusammenhang mit einer – aus Sicht des Verfassers sehr guten Schule – steht, setzt der Entwurf das Bebauungskonzept der Schule fort und bildet seinen südlichen Abschluss (Kopfbau).

Entsprechend dem besonderen Anspruch des Energiesparens wird aber nun das Atrium der bestehenden Schulklassen neu interpretiert und die extreme Introvertiertheit der existierenden Schule wird zugunsten einer (südlichen) Offenheit für die Freiräume verbessert. Der bestehende Schul-Vorhof wird als – nun tatsächlicher Hof – geschlossen und kann für sämtliche Funktionen (Tagesheim, Kindergarten, Krippe, Schule) gemeinsam genutzt werden. Dieser Hof kann sowohl durch den bestehenden Vorbau als auch unter dem südlichen Vordach der Turnhalle (als möglicher eigenständiger Zugang zum Tagesheim) erreicht werden.

Darüber hinaus ist der Hof über einen Fußweg (aus dem Ortskern kommend) auch vom Westen her erreichbar.

2.2. Räumliches Konzept

Gegenüber der Möglichkeit, zweigeschossig zu bauen, wurde der ebenerdigen Bebauung der Vorzug gegeben, da dies nicht nur städtebaulich besser entspricht (Ergänzung zur Schule), sondern auch funktionelle Vorteile bringt und das Volumen insgesamt verkleinert (Baukosten).

Sämtliche Gruppenräume sind nach Süden völlig geöffnet und erhalten so eine optimale Sonnenbelichtung (tiefes Sonnenlicht im Winter, kurzes Sonnenlicht im Sommer).

Das glasüberdachte Atrium ermöglicht die Erschließung aller Räume, ist Mittelpunkt und Kommunikationsbereich und kann gemeinsam mit dem Mehrzwecksaal als großer Veranstaltungsbereich dienen.

Die Gruppenräume werden über eine vom Atrium zum südlichen Freiraum durchreichende Garderobe erschlossen, an der auch die Sanitärräume liegen.

Der dem Gruppenraum angeschlossene Nebenbeschäftigungsbereich wird zusätzlich durch ein Oberlicht und über das Atrium mit Tageslicht versorgt.

Sämtliche Verwaltungs- und Nebenräume liegen nördlich, mit – für diese Funktionen vorteilhaftem – indirektem Sonnenlicht (über die Nordfenster).

Die Mehrzweckhalle – ebenso wie die Gruppenräume höher als die anderen Räume – ist im Fußbodenniveau abgesenkt und über eine Rampe und einen ebenfalls abgesenkten Bereich im Atrium erreichbar. Dadurch wird räumliche Vielfalt und ein Kontrast zur weiten Ebene des Umlandes und zum flachen Baukörper der Schule geschaffen.

2.3. Architektur

Der Baukörper setzt zwar als südlicher Kopfbau die Schule fort, wurde aber inhaltlich aus dem Bezug zur attraktiven Südseite (Grünfläche, Baumbestand, Sonne) und aus dem Konzept des ökologischen, energiesparenden Bauens entwickelt: die Sonne wird in ihrer Bedeutung und Kraft erlebbar inszeniert und die Tageslichtführung (über die Südseite und die Oberlichten) zur Erzeugung differenzierter Raumqualitäten genutzt. Im Zentrum des Atriums steht der Warmwasserspeicher der Solaranlage (3,8 m³) und macht das Solarbaukonzept erlebbar. Die auch von der Schukowitzgasse einsehbare Glasfront im Süden stellt gut unsere neue Beziehung zur Umwelt, zur Sonne und zur Natur dar. Die Idee des Energiesparens tritt grundsätzlich nicht als Mangel, sondern als Zusatz-Profit (mehr Licht, mehr Ausblick, besseres Klima, im Winter wärmere, im Sommer kühlere Wandoberflächen) in Erscheinung. Die Architektur wird in dieser Form als Kommunikationsmittel und didaktisches Instrument eines zukunftsorientierten Weltbildes gesehen.

2.4. Energiekonzept

Der kompakte Baukörper, die hohe Dämmung (30 cm) und die Lüftungswärmerückgewinnungsanlage reduzieren die Wärmeverluste auf ein Minimum.

Die Glasfassade im Süden („Sonnenfenster“) nutzt die Sonnenenergie auf passive Weise (142m² Südverglasung).

Die Speicherung der passiven Solargewinne wird durch die Gebäudemasse (Beton ohne Oberflächenverkleidung) möglich. Die extremen Nutzungsansprüche (hohe interne Wärmeerzeugung während der Nutzung, keine interne Wärmeerzeugung in den kalten Nachtstunden, Wochenenden etc.) kann über diese Gebäudemasse besser ausgeglichen werden. Zusätzlich steigt der Komfort (alle Umschließungsflächen warm).

Das „warme“ Wasser wird größtenteils aus den Kollektoren in der Südfassade bezogen (80 m²).

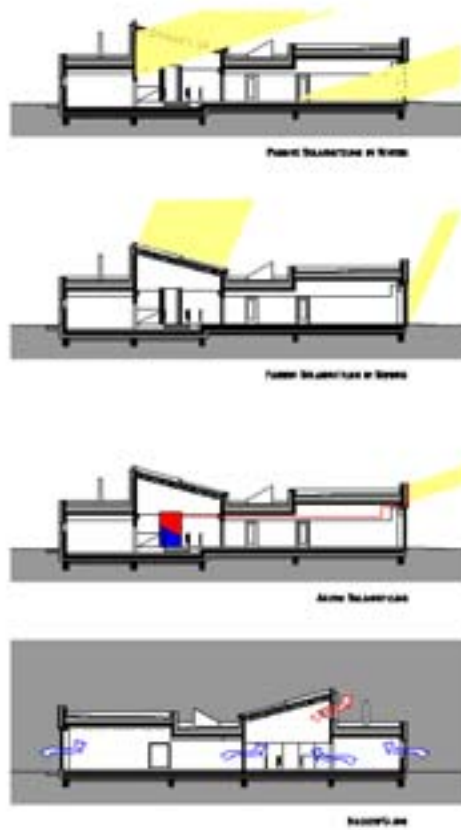
Der sommerliche Überhitzungsschutz erfolgt durch außenliegende Jalousien. Bei Überhitzungsgefahr werden diese (automatisch) geschlossen. Das Oberlicht wird mit einem beweglichen außenliegenden Sonnenschutz beschattet. Die Kühlung erfolgt durch „Nachtspülung“ (Durchlüftung mit kühler Nachtluft) und entsprechender Speicherung der Kühle im gesamten Baukörper. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung garantiert wird zur Beheizung verwendet werden („Passivhauskonzept“). Sämtliche Leitungen (Lüftung, Warmwasser, Heizung) sind aus Kosteng- (weniger Bauvolumen), wartungs- und didaktischen Gründen offen und sichtbar verlegt. Der Restwärmebedarf wird über einen Gas-Brennwertkessel gedeckt. Die Regenwässer werden am Grundstück zur Versickerung gebracht. Der Heizwärmebedarf liegt unter 15 kWh/m² (Nettonutzfläche), berechnet mit Passivhaus-Projektierungspaket.

3. Kenndaten

Architekt: Georg W. Reinberg, Wien www.reinberg.net

Adresse	Wien 22. Breitenlee, Schukowitzgasse
Bauherr	Gemeinde Wien, vertreten durch die MA 19, MA 10 und MA 34
Konsulenten	Energietechnik und Bauphysik: DI Bruck, Wien
Ausführung	Mai 2005 - August 2006 - 6 Gruppenräume (1 Kinderkrippe, 1 Kindergarten, 4 Hortgruppen) - 1 Halle - 1 Multifunktionsraum - 1.179,73 m² Nettonutzfläche+ 50,55 m² Nebengebäude - 6.227,26m³ Bruttorauminhalt - 4.292,72 m² Grundstücksgröße Baukosten: € 2.350.000 netto ohne Nebenkosten inkl. Möblierung und Garten

4. Pläne



5. Bilder und Pläne





Školka v Schukowitzgasse – pasivní dům s využitím solární energie

překlad

1. Výchozí situace

Tato veřejná soutěž města Vídně s hojnou účastí si kladla za cíl nalézt zhotovitele nízkoenergetické dětské školky. Díky řešení celého prostoru na jedné úrovni bylo možno dosáhnout podstatných úspor oproti jiným soutěžním návrhům (dvouúrovňovým), což znamená, že bylo možno nejen postavit pasivní dům, nýbrž též využívat slunce jako rozsáhlého zdroje tepla (pro teplou vodu a topení). Pasivní využití solární energie zde proto může probíhat daleko nad rámec běžné míry u pasivních domů, protože budova je velice těžká (masivní beton, velké množství akumulční hmoty).

Poněvadž díky aktivnímu využívání solární energie lze obecně dosáhnout levnějších KWh než s pasivním domem (stavební náklady v souvislosti s přechodem od nízkoenergetického domu směrem k domu pasivnímu), bylo by v zásadě rozumné použít nejprve teplovodní kolektory a teprve poté přejít k pasivnímu domu. A proto byl - právě u této stavby s relativně vysokou spotřebou vody - pasivní dům vybaven velkým teplovodním zařízením.

Technika pasivního domu byla i zde využita tak, aby se otevřely nové architektonické možnosti: prosklené plochy směrem do jižní zahrady např. nejsou u dětských školek (v důsledku nebezpečí studených průvanů v podlahové oblasti) běžně povoleny. Pasivní zasklené plochy však umožňují plný výhled do přírody po celý rok.

2. Popis projektu

2.1. Konstrukční řešení

Protože novostavba dětské školky je v úzké funkční souvislosti s - z pohledu autora - velice dobrou školou, tak projekt navazuje na koncepci zástavby školy a tvoří její ukončení (čelní stavba).

S ohledem na specifické nároky kladené na energetické úspory je zde však atrium stávajících školních tříd nově pojato, přičemž extrémní uzavřenost stávající školy se zlepšuje ve prospěch (jižního) otevření do volných prostor. Stávající školní hala bude - nyní jako skutečný dvůr - uzavřena a bude moci být využívána pro veškeré funkce (škola s celodenní péčí, dětská školka, jesle, škola) společně. Tento dvůr bude dosažitelný jak stávající předsunutou stavbou, tak též pod jižní přesahující střechou tělocvičny (jako možný samostatný vstup do školy s celodenní péčí).

Kromě toho je dvůr dosažitelný chodníkem (vedoucím z centra) i ze západního směru.

2.2. Prostorová koncepce

Na rozdíl od možnosti realizovat stavbu o dvou podlažích byla upřednostněna jedno-podlažní zástavba, protože toto řešení nejenže lépe vyhovuje ze stavebního hlediska s ohledem na městskou zástavbu (doplněk ke škole), nýbrž skýtá rovněž některé funkční výhody a snižuje celkový objem stavby (stavební náklady).

Veškeré společné prostory jsou plně otevřeny směrem na jih, díky čemuž jsou optimálně osvětlovány sluncem (hluboké sluneční světlo v zimě, krátké sluneční světlo v létě).

Atrium se skleněným zastřešením umožňuje dosažitelnost veškerých prostor, je střediskem a komunikační oblastí a lze je společně s víceúčelovým sálem využívat jako velký prostor pro pořádání různých akcí.

Společné prostory jsou dostupné přes šatnu procházející od atria směrem k jižnímu volnému prostoru, u které je umístěno rovněž sociální zázemí.

Vedlejší oblast navazující na společné prostory je dodatečně osvětlována denním světlem světlíkem a přes atrium.

Veškeré administrativní a vedlejší prostory jsou umístěny severně, a to s – což je pro tyto funkce výhodnější – nepřímým slunečním světlem (přes severní okna).

Víceúčelová hala – která je stejně jako společné prostory umístěna výš než ostatní prostory – je na úrovni podlahy snížena a je přístupná přes rampu a rovněž sníženou oblast v atriu. Tak lze dosáhnout prostorové různorodosti a odpovídajícího kontrastu s širokou úrovní okolí a s plochým tělesem stavby školy.

2.3. Architektonická stránka

Těleso stavby sice navazuje jakožto jižní čelní stavba na školu, z obsahového hlediska však bylo navrženo s ohledem na atraktivní jižní stranu (zelené plochy, stromový porost, slunce) a s ohledem na koncepci ekologického a energeticky úsporného stavění: slunce zde plně vystupuje ve svém významu a své síle a lze využívat denního světla (přes jižní stranu a světlíky) při vytváření prostor s různými vlastnostmi. Uprostřed atria je umístěna nádrž teplé vody solárního zařízení (3,8 m³), díky kterému lze realizovat koncepci solárních staveb. Prosklené čelo na jihu, které lze pozorovat rovněž z Schukowitzgasse, jasně symbolizuje náš nový vztah k životnímu prostředí, ke slunci a k přírodě. Koncepce energetických úspor zde zásadně není chápána jako nedostatek, nýbrž jako dodatečný užitek (více světla, lepší výhled, lepší klima, v zimě teplejší a v létě chladnější plochy stěn). Architektura v této podobě je považována za prostředek komunikace a didaktický nástroj budoucího obrazu světa.

2.4. Energetická koncepce

Kompaktní těleso stavby, vysoká izolace (30 cm) a větrací zařízení na rekuperaci tepla snižují tepelné ztráty na minimum.

Prosklená fasáda na jižní straně („sluneční okno“) využívá solární energii pasivní cestou (142 m² jižního prosklení).

Akumulace pasivní sluneční energie je možná díky hmotě budovy (beton bez povrchového obložení). Extrémní užitné nároky (vysoká vnitřní výroba tepla během užívání, žádná vnitřní výroba tepla v chladných nočních hodinách, víkendy, atd.) lze přes hmotu budovy lépe kompenzovat. Kromě toho se zvyšuje komfort (veškeré uzavírací plochy jsou teplé).

„Teplá“ voda se z největší části odebírá z kolektorů umístěných na jižní fasádě (80 m²).

Ochrana před přehříváním během léta je realizována formou vně umístěných žaluzií. V případě nebezpečí přehřívání se tyto žaluzie (automaticky) zavřou. Světlík je vybaven pohyblivou ochranou proti slunci umístěnou vně. Ochlazování probíhá „nočním větráním“ (provětráváním chladivým nočním vzduchem), včetně odpovídající akumulace chladu v celém tělese stavby. K vytápění se bude určitě používat větrací jednotka s rekuperací tepla („koncepte pasivního domu“). Veškerá vedení (větrání, teplá voda, topení) jsou z nákladových (menší objem stavby), údržbářských a didaktických důvodů položena otevřeně a viditelně. Zbylá potřeba tepla je pokrývána plynovým kondenzačním kotlem. Dešťová voda je přiváděna na pozemek k vsáknutí. Spotřeba tepla k vytápění je pod hranicí 15 kWh / m² (čistá užitná plocha), počítáno v rámci projektového balíku pasivního domu.

3. Identifikační údaje

Architekt: Georg W. Reinberg, Wien www.reinberg.net

Adresa	Wien 22. Breitenlee, Schukowitzgasse
Stavebník	Obec Vídeň, zastoupená MA 19, MA 10 a MA 34
Poradci	Energetická technika a stavební fyzika: DI Bruck, Wien
Realizace	Květen 2005 - srpen 2006
	- 6 společných prostor (1 dětské jesle, 1 dětská školka, 4 družiny) - 1 hala - 1 multifunkční prostor - 1.179,73 m² čisté užitné plochy + 50,55 m² vedlejší budovy - 6.227,26 m³ hrubého prostorového objemu - 4.292,72 m² velikost pozemku
	Náklady stavby: 2.350.000 € netto bez vedlejších nákladů včetně nábytku a zahrady.

4. Plány

[Grafika]

5. Obrázky a plány

[Fotografie]

Passivhäuser in Deutschland: Wohnprojekt Nestwerk in Dresden und Kindergarten Döbeln

Dipl.-Ing. Olaf Reiter, Architektengemeinschaft Reiter & Rentzsch

Moritzburger Weg 67, D-01109 Dresden

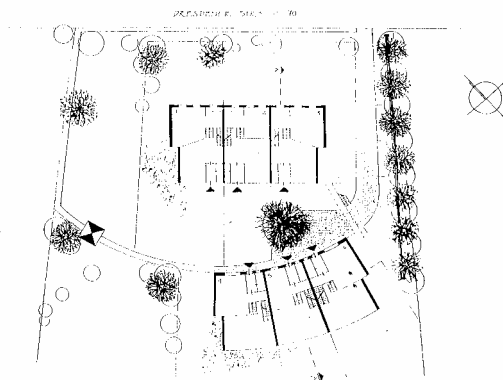
Tel.: +49 (0)351 / 88 50 5-0, E-Mail: architekt@reiter-rentzsch.de

1. Wohnprojekt Nestwerk in Dresden



Das Wohnprojekt Nestwerk Pillnitz entstand in den Jahren 2000-01 aus der Idee von 9 selbst organisierten Familien mit insgesamt 39 Mitgliedern, gemeinsam umweltgerecht zu bauen und nachbarschaftlich zu wohnen. Das Baugrundstück wurde an einem gut besonnten Südhang an der Elbe in der Nähe des Schlossparks Pillnitz gefunden - stadtnah und

doch im Grünen. Zwei Passivhäuser mit insgesamt 9 Wohnungen wurden unter weitestgehender Verwendung ökologisch unbedenklicher Baustoffe und Technologien errichtet. Die zwei Gebäude mit je drei Reihenhäusern und drei darüber liegenden Dachwohnungen wurden um einen gemeinsamen ruhigen Wohnhof herum gebaut, wo das Zusammenleben stattfindet. Jede Wohnung hat aber auch einen zugehörigen Garten als privaten Freiraum. Die Wohnungen haben Nutzflächen von 52 m² bis 144 m². Die Gebäude folgen durch versetzte Geschosse dem Hangverlauf. Im Erdgeschoss entstehen so eine Küche und ein großer Wohnraum auf zwei Ebenen mit großzügiger Raumhöhe für den Aufenthaltsbereich. Im Obergeschoss sind die Einzelzimmer und ein Bad eingerichtet. Die Dachwohnungen sind durch separate, überdachte Außentreppen erschlossen und entwickeln sich auf einer Etage. Sowohl in der Planungsphase, als auch beim Bau der Häuser wurden in gemeinsamen Gesprächen zwischen der Bauherrengemeinschaft, den Architekten und den Ingenieuren nach und nach Entscheidungen getroffen. Ein zentrales Anliegen der Bauherrengemeinschaft war es, ein umweltgerechtes und gesundes Wohnumfeld zu schaffen.



Der Energieverbrauch sollte bei maximaler Lebensqualität so weit wie möglich minimiert werden. Dafür haben wir das Passivhauskonzept in weiterentwickelter Form eingesetzt.

Die Gebäude wurden in Holzrahmenbauweise mit gesundheitlich unbedenklichen Baustoffen errichtet. Doka-Schalungsträger (Holz-Doppel-T-Profile, Achsabstand 1,28 m) bilden

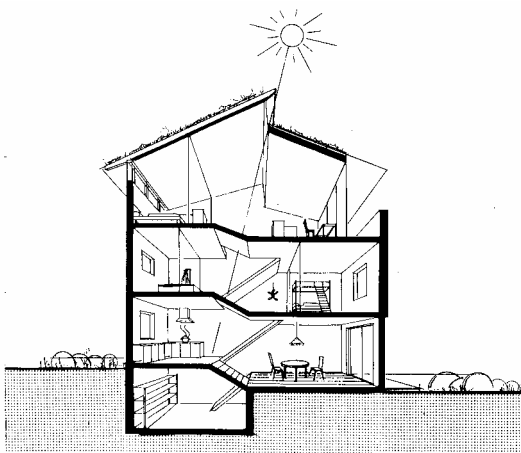
die Wandkonstruktion, dazwischen liegende OSB-Platten bringen Aussteifung und

Winddichtigkeit. Die Außenwand wurde über 3 Geschosse durchgehend aufgestellt und dann erst innenseitig mit Wänden und Decken aus Konstruktionsvollholz ausgebaut, um windundichte Wand-Deckenanschlüsse zu vermeiden. Insgesamt wurden in die Wände 37 cm Wärmedämmung aus Zellulose, ein Recycling Produkt aus alten Zeitungen, eingebracht, was einen U-Wert $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergibt. Das hinterlüftete Gründach wurde analog aufgebaut und ist mit 34 cm Zellulose gedämmt (U-Wert $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Die verstärkten Dachlatten bilden den Dachüberstand.

Zur Teilunterkellerung bzw. zur Bodenplatte bildet eine Kreuzlattung mit 30 cm Wärmedämmung den notwendigen Wärmeschutz (U-Wert $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Die Fensterflächen wurden auf circa 30% begrenzt, um eine Überhitzung im Sommer zu vermeiden. Die Holzfenster haben eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und 23wärmegedämmte Profile erhalten, die zusammen einen U-Wert von $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einen g-Wert von 44% erreichen.

Die Ausbaumaterialien sind nach streng ökologischen Grundsätzen ausgewählt. Es erfolgt kein chemischer Holzschutz, nur die Eichenschwelle ist borsalzgetränkt. Es wurde innen und außen mit Naturfarben gestrichen. Fugen wurden mit Baumwolle und Flachs geschlossen. Lehm- und Holzbau in Teilbereichen ergänzt den Holzbau sinnvoll. Ein komplettes Gründach und eine Regenwassernutzung runden das Konzept ab.

1.1. Energieversorgung



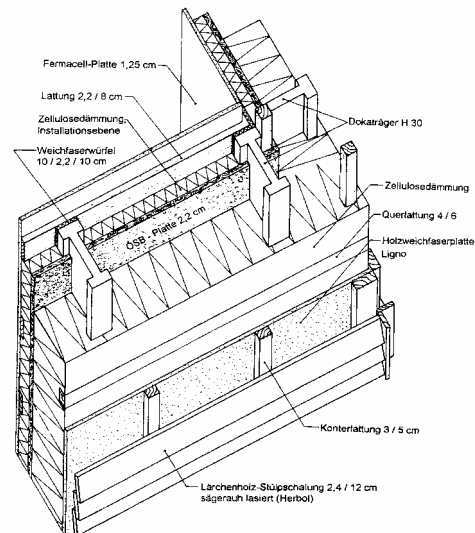
Die Bausteine des Energieversorgungskonzeptes sind wohnungsweise Lüftungsgeräte mit Luftheritzer, je Haus eine Solaranlage (12 m^2) mit Pufferspeicher (1000l) und ein zentraler Gasbrennwertkessel. Die eigentumsrechtliche Abgeschlossenheit der Wohnungen und die individuell angelegten Grundrisse waren maßgeblich für die Entscheidung für den wohnungsweisen Einsatz der Lüftungsgeräte (mit zugeordnetem Erdreichwärmetauscher).

Zusätzlich wurden ein Bad-Heizkörper und eine 3 m^2 große Wandheizfläche im Wohnzimmer installiert. Diese, aus reinen Behaglichkeitserwägungen eingebaut, soll den Nutzern die Möglichkeit geben, an kalten und ungemütlichen Tagen wohlige Wärme zu verspüren.

Die Wärmeverteilung erfolgt im Wesentlichen über vorisolierte Doppelrohrpakete, wie sie in der Solartechnik üblich sind. Die Warmwasserverarbeitung arbeitet als Durchflusssystem. Der Brennwertkessel ist mit seiner Leistung von 36 kW unter Berücksichtigung der Aufheizzeiten für die Warmwasserverarbeitung ausgelegt. Der Gesamtrestwärmebedarf der beiden Häuser beträgt 8 kW, berechnet auf Basis PhPP. Der Nachheizwärmebedarf der Wohnungen liegt zwischen 650 W und 1600 W. Alle Räume können über die Zuluft ausreichend mit Wärme versorgt werden; es

bestehen Leistungsreserven für höhere Raumtemperaturen. Das Luftverteilungssystem ist im Wesentlichen aus runden und ovalen Wickelfalzrohren aufgebaut.

Entsprechend des Wunsches einiger Bauherren wurde eine Lösung für die Auskopplung des Elternschlafzimmers aus dem Lüftungsverbund entwickelt. Dafür wurden die Türen mit vierseitiger Dichtung ausgeführt. Die Zuluftleitung ist separat absperrbar und die schallgedämmte Überströmöffnung verschließbar. Damit kann einerseits die Raumtemperatur sinken, andererseits führt ein nachts geöffnetes Fenster nicht zur Auskühlung der gesamten Wohnung.



		EP	GP
KG 200 - Erschließung	EUR		6 800
KG 300 - Bauwerk	EUR		1043 500
KG 400 - Technische Anlagen	EUR		208 500
Heizung, Solar	EUR	52 900	
Sanitär	EUR	59 900	
Lüftung	EUR	59 300	
Elektro	EUR	27 100	
Erdreichwärmetauscher	EUR	9 300	
Gesamtbaukosten	EUR		1258 800
Spez. Baukosten	EUR/m²		1 345
Anteil Haustechnik			17%
Anteil Heizung, Solar, Lüftung			9%

Baukosten

EP bedeutet Preis pro Gewerk,
GP bedeutet Gesamtpreis.

1.2. Kostenbetrachtungen:

Die Baukosten einschließlich Medienanschluss und Erdwärmetauscher betrugen 1345 EUR/m². Die haustechnische Installationen (Sanitär, Elektroinstallation, Heizung, Lüftung) haben dabei einen Anteil von ca. 17%. Werden nur Heizung und Lüftung betrachtet, beträgt der Anteil ca. 9% (Tabelle 1)

Auf der Basis dieser Werte wurde eine Vergleichsrechnung mit einem Niedrigenergiehaus durchgeführt und diese einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen. Dabei wurde ein vergleichbarer Nutzerkomfort zugrunde gelegt, d.h. ebenfalls Solaranlage und einfache Abluftanlage. Der Ermittlung der Betriebskosten liegt ein Angebot vom Installationsbetrieb zugrunde. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wartungszyklen ergeben sich pro Wohnung Kosten von 316 EUR pro Jahr, wovon 75% auf die Lüftungsanlage entfallen. Die größte Einzelposition mit 118 EUR entfällt hier auf den Austausch des Filters der Außenluftfilterbox, für den eine Standzeit von einem Jahr angenommen wurde. Die Betrachtung der laufenden Kosten (Tabelle 2) zeigt, dass die Betriebskosten bei 1,60 EUR/m²a liegen. Die Wirtschaftli-

chkeitsberechnung berücksichtigt die Installationskosten der energietechnischen Anlagen sowie die baukonstruktiven Mehrkosten des Passivhauses für Holzkonstruktion, Dämmung, Fenster und Türen. Die Mehrkosten beim Bau betragen knapp 5 % der Gesamtbaukosten. Bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren erreicht das Passivhaus unter Berücksichtigung von Kapitalsteigerung von 10 % p.a. eine ausgeglichene Bilanz der Kosten gegenüber dem Niedrigenergiehaus (Tabelle 3)

laufende Kosten	Jahreskosten je WE	Jahreskosten je m ²
Betriebskosten Heizung + Solar	78,37	0,75
<i>Betriebskosten Lüftung</i>	238	2,29
Verbrauchskosten	166,11	1,6
Summe	482,48	4,64
Wohneinheit mit 100qm		464

Laufende Kosten

Schlussfolgerungen

Die Weiterentwicklung des Passivhauses muss unserer Meinung nach in ein ganzheitlich ökologisches Konzept münden, nur energiesparend reicht nicht aus. Daher ist das ökologische Passivhaus das Ziel. Der architektonische Anspruch der Bauherren wird nicht durch die Passivhausidee geschmälert. Zuerst wird ein schönes wohnliches Haus gewünscht, dann eines mit geringem Energieverbrauch. Dachüberstände, Gliederung der Baukörper, große Fensterflächen im Wohnbereich, selbst runde Baukörper sind mit einigem planerischen Aufwand gut realisierbar. Der Planungsaufwand steigt deutlich, es wurden ca. 80 Details gezeichnet. Gerade die unsichtbare Verlegung der Lüftungsleitungen erfordert viel gedankliche Vorarbeit.

Passivhaus			Niedrigenergiehaus		
Investitionskosten					
Investition Energiekosten	116 200	EUR	124 800	EUR	
Lebensdauer	20	Jahre	20	Jahre	
Mehrinvestition Baukosten	69 000	EUR	0	EUR	
Lebensdauer	60	Jahre	60	Jahre	
Summe Investitionen	185 200	EUR	124 800	EUR	
Barwert zu Beginn	170 857	EUR	124 800	EUR	
Kapitalkosten (Annuität)	14 896	EUR/a	10 881	EUR/a	
Energieverbrauch					
Nutzenergiebedarf Wärme	19 260	kWh/a	53 900	kWh/a	
Ausgangspreise	Strom	2 600	kWh/a	3 000	kWh/a
	Gas	23 851	kWh/a	63 041	kWh/a
Verbrauchsgebundene Kosten					
Energiepreissteigerung 10 % /a					
Ausgangspreise	Strom	0,158	EUR/kWh	0,158	EUR/kWh
	Gas	0.0452	EUR/kWh	0.0452	EUR/kWh

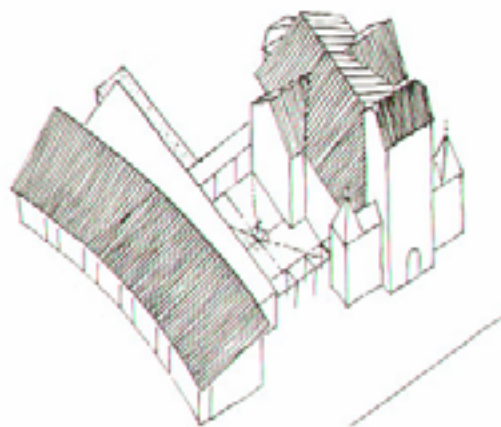
Bezug	Strom	983	EUR/a	1 134	EUR/a
	Gas	2 579	EUR/a	6 817	EUR/a
Energiekosten (Annuität)		3 562	EUR/a	7 951	EUR/a
Betriebsgebundene Kosten					
Kostensteigerung 5 % / a					
	Heizung	705	EUR/a	1 743	EUR/a
	Lüftung	2 142	EUR/a	670	EUR/a
	Reparatur	1 162	EUR/a	1 248	EUR/a
Betriebskosten (Annuität)		6 036	EUR/a	5 512	EUR/a
Gesamtkosten		24 495	EUR/a	24 344	EUR/a
Jahresgesamtkosten		26,17	EUR/m³a	26,01	EUR/m³a
Annahme: Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Zinssatz 6%, Annuitätenfaktor 0.087					

Wirtschaftlichkeit

Die Bauherren sind nach anfänglichen Bedenken begeistert von der Wohnqualität der Passivhäuser. Die Kopplung mit der Idee des gemeinschaftlichen Bauens hat sich als tragfähig erwiesen. In den nächsten 2 Jahren werden Messungen am Gebäude die Energieverbräuche erfassen, denn es gilt weiterhin: Entscheidend für den tatsächlichen Energiebedarf ist letztendlich das Nutzerverhalten.

2. Kindergarten Döbeln

Direkt neben der Jakobikirche in Döbeln baute die ev.-luth. Kirchgemeinde einen neuen Kindergarten. Ähnlich einem Kloster bildet der Kindergarten St. Florian eine bauliche Einheit mit der Kirche, ein „Kreuzgang“ mit Innenhof verbindet beide Gebäude miteinander. Nach dem Muldehochwasser 2002 war der Ersatzneubau notwendig geworden und die Architekten Reiter und Rentzsch gewannen mit dieser Idee den Architektenwettbewerb.



Selbstbewusst steht der moderne farbige Holzbau neben der Kirche aus dem 19. Jahrhundert, beide steigern sich gegenseitig in ihrer Wirkung. Betritt man den eingeschossigen Kindergarten von der Straße aus, dann schweift der Blick vom Foyer immer wieder durch die große Glasfassade zur nördlich gelegenen Kirche hinüber. Die karminrot lasierte geschwungene Lehmwand mit eingebauten Garderoben trennt den Flur von den südlich gelegenen Gruppenräumen. Über große Türen mit Glasseitenteilen betreten die Kinder ihre Spielräume mit eigenen Holzgalerien und Bädern. Die 68 Krippen- und Kindergartenkinder können direkt aus ihren 4 Gruppen in den Garten gehen. Es riecht überall sehr gut nach Holz und Lehm, dies ist der Bauweise mit gesunden Baustoffen und der kontrollierten Lüftung zu verdanken. Diese Anlage befindet sich sichtbar hinter einer Glaswand über den nördlich gelegenen Nebenräu-

men. Das Konzept des ökologischen Passivhauses wird von den Bauherren und den Kindern sehr gut angenommen.

Alle Außenwände und das Dach wurden als Holzrahmenbau mit 36 er Holz- Doppel- T-Trägern (Doka- Schalungsträger, Achsabstand 1,25 cm) mit aussteifender OSB- Platte errichtet. Eine 4 cm Holzweichfaserplatte umschließt alles und sorgt für Wärmebrückenfreiheit und gemeinsam mit der Zellulose- Dämmung für einen u-Wert von 0,11 und F30-B-



Holzbau auf Schaumglasschwelle

Konstruktion mit Zustimmung im Einzelfall. Da Holz im Passivhausbau eine Wärmebrücke darstellt, wurde in den Gebäudeecken der Einsatz von Holz minimiert (s. Skizze). Die Bodenplatte wurde unterseitig gedämmt. Diese wird somit zum warmen Bauteil ($u=0,13$). Zusätzlich steht der gesamte Holzbau auf Schaumglassteifen, um die bauphysikalisch gefährdete Schwelle zu schützen und sie kontrollierbar über den Fußbodenaufbau zu heben.



Lehmsteinausmauerung der Innenwände

Die Innenwände in den Gruppenräumen sind Holzrahmenbauwände mit Vollholzprofilen, die von den Eltern und Kindern in Eigenleistung mit Lehmsteinen ausgemauert wurden. Auf diesen wurde das 70-stenglige Schilfrohr, Wandflächenheizung und Lehmputz mit diffusionsoffenen Kaseinfarben aufgebracht. Der Lehm bringt eine hohe Speichermasse in den Bau und sorgt für gleich bleibende Luftfeuchte im Raum.

Die Galerie- und Nebenraumdecken sind Vollholzdecken aus flachgelegten Leimholzbindern. Auf die tragende Holzkonstruktion wurde ein 3-Scheiben- Passivhaus- Verglasungssystem aufgeschraubt ($u=0,85$, $g=55\%$). Farbige lasierte Lärchenholzverschalung an den Wänden, ein hinterlüftetes Gründach und die Holzfenster mit Screenstoff- Verschattung bilden die Wetterschale des Hauses. Es wurde bewusst auf den Einsatz von Folien im Holzbau verzichtet. Die Bauteile der Wände und des Daches werden daher von innen nach außen immer diffusionsoffener. Die Luftdichtigkeit n_{50} wurde mit einem blower- door- Test nachgewiesen und erreichte schon bei der ersten Messung einen Wert von 0,5 $1/h$ (bezogen auf das Innenraumvolumen). Der Holzbau wurde komplett mit Fenstern im Werk vorgefertigt und in 2 Wochen montiert. Die hohe Exaktheit der Vorfertigung und Ausführungsqualität überzeugte den Bauherren. Die Erstellung des Holzbaus im Winter war daher kein Problem.

2.1. 60% Glasfassade nach Norden – ist das möglich?

Im Passivhaus sollte herkömmlich die größte Verglasung nach Süden zeigen, da hier die meisten solaren Warmegewinne erzielt werden. Aufgrund der wichtigen Blickbeziehung zur Kirche entschieden sich aber die Architekten zusätzlich für eine große Glasfassade nach Norden. Bei den ersten PHPP- Berechnungen lagen die Werte etwas über dem Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a. Durch Einbau einer geschlossenen Brüstung, Verkleinerung der Glasfläche und Verbesserung der Dämmung aller Außenwände konnten die Passivhaus-Bedingungen erfüllt werden. Es hat sich nach einem Jahr Nutzung gezeigt, dass ein Passivhaus auch bei diesen städtebaulichen Rahmenbedingungen gut funktioniert.



Foyer mit großer Nordverglasung

2.2. Innenraumbepflanzung gegen zu trockene Luft

Ein Kind benötigt ca. 15m³/h Frischluft. Bei einer sehr hohen Kinderdichte von 2,5m² je Kind benötigt man bei 18 Kindern+ 1 Erwachsenen 300m³/h im Gruppenraum. Dies ergibt bei einem Raumvolumen von 185 m³ eine Luftwechselrate von 1,6. Dies kann im Winter zu sehr geringer Luftfeuchtigkeit in den Räumen führen. In Zusammenarbeit mit Herr Frantz vom Botanischen Garten Tübingen entstand eine Innenraum- Bepflanzung, die diesem entgegenwirkt, denn Pflanzen sind ideale Luftbefeuchter. Eine 2m hohe Pflanze (Ficus alii) kann in 24 Stunden 1,5l Wasser an die Raumluft abgeben. Es wurden 2 große Pflanzbeete direkt in Aussparungen in der Bodenplatte eingebaut. Für die Winddichtigkeit zum Erdreich hin wurde eine 20cm starke Tonschicht eingebracht. Das Substrat ist eine Spezialmischung aus Blähton, Torf und Tongranulat. Die Heimat der Pflanzen ist der tropische Regenwald, ein Pflanzbeet hat den afrikanischen, das andere den asiatischen Regenwald zum Vorbild. Die Kinder gießen die Pflanzen selbst und sind begeistert, wie schnell diese wachsen.

2.3. Haustechnik

Die Grundversorgung des Passivhauses erfolgt vordringlich durch die internen Lasten (Personen, Beleuchtung etc.) sowie durch die solaren Energieeinträge über die nach Süden ausgerichteten Fenster. Da es durch das "Fehlen" der internen Wärmequellen im Nachgang von Wochenenden und nach Feiertagen etc. zu einer Raumtemperaturabsenkung kommen würde, ist eine zusätzliche Wärmeversorgung des Kindergartens erforderlich. Um den zukunftsorientierten energetischen Anforderungen für das Gebäude gerecht zu werden, wurde für die Bereitstellung der Wärmeversorgung des Kindergartens auf die solare Wärmeenergie von Sonnenkollektoren und

auf die Nahwärme aus der vorhandenen Niedertemperaturgaskesselanlage in der Jacobikirche zurückgegriffen.

Die Verteilung der Wärme erfolgt in den Gruppenräumen mit Wandheizflächen aus diffusionsdichten Metallverbundrohren, die in Lehmputz verlegt wurden. Dadurch kommt es zu einer angenehm "großflächigen" Strahlungswärme und auf die Stellfläche für Heizkörper kann verzichtet werden.

Die Lüftungstechnische Anlage ist so konzipiert, dass sie mit einem Minimum an Energie betrieben wird. Dies wird durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft mittels eines Rotationswärmeübertragers zur Erwärmung der Außenluft sowie über die Begrenzung des Luftwechsels auf die Mindestaußenluft rate pro Person erreicht. Zusätzlich zur Wärmerückgewinnung ermöglicht eine hygroskopische Beschichtung auf dem Wärmeübertrager auch die Rückgewinnung der Luftfeuchte. Dadurch kann an sehr kalten Wintertagen mit äußerst geringen Wassergehalt in der Außenluft gemeinsam mit den Pflanzen die minimal zulässige Luftfeuchte im Raum gehalten werden. Weiterhin kann durch den Einsatz von Feinfiltern die Außenluftqualität verbessert werden (Unterbindung von Polleneintrag). Die Luftverteilung erfolgt über ein Kanalsystem und wird über Düsenauslässe in die Gruppenräume sowie in den Mehrzweckraum eingebracht. Mittels Überströmelementen in den Galerien wird die Luft über das Foyer und den angrenzenden Personal- und Nebenraumbereichen sowie über die Sanitärbereiche abgesaugt. An der Hygiene drohte das Passivhaus zu scheitern. In der Sächs. Schulbaurichtlinie wird eine natürliche Lüftung gefordert. Der Nachweis, dass die natürliche Lüftung über die Fenster jederzeit gewährleistet ist und durch die kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung nur unterstützt wird, rettete die Idee.

Pasivní domy v Německu: bytový projekt Nestwerk v Drážďanech a dětská školka Döbeln

překlad

1. Bytový projekt Nestwerk v Drážďanech

Bytový projekt Nestwerk Pillnitz vznikl v letech 2000-01 na základě nápadu 9 samostatně organizovaných rodin s celkovým počtem 39 členů v oblasti společného ekologického stavění a sousedského bydlení. Stavební pozemek byl nalezen na slunném jižním svahu na Labi v blízkosti zámeckého parku Pillnitz - v blízkosti města a přesto v zeleni. Byly postaveny dva pasivní domy s celkem 9 byty za maximálního použití ekologicky nezávadných surovin a technologií. Obě budovy vždy s třemi řadovými domy a třemi nad nimi umístěnými podkrovními byty byly postaveny okolo společného klidného domovního dvora, kde spolu rodiny žijí. Každý byt je však rovněž vybaven příslušnou zahradou sloužící jako soukromý volný prostor. Byty mají užitnou plochu o velikosti 52 m² až 144 m². Budovy sledují tvar svahu díky odsazeným podlažím. V přízemí tak vznikly kuchyně a velký obytný prostor na dvou úrovních s dostatečnou výškou pro obytnou oblast. V nadzemním podlaží vznikly jednotlivé pokoje a koupelna. Podkrovní byty jsou přístupné oddělenými a zastřešenými vnějšími schodišti a jsou umístěny na jednom podlaží. Jak ve fázi projektování, tak též při stavbě domů samotné byla v rámci společných rozhovorů mezi sdružením stavebníků, architektů a inženýrů postupně činěna odpovídající rozhodnutí. Hlavní záměr sdružení stavebníků spočíval ve vytvoření ekologického a zdravého obytného prostředí.

Spotřeba energie měla být minimalizována při zachování maximální kvality života. Proto byla použita koncepce pasivního domu v rozvinuté podobě.

Budovy byly postaveny za použití konstrukce dřevěných rámců a zdravotně nezávadných stavebních materiálů. Konstrukce stěn je tvořena pažicemi nosníky Doka (dvojitě dřevěné T profily, vzdálenost os 1,28 m), přičemž odpovídající tuhost a vzduchotěsnost je zaručena vloženými OSB deskami. Vnější stěna byla nejprve postavena průběžně přes 3 podlaží a až poté obložena na vnitřní straně stěnami a stropy z plného stavebního dřeva, aby se vyloučily případné netěsnosti u spojů stěna - strop. Celkem bylo do stěn vloženo 37 cm celulózové tepelné izolace, recyklovaného výrobku ze starých novin, což zaručuje hodnotu U ve výši 0,11 W/m²K. Zelená střecha se zadním větráním byla koncipována analogicky a je vybavena celulózovou izolací o tloušťce 34 cm (hodnota U ve výši 0,12 W/m²K). Zesílené střešní latě tvoří přesah střechy.

Potřebná tepelná ochrana s ohledem na částečné podsklepení, popř. podlahovou desku je tvořena křížovým laťováním s tepelnou izolací o tloušťce 30 cm (hodnota U ve výši 0,15 W/m²K). Okenní plochy byly omezeny na zhruba 30 %, aby se zabránilo letnímu přehřívání. Dřevěná okna jsou opatřena třídlým zasklením s tepelnou

ochranou a 23 tepelně izolovanými profily, které společně dosahují hodnoty U ve výši $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ a hodnoty g ve výši 44 %.

Stavební materiály byly zvoleny podle těch nejprísnějších ekologických zásad. Dřevěný materiál nebyl nijak chemicky upravován, pouze dubový práh je impregnován borovou solí. Uvnitř a vně byly provedeny nátěry přírodními barvami. Spáry byly uzavřeny za použití bavlny a lnu. Dřevostavba je v dílčích oblastech vhodně doplněna hliněnou konstrukcí. Celková koncepce je završena kompletní zelenou střechou a využíváním dešťové vody.

1.1. *Přívod energie*

Základní části koncepce zásobování energiemi jsou tvořeny odpovídajícími větracími jednotkami s předehřivači vzduchu umístěnými v každém bytě, odpovídajícím solárním zařízením pro každý dům (12 m^2) se zásobní nádrží (1000 l) a centrálním plynovým kondenzačním kotlem. Pro rozhodnutí použít větrací jednotky (s přiřazeným zemním výměníkem tepla) pro každý byt byly směrodatně individuálně určené půdorysy a majetkově-právní vymezení bytů. Dále byla provedena instalace otopného tělesa v koupelně a stěnové otopné plochy v obývacím pokoji o velikosti 3 m^2 . Tato plocha, která byla integrována z čistě komfortních důvodů, má uživatelům poskytnout možnost užívat si za chladných a nevlídných dnů příjemného tepla.

Rozvod tepla probíhá především pomocí předizolovaných dvojitych trubních svazků, což odpovídá běžné praxi v oblasti solární techniky. Úprava teplé vody funguje na principu průtokového systému. Kondenzační kotel je se svým výkonem ve výši 36 kW dimenzován při zohlednění odpovídajících roztápěcích dob pro výrobu teplé vody. Celková potřeba zbytkového tepla u obou domů činí 8 kW, počítáno na základě PhPP. Potřeba tepla k dodatečnému vytápění bytů je mezi 650 W a 1600 W. Veškeré prostory mohou být dostatečně zásobovány teplem přes přiváděný vzduch; pro vyšší teploty v místnostech jsou k dispozici dostatečné výkonové rezervy. Systém rozvodu vzduchu je tvořen zejména kulatými a oválnými stučkovými a plášťovými trubkami.

Na základě přání některých stavebníků bylo vyvinuto řešení týkající se vyloučení ložnice rodičů z větrací vazby. V této souvislosti byly realizovány dveře se čtyřstranným těsněním. Přívodní vedení je odděleně uzavíratelné a přepouštěcí otvor s odpovídající akustickou izolací je rovněž uzavíratelný. Díky tomu může na jedné straně klesat teplota v místnosti a na straně druhé nemá v noci otevřené okno za následek ochlazení celého bytu.

		EP	GP	Stavební náklady
KG 200 - dostupnost	EUR		6 800	EP znamená cena za dílo, GP znamená celková cena.
KG 300 - stavba	EUR		1 043 500	
KG 400 - technická zařízení	EUR		208 500	
Topení, solární zařízení	EUR	52 900		
Sanitární zařízení	EUR	59 900		
Větrání	EUR	59 300		
Elektro	EUR	27 100		

Zemní výměník tepla	EUR	9 300
Celkové stavební náklady	EUR	1 258 800
Spec. stavební náklady	EUR/m²	1 345
Podíl technického vybavení stavby		17%
Podíl topení, solárního zařízení, větrání		9%

1.2. Nákladové úvahy:

Stavební náklady včetně připojení médií a zemních výměníků tepla činily 1345 EUR / m². Domovní technické instalace (sanitární zařízení, elektroinstalace, topení, větrání) přitom zahrnují podíl ve výši zhruba 17 %. Vezmeme-li v úvahu pouze topení a větrání, pak tento podíl činí zhruba 9 % (tabulka 1).

Na základě těchto hodnot byla provedena srovnávací kalkulace ve srovnání s nízkoenergetickým domem a tato byla podrobena dynamické kontrole hospodárnosti. Za základ byl přitom brán srovnatelný uživatelský komfort, t.j. rovněž solární zařízení a jednoduché zařízení na odvod vzduchu. Za základ výpočtu provozních nákladů slouží nabídka instalační firmy. Při zohlednění různých cyklů údržby byly zjištěny u každého bytu náklady ve výši 316 EUR ročně, z čehož 75 % připadá na větrací jednotku. Největší samostatná položka ve výši 118 EUR zde připadá na výměnu filtru u vnějšího vzduchového filtračního boxu, u kterého se předpokládá životnost v trvání jednoho roku. Z analýzy běžných nákladů (tabulka 2) vyplývá, že provozní náklady činí 1,60 EUR / m²a. Výpočet hospodárnosti zohledňuje náklady na instalaci technických energetických zařízení a dále konstrukční vícenáklady pasivního domu na dřevěné konstrukce, izolaci, okna a dveře. Vícenáklady u stavby činí zhruba 5 % celkových stavebních nákladů. V rámci pozorovaného období v trvání 20 let dosahuje pasivní dům při zohlednění růstu kapitálu ve výši 10 % p.a. vyrovnané nákladové bilance ve srovnání s nízkoenergetickým domem (tabulka 3).

Běžné náklady	Roční náklady na bytovou jednotku	Roční náklady na m ²
Provozní náklady na topení + solární zařízení	78,37	0,75
<i>Provozní náklady větrání</i>	238	2,29
Spotřební náklady	166,11	1,6
Součet	482,48	4,64
Bytová jednotka o velikosti 100 m²		464

Běžné náklady

Závěry

Další vývoj pasivního domu musí dle našeho názoru vést k jednotné ekologické koncepci, přičemž pouhý energetický úsporný aspekt nepostačuje. Proto je cílem ekologický pasivní dům. Architektonické požadavky stavebníků nejsou koncepcí pasivního domu omezovány. Nejprve si přejeme pěkný a útulný dům a poté dům s nízkou spo-

třebou energie. Střešní přesahy, členění těles stavby, velké okenní plochy v obytné oblasti, ba dokonce kulatá tělesa staveb - to vše je s určitou projektantskou invencí dobře realizovatelné. Projekční náklady podstatně rostou; bylo zakresleno cca 80 detailů. Především neviditelné položení větracích vedení vyžaduje velké množství duševní přípravné práce.

		Pasivní dům		Nízkoenergetický dům	
Investiční náklady					
Investice - energetické náklady		116 200	EUR	124 800	EUR
Životnost		20	let	20	let
Víceinvestice - stavební náklady		69 000	EUR	0	EUR
Životnost		60	let	60	let
Součet investic		185 200	EUR	124 800	EUR
Hodnota v hotovosti na začátku		170 857	EUR	124 800	EUR
Kapitálové náklady (anuita)		14 896	EUR/a	10 881	EUR/a
Spotřeba energie					
Užitná potřeba energie - teplo		19 260	kWh/a	53 900	kWh/a
Výchozí ceny	Proud	2 600	kWh/a	3 000	kWh/a
	Plyn	23 851	kWh/a	63 041	kWh/a
Náklady související se spotřebou					
Zvyšování cen energií 10 % / a					
Výchozí ceny	Proud	0,158	EUR/kWh	0,158	EUR/kWh
	Plyn	0,0452	EUR/kWh	0,0452	EUR/kWh
Odběr	Proud	983	EUR/a	1 134	EUR/a
	Plyn	2 579	EUR/a	6 817	EUR/a
Energetické náklady (anuita)		3 562	EUR/a	7 951	EUR/a
Provozní náklady					
Zvyšování nákladů 5 % / a					
Topení		705	EUR/a	1 743	EUR/a
Větrání		2 142	EUR/a	670	EUR/a
Opravy		1 162	EUR/a	1 248	EUR/a
Provozní náklady (anuita)		6 036	EUR/a	5 512	EUR/a
Celkové náklady		24 495	EUR/a	24 344	EUR/a
Roční celkové náklady		26,17	EUR/m³a	26,01	EUR/m³a
Předpoklad: pozorované období 20 let, úroková sazba 6 %, faktor anuity 0.087					

Hospodárnost

Stavebníci jsou po počátečních pochybách překvapeni kvalitou bydlení v pasivních domech. Spojení s nápadem společného stavění se ukázalo jako nosná idea. Během příštích 2 let budou formou odpovídajících měření zjišťovány u budovy spotřeby

energií, protože dále platí: pro skutečnou spotřebu energie je konec konců rozhodující chování uživatelů.

2. Dětská školka Döbeln

Hned vedle kostela Sv. Jakuba v Döbeln vystavěla evangelická církevní obec novou dětskou školku. Na základě podoby s klášterem tvoří školka Sv. Floriána konstrukční jednotku s kostelem, přičemž obě budovy jsou vzájemně spojeny „křížovou chodbou“ s vnitřním dvorem. Po povodních v roce 2002 vznikla nutnost náhradní novostavby a architektonickou soutěž vyhráli díky tomuto nápadu architekti Reiter a Rentzsch. Moderní barevná dřevostavba stojí sebevědomě vedle kostela z 19. století, přičemž účinek obou staveb se vzájemně doplňuje. Vejdeme-li do jednopodlažní školky z ulice, tak nám bude pohled opakovaně přebíhat z foyeru přes velkou skleněnou fasádu k severně situovanému kostelu. Karmínově červená lazovaná hliněná stěna s integrovanými šatnami odděluje chodbu od jižně situovaných společných prostor. Velkými dveřmi s prosklenými bočními díly vstupují děti do svých hracích místností s vlastními dřevěnými galeriemi a koupelnami. 68 dětí z jeslí a školky může jít přímo ze svých 4 skupin do zahrady. Všude to voní dřevem a hlinou; to způsobuje použití zdravých materiálů a kontrolovaného větrání. Toto zařízení je umístěno viditelně za skleněnou stěnou nad severně situovanými vedlejšími prostory. Koncepce ekologického pasivního domu je zde stavebníky a dětmi velice dobře akceptována.

Veškeré vnější stěny a střecha byly postaveny jako konstrukce tvořená dřevěnými rámy s 36 dvojítymi dřevěnými nosníky tvaru T (pažicí nosníky Doka, vzdálenost os 1,25 cm) s výztužnou deskou OSB. Vše je obklopeno jednou měkkou dřevovláknitou deskou o tloušťce 4 cm, která zajišťuje nepřítomnost tepelných mostů a společně s celulózovou izolací dosahuje hodnoty U ve výši 0,11, včetně konstrukce F30-B se souhlasem v jednotlivých případech. Protože dřevo představuje u pasivních domů tepelný most, tak bylo použití dřeva v rozích budovy minimalizováno (viz nákres). Podlahová deska byla na spodní straně zaizolována. Stává se tedy teplým komponentem ($u = 0,13$). Celá dřevěná konstrukce je dále umístěna na odpovídajících výztuhách z pěnového skla, aby bylo možno ze stavebně-fyzikálního hlediska chránit práh a tento kontrolovaně zvedat nad podlahovou konstrukci.

Vnitřní stěny ve společných prostorech jsou stěny s konstrukcí tvořenou dřevěným rámem s profily z plného dřeva, které byly svépomocně vyzděny rodiči a dětmi za použití nepálených cihel. Na nich byly umístěny sedmdesátistonkový rákos a vytápění stěnových ploch včetně hliněné omítky s difúzně propustnými kaseinovými barvami. Hlína představuje u stavby velkou akumulární hmotu a zajišťuje trvale stejnou vlhkost vzduchu v prostorech.

Stropy galerií a vedlejších prostor jsou stropy z masivního dřeva tvořené plošně uloženými lepenými dřevěnými vazníky. Na nosnou dřevěnou konstrukci byl našroubován odpovídající systém třídlného zasklení pro pasivní domy ($u = 0,85$, $g = 55\%$). Barevně lazované obložení z modřínového dřeva na stěnách, zelená střecha se zadním větráním a dřevěná okna se síťovinovým stíněním tvoří klimatickou skořepinu

budovy. Úmyslně zde nebyly u dřevostavby použity žádné fólie. Stěnové a střešní komponenty mají proto směrem zevnitř ven stále větší difúzní propustnost. Vzduchotěsnost n50 byla prokázána testem blower-door a již při prvním měření dosahovala hodnoty ve výši 0,5 1/h (vztaženo na objem vnitřního prostoru). Dřevostavba byla včetně oken kompletně prefabrikována v závodě a namontována během 2 týdnů. Vysoká přesnost prefabrikace a kvalita provedení nakonec stavebníka přesvědčily. Realizace dřevostavby v zimě proto nepředstavovala žádný problém.

2.1. 60 % skleněné fasády směrem na sever – je to možné?

U pasivního domu by měla největší zasklená plocha zpravidla směřovat na jih, protože největších solárních zisků lze dosáhnout právě zde. S ohledem na důležitý směr pohledu ke kostelu se však architekti nakonec rozhodli pro velkou skleněnou fasádu směřující na sever. Při prvních výpočtech PHPP byly zjištěny hodnoty potřeby tepla k vytápění lehce nad 15 kWh/m²a. Díky vestavbě uzavřeného pažení, zmenšení zasklených ploch a zlepšení izolace všech vnějších stěn bylo možno odpovídající podmínky kladené na pasivní domy splnit. Po uplynutí jednoho roku užívání se ukázalo, že pasivní dům je schopen dobře fungovat i v těchto městských rámcových podmínkách.

2.2. Vybavení vnitřních prostor rostlinami na ochranu před příliš suchým vzduchem

Dítě potřebuje zhruba 15m³/h čerstvého vzduchu. V případě velmi vysoké hustoty dětí ve výši 2,5 m² na dítě potřebujeme u 18 dětí + 1 dospělého 300 m³/h ve společném prostoru. Z toho vyplývá při objemu prostoru ve výši 185 m³ koeficient výměny vzduchu 1,6. To může mít v zimě za následek velmi nízkou vlhkost vzduchu v místnostech. Ve spolupráci s panem Frantzem z Botanické zahrady v Tübingen bylo realizováno vybavení vnitřních prostor rostlinami, které tomuto jevu zabraňují, protože rostliny jsou ideální zvlhčovače vzduchu. Jedna rostlina o výšce 2 m (*Ficus alii*) je za 24 hodin schopna odevzdat do ovzduší 1,5 l vody. Přímo ve vybráních v podlahové desce byly umístěny 2 velké rostlinné záhony. Za účelem dosažení odpovídající vzduchotěsnosti vzhledem k zemině byla nanесena vrstva hlíny o tloušťce 20 cm. V případě substrátu se jedná o speciální směs tvořenou keramzitem, rašelinou a jílovým granulátem. Domovem rostlin je tropický deštný prales a záhony rostlin se inspiroují jeden africkým a druhý asijským deštným pralesem. Děti zalévají rostliny samy a jsou překvapeny, jak rychle rostliny rostou.

2.3. Technické vybavení budovy

Základní zásobování pasivního domu probíhá především s ohledem na vnitřní zátěže (osoby, osvětlení, atd.) a formou solární energie získávané okny směřujícími na jih. Protože v důsledku "chybění" vnitřních zdrojů tepla po víkendech a dnech pracovního klidu by došlo k poklesu teploty v místnostech, tak je nutné dodatečné zásobování školky teplem. Aby bylo možno vyhovět perspektivním energetickým požadavkům kladeným na budovu, tak se v rámci zásobování dětské školky teplem využilo slu-

neční energie ze solárních kolektorů a dále dodávek tepla ze stávajícího nízkoteplotního plynového kotelního zařízení v kostele Sv. Jakuba.

Rozvod tepla je ve společných prostorách realizován za použití stěnových otopných ploch tvořených difúzně nepropustnými kovovými spojovacími trubkami položenými v hliněné omítce. Díky tomu je k dispozici příjemně "velkoplošné" sálavé teplo a nejsou nutné plochy pro umístění otopných těles.

Vzduchotechnické zařízení je koncipováno tak, že může být provozováno s minimem energie. Toho bylo možno dosáhnout rekuperací tepla z odváděného vzduchu pomocí rotačního nosiče tepla určeného k ohřevu vnějšího vzduchu a dále omezením výměny vzduchu na minimální míru vnějšího vzduchu na osobu. Vedle rekuperace tepla umožňuje hygroskopická vrstva na nosiči tepla rovněž rekuperaci vlhkosti vzduchu. Díky tomu lze i za velice chladných zimních dnů udržovat v místnostech minimální přípustnou vlhkost vzduchu při extrémně nízkém obsahu vody ve vnějším vzduchu společně s rostlinami. Dále lze použitím jemných filtrů zlepšovat kvalitu vnějšího vzduchu (zamezení pronikání pylů). Vzduch je rozváděn systémem kanálů a přiváděn do společných prostor a víceúčelového prostoru tryskovými výstupy. Pomocí přepadových prvků v galeriích je vzduch odsáván přes foyer, přilehlé prostory pro personál, vedlejší prostory a sanitární prostory. Na hygieně pasivní dům málem ztroskotal. Saská směrnice pro školní budovy vyžaduje přirozené větrání. A právě důkaz, že přirozené větrání okny lze kdykoli zaručit a že je ještě podporováno kontrolovaným větráním s rekuperací tepla, celý projekt zachránil.

Bau- und Raumakustik einer Passivhausschule

Frank Schnelle¹⁾, Joachim Zander²⁾

Kurz u. Fischer GmbH Beratende Ingenieure Bauphysik

¹⁾ Rudolf-Breitscheid-Straße 11, D-06110 Halle (Saale)

Tel: + 49 (0)345 – 2003719, e-mail: halle@kurz-fischer.de

²⁾ Brückenstraße 9, D-71364 Winnenden

Tel: + 49 (0)7195 – 91470, e-mail: winnenden@kurz-fischer.de

1. Schulen in Passivhausbauweise

Der Schwerpunkt der bauphysikalischen Planung von Schulgebäuden in Passivhaus-Bauweise liegt üblicherweise auf dem Gebiet der thermischen Bauphysik und der Anlagentechnik. Gleichzeitig müssen in Schulen bau- und raumakustische Anforderungen eingehalten werden.

Die bau- und raumakustische Planung und Ausführung einer Schule mit den Besonderheiten bei der Passivhaus-Bauweise wird am Beispiel der Grundschule mit Kindertagesstätte Frankfurt-Riedberg erläutert. Das Bauvorhaben wurde an den Nutzer im November 2004 übergeben.

Projektbeteiligte

- Bauherr: Stadtschulamt Frankfurt
- Projektsteuerung: Hochbauamt Stadt Frankfurt
- Architekt: Architekturbüro 4a Stuttgart
- Energetische Qualitätssicherung, Energiekonzept: Passivhaus-Institut, Transsolar
- Haustechnik: ICRZ Neuenhagen
- Bau- und Raumakustik: Kurz u. Fischer Winnenden / Halle

2. Akustische Anforderungen

2.1. Bauakustik

Anforderungen an den Schallschutz in Schulgebäuden für die Luft- und Trittschalldämmung im Gebäude, den Schallschutz gegen Außenlärm und die Geräusche von haustechnischen Anlagen sind in Deutschland in DIN 4109: 1989-11 „Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise“ enthalten. Die baurechtlich verbindlichen Anforderungen der DIN 4109 gelten selbstverständlich auch für den Neubau von Gebäuden in Passivhaus-Bauweise.

In Schulgebäuden sind bei festen Unterrichts- und Pausenzeiten (kein Aufenthalt von Schülern während der Unterrichtseinheiten auf den Fluren) praktisch vor allem die Anforderungen für die Luftschalldämmung zwischen den Unterrichtsräumen relevant. Bei flexibleren Unterrichtszeiten im Rahmen eines Ganztagschulbetriebes (teilweiser Aufenthalt von Schülern während der Unterrichtseinheiten auf den Fluren) gewinnt die Luftschalldämmung von Flurtrennwänden mit Türen an Bedeutung. Die Trittschalldämmung von Fußböden muss vor allem in „besonders lauten“ Räumen,

z. B. Musikräume, Werkräume, beachtet werden. Durch eine bauakustisch günstige Grundrissplanung mit der Vermeidung der Anordnung von „besonders lauten“ Räumen neben bzw. über üblichen Unterrichtsräumen können Störungen am effektivsten vermieden werden.

Bauteil	Anforderungen	
	Luftschalldämmung	Trittschalldämmung
Decken zwischen Unterrichtsräumen	erf. $R'_w = 55$ dB	erf. $L'_{n,w} = 53$ dB
Decken zwischen Unterrichtsräumen und „besonders lauten“ Räumen (Musikräume, Werkräume)	erf. $R'_w = 55$ dB	erf. $L'_{n,w} = 46$ dB
Wände zwischen Unterrichtsräumen	erf. $R'_w = 47$ dB	
Wände zwischen Unterrichtsräumen und Fluren	erf. $R'_w = 47$ dB	
Türen zwischen Unterrichtsräumen und Fluren	erf. $R_w = 32$ dB	

Tabelle 1: Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Schulen (Auszug aus Tabelle 3 in DIN 4109)

Die Anforderungen nach DIN 4109 beziehen sich auf die resultierende Schalldämmung zwischen Räumen am Bau. Hierbei müssen die Direktschallübertragung über das trennende Bauteil, die Schalllängsübertragung über die flankierenden Bauteile und Schallnebenwegübertragungen (z. B. Lüftungsleitungen) berücksichtigt werden. Bei Türen gilt die Anforderung für die alleinige Schallübertragung über das Bauteil.

Für die Geräusche von haustechnischen Anlagen in Unterrichtsräumen beträgt die Anforderung an den maximal zulässigen Schalldruckpegel ≤ 35 dB(A). Bei Lüftungsanlagen sind zwar nach DIN 4109 um 5 dB(A) höhere Werte zulässig, sofern keine auffälligen Einzeltöne auftreten. Wegen der damit verbundenen Erhöhung der ständigen Störgeräusche in den Unterrichtsräumen sollte diese Verminderung der Anforderungen in Schulen nicht angewendet werden.

2.2. Raumakustik

Das Ziel von raumakustischen Maßnahmen in Unterrichtsräumen ist die Gewährleistung einer ausreichenden Sprachverständlichkeit. Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der raumakustischen Verhältnisse ist die Nachhallzeit T . In der aktuellen DIN 18041: 2004-05 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ sind Sollwerte der Nachhallzeiten T_{Soll} bei mittleren Frequenzen in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Unterricht, Sprache, Musik, Sport) und dem Raumvolumen V angegeben. Zusätzlich sind in DIN 18041 Angaben zur anzustrebenden Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeiten enthalten.

In Abb. 1 sind beispielhaft aus eigenen messtechnischen Untersuchungen die mittleren Nachhallzeiten von Unterrichtsräumen verschiedener Schulgebäude für den besetzten Zustand im Vergleich mit den Anforderungen nach DIN 18041 dargestellt. Bei Ausführung von raumakustischen Maßnahmen (Standardausführung in Schulgebäuden: vollflächiger Einbau von schallabsorbierenden abgehängten Unterdecken) werden die Anforderungen nach DIN 18041 in der Regel eingehalten. Bei einem Verzicht

auf Maßnahmen in Unterrichtsräumen ergeben sich sehr ungünstige raumakustische Verhältnisse.

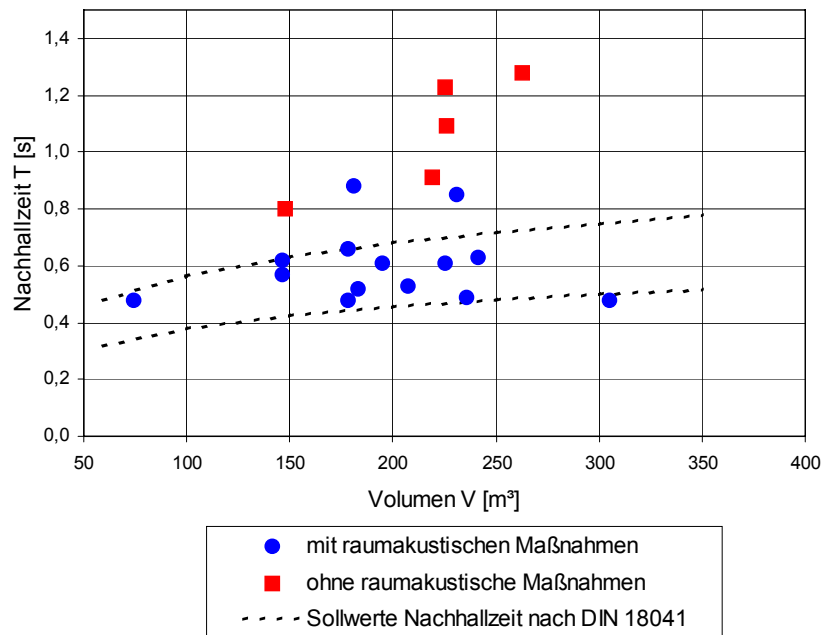


Abb. 1 Nachhallzeiten in Unterrichtsräumen verschiedener Schulgebäude

3. Planung und Ausführung in der Schule Frankfurt-Riedberg

3.1. Auswirkungen der Lüftung auf die Bauakustik

Im Unterschied zur freien Fensterlüftung in konventionellen Schulgebäuden werden bei Schulen in Passivhaus-Bauweise grundsätzlich Lüftungsanlagen zur Minimierung der Lüftungswärmeverluste eingesetzt.

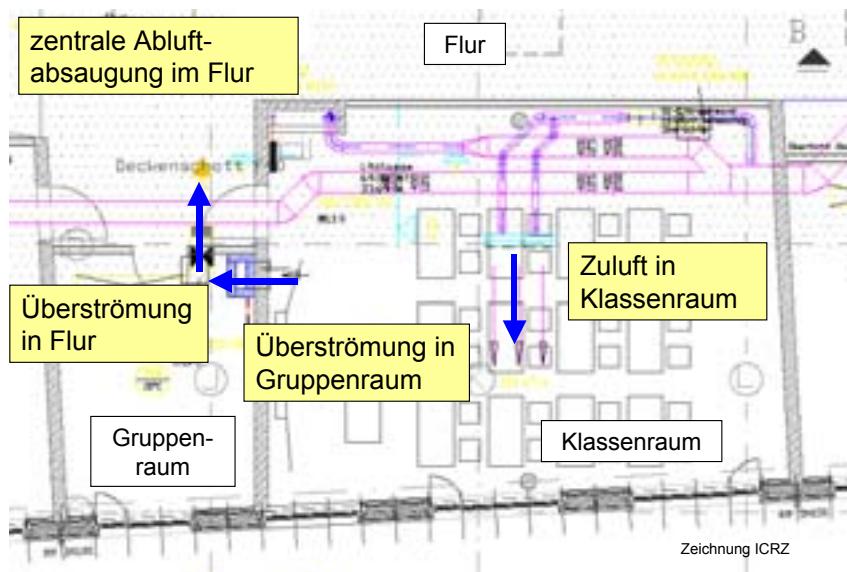


Abb. 2 Lüftungskonzept von Unterrichtsräumen in der Grundschule Frankfurt-Riedberg

Durch die Lüftungsleitungen mit Zuluftauslässen bzw. Überströmöffnungen in den Trennwänden ergeben sich zusätzliche Schallnebenwegübertragungen zwischen den Räumen. Diese müssen in Ergänzung zu den Schallübertragungswegen über

das trennende Bauteil und die flankierenden Bauteilen bei der bauakustischen Planung berücksichtigt werden müssen (siehe Abb. 3).

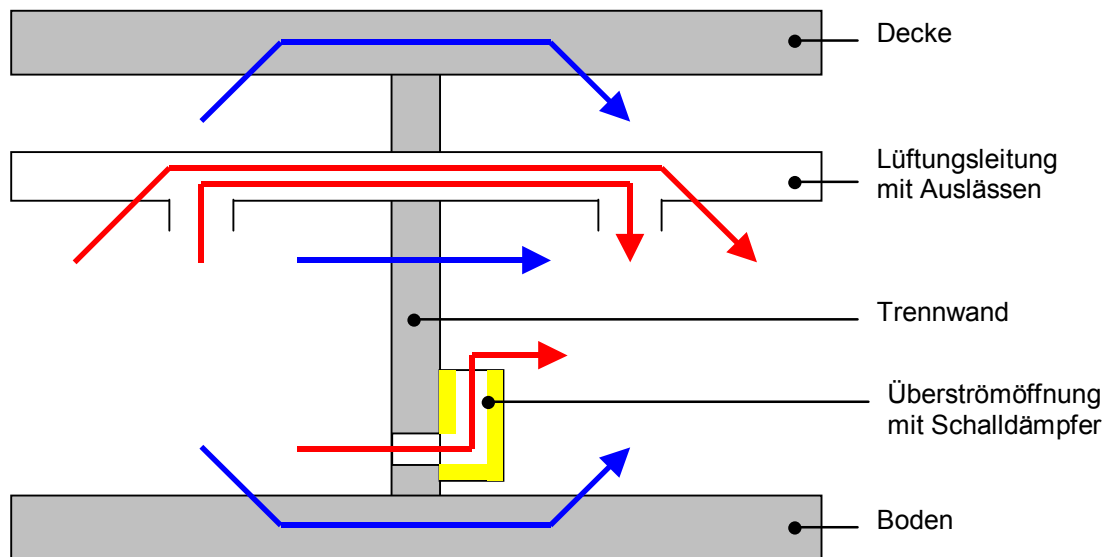


Abb. 3 Prinzipdarstellung der Schallübertragungswege zwischen Räumen bei Lüftungsleitungen mit Auslässen und Überströmöffnungen

Die Lüftungsleitungen Zuluft in den Klassenräumen sind in einem abgehängten Deckenkoffer mit Schlitzauslässen eingebaut (siehe Abb. 4). Zur Verminderung der Geräuschabstrahlung durch die Lüftungsanlage und der Nebenwegübertragung über die Lüftungsleitungen mit Auslässen (Telefonie-Effekt) sind die notwendigen Schalldämpfer vor den Schlitzauslässen eingebaut. Die frequenzabhängige Dimensionierung der erforderlichen Einfügungsdämmung D_e der Schalldämpfer wurde im Rahmen der Planung in Anlehnung an das Rechenverfahren nach VDI 2081: 2001-07 „Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen“ vorgenommen. Bei den Überströmöffnungen für die Abluft in den Wänden zwischen Unterrichts- und Gruppenräumen bzw. in den Flurtrennwänden müssen ebenfalls Schalldämpfer ausgeführt werden. Die Dimensionierung der Kulissenschalldämpfer erfolgte nach (1).

Des weiteren ist zur Kompensation der Schallnebenwegübertragung über die Lüftungsleitungen bzw. die Überströmelemente eine Verbesserung der Schalldämmung der Trennbauteile und der Schalllängsdämmung der flankierenden Bauteile notwendig. Die massiven Trennwände zwischen den Unterrichtsräumen und den Gruppen- bzw. Vorbereitungsräumen bestehen aus 250 mm Stahlbeton. Die Flurtrennwände sind Metallständerwände mit Gipskartonbeplankungen. Bei der Elementfassade in Holzständerbauweise ist die raumseitige Bekleidung, akustisch wirksam als Vorsatzschale, zur Verbesserung der Schalllängsdämmung im Bereich der Raumtrennwände unterbrochen.

Der Erfolg der bauakustischen Planung und der Ausführung konnte durch bauakustische Messungen im Rahmen der Abnahme bestätigt werden. Zwischen Unterrichtsräumen und zwischen Unterrichts- und Gruppenräumen ergaben sich jeweils bewer-

tete Bau-Schalldämm-Maße von $R'_w = 47$ dB. Die Anforderungen nach DIN 4109 wurden damit eingehalten.

3.2. Raumakustische Maßnahmen in Räumen

Aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes sollte die wirksame Speicherefähigkeit von massiven Raumumschließungsflächen durch raumakustische Bekleidungen möglichst nur in einem geringen Umfang reduziert werden. Eine Bauweise mit massiven Innenwänden weist hier Vorteile gegenüber einem leichten Innenausbau auf. Bei der Beschränkung auf eine teilflächige Ausführung von raumakustischen Maßnahmen an Decken sind zusätzliche Absorberelemente an Wänden erforderlich. Die Verteilung der schallabsorbierenden Flächen an Decke und Wänden weist gegenüber vollflächig absorbierenden Decken raumakustische Vorteile auf, da bei dieser Lösung eine gleichmäßigere Raumbedämpfung in der Horizontal- und Vertikalebene erfolgt.

Die Unterseite des Deckenkoffers für die Lüftungsleitungen besteht aus Gipskartonlochplatten mit Absorberauflage. An den Rückwänden der Unterrichtsräume erfolgte der Einbau von Absorberelementen, bestehend aus Holzweichfaserplatten auf Unterkonstruktion mit Stoffbespannung. Die Wandabsorber können gleichzeitig als Pinnwände durch die Schüler genutzt werden (siehe Abb. 4).



Abb. 4 Unterrichtsraum der Grundschule
 (1) Deckenkoffer für Lüftungsleitungen mit Schlitzauslässen
 (2) raumakustische Maßnahmen an Deckenkoffer Gipskartonlochplatten
 (3) raumakustische Maßnahmen an Rückwand Absorberelement als Pinnwand

Aus den raumakustischen Messungen der Nachhallzeiten in den Unterrichtsräumen ergab sich, dass im besetzten Zustand bei einem ausgeglichenen frequenzabhängigen Verlauf die mittleren Nachhallzeiten an der oberen Grenze der Sollwerte nach DIN 18041 liegen. Aus raumakustischer Sicht wäre eine Vergrößerung der Fläche von schallabsorbierenden Wand- und Deckenbekleidungen wünschenswert gewe-

sen. Die gewählte Ausführung stellt einen Kompromiss zwischen den Anforderungen der Raumakustik und der thermischen Bauphysik (Erhalt der Speicherfähigkeit massiver Bauteile) dar.

Eine weitere Möglichkeit der Ausführung von raumakustischen Maßnahmen, bei der nur eine geringe Verminderung der Speicherfähigkeit der Massivdecke erfolgt, besteht im Einbau von Baffel-Decken mit vertikal angeordneten schallabsorbierenden Elementen. Diese Variante von raumakustischen Maßnahmen wurde im Foyer des Schulgebäudes realisiert (siehe Abb. 5). Ähnliche Ausführungen von Decken haben sich auch bei bauteilaktivierten Decken in Bürogebäuden bewährt (2).



Abb. 5 Baffeldecke mit vertikal angeordneten Schallabsorbern – Ausführung im Foyer

4. Literatur

- (1) SCHNELLE, F. *Schalldämmung von Überströmelementen*. Fortschritte der Akustik, DAGA-Tagungsband, Aachen 2003
- (2) ZANDER, J. *Raumakustik – Ausgeführte Beispiele für Büro- und Besprechungsräume*. IBK-Baufachtagung 286, 2. Weimarer Bauphysiktag, Weimar 2002

Akustika staveb a prostorová akustika školy – pasivního domu

překlad

1. Školy s konstrukcí pasivního domu

Hlavní důraz v oblasti stavebně-fyzikálního projektování školních budov s konstrukcí pasivního domu je běžně kladen na tepelnou stavební fyziku a techniku zařízení. Ve školách je třeba zároveň dbát na odpovídající požadavky v oblasti akustiky staveb a prostorové akustiky.

Projektování s ohledem na akustiku staveb a prostoru a realizace školy se zvláštnostmi konstrukce pasivního domu bude ilustrováno na příkladu základní školy s jeslemi ve Frankfurtu-Riedberg. Stavba byla předána uživateli v listopadu 2004.

Účastníci projektu

- Stavebník: Městský školský úřad Frankfurt
- Řízení projektu: Nejvyšší stavební úřad města Frankfurt
- Architekt: projektová kancelář 4a Stuttgart
- Energetické zajištění jakosti, energetická koncepce: institut pasivních domů, Transsolar
- Technika vybavení budovy: ICRZ Neuenhagen
- Akustika staveb a prostoru: Kurz u. Fischer Winnenden / Halle

2. Akustické požadavky

2.1. Akustika staveb

Odpovídající požadavky kladené na akustickou ochranu ve školních budovách s ohledem na vzduchovou izolaci a kročejovou neprůzvučnost v budově, akustickou ochranu před vnějším hlukem a zvuky vydávané zařízeními technického vybavení jsou v Německu uvedeny v normě DIN 4109: 1989-11 „Akustická ochrana v pozemních stavbách – požadavky a osvědčení“. Příslušné závazné požadavky v oblasti stavebního práva podle normy DIN 4109 platí přirozeně i pro novostavby budov ve standardu pasivního domu.

Ve školních budovách jsou s ohledem na pevné časy vyučování a přestávek (během výuky se žáci nezdržují na chodbách) prakticky relevantní především požadavky na zvukovou izolaci mezi jednotlivými třídami. V případě pružných časů výuky v rámci celodenního provozu školy (během výuky se žáci částečně zdržují na chodbách) roste význam akustické izolace dělicích stěn s dveřmi na chodbě. Na kročejovou neprůzvučnost podlah je třeba dbát především v "mimořádně hlasitých prostorách", jako např. hudebních prostorách či dílnách. Případným závadám se lze nejúčinněji vyhnout vhodným projektováním půdorysů s ohledem na akustiku staveb tak, že se minimalizuje umístování „mimořádně hlasitých“ prostor vedle běžných výukových prostor, popř. nad nimi.

Komponent	Požadavky	
	Akustická izolace	Kročejová neprůzvučnost
Stropy mezi třídami	pož. $R'_w = 55$ dB	pož. $L'_{n,w} = 53$ dB
Stropy mezi třídami a "mimořádně hlasitými" prostory (hudební prostory, dílny)	pož. $R'_w = 55$ dB	pož. $L'_{n,w} = 46$ dB
Stěny mezi třídami	pož. $R'_w = 47$ dB	
Stěny mezi třídami a chodbami	pož. $R'_w = 47$ dB	
Dveře mezi třídami a chodbami	pož. $R_w = 32$ dB	

Tabulka 1: Požadavky kladené na akustickou izolaci a kročejovou neprůzvučnost ve školách (výťah z tabulky 3 v normě DIN 4109)

Požadavky podle normy DIN 4109 se vztahují na výslednou akustickou izolaci mezi jednotlivými prostory stavby. Zde je třeba zohlednit přímý přenos zvuku přes dělicí komponent, podélný přenos zvuku přes boční díly a konečně přenos zvuku vedlejšími cestami (např. větracími kanály). U dveří se tyto požadavky týkají samotného přenosu zvuku přes dílec.

U zvuků vydávaných zařízeními technického vybavení budovy umístěnými v třídách činí maximálně přípustná požadovaná hladina akustického tlaku ≤ 35 dB(A). V případě větracích jednotek jsou však podle normy DIN 4109 přípustné hodnoty vyšší o 5 dB(A), nebude-li docházet ke vzniku nápadných jednotlivých tónů. V důsledku s tím souvisejícího zvýšení stálých rušivých hluků ve výukových prostorách by se však toto snížení požadavků nemělo ve školách aplikovat.

2.2. Prostorová akustika

Cílem opatření v oblasti prostorové akustiky ve výukových prostorách je dosažení dostatečného porozumění při mluvení. Zásadním kritériem při posuzování akustických poměrů v prostorách je doba dozvuku T . V aktuální normě DIN 18041: 2004-05 „Slyšitelnost v malých až středně velkých prostorách“ jsou uvedeny požadované hodnoty dob dozvuku $T_{pož.}$ při středních frekvencích v závislosti na druhu užívání (výuka, mluvení, hudba, sport) a objemu prostoru V . Kromě toho jsou v normě DIN 18041 uvedeny odpovídající údaje týkající se požadované frekvenční závislosti dob dozvuku.

Na obr. 1 jsou jako příklad vlastních technických pokusů s měřením uvedeny střední doby dozvuku školních tříd různých školních budov v obsazeném stavu ve srovnání s požadavky podle normy DIN 18041. Při provádění odpovídajících prostorově-akustických opatření (standardní provedení ve školních budovách: plnoplošná montáž zavěšených podhledů pohlcujících zvuk) jsou příslušné požadavky podle normy DIN 18041 zpravidla dodržovány. Jestliže se odpovídající opatření ve školních třídách neprovedou, tak to povede k velice nevhodným poměrům prostorové akustiky.

[Grafika]

Obr. 1 Doby dozvuku ve výukových prostorách různých školních budov

3. Projektování a realizace ve škole ve Frankfurtu-Riedberg

3.1. Vlivy větrání na akustiku stavby

Na rozdíl od volného větrání okny v běžných školních budovách se ve školách s konstrukcí pasivního domu používají za účelem minimalizace tepelných ztrát zásadně větrací jednotky.

[Grafika]

Obr. 2 Koncepce větrání školních tříd na základní škole ve Frankfurtu-Riedberg

Dodatečné přenosy zvuku vedlejšími cestami mezi místnostmi probíhají ve větracích vedeních s výstupy přiváděného vzduchu, popř. přepouštěcími otvory v dělicích stěnách. Tyto přenosy je třeba brát v úvahu při projektování akustiky staveb vedle přenosu zvuku přes dělicí komponent a boční komponenty (viz obr. 3).

[Grafika]

Obr. 3 Princip cest přenosu zvuku mezi prostory s větracími vedeními s výstupy a přepouštěcími otvory

Větrací vedení přívodu vzduchu ve školních třídách jsou vestavěna v zavěšené stropní nástavbě se štěrbinovými výpustěmi (viz obr. 4). Za účelem minimalizace vyzařování hluku způsobeného větrací jednotkou a přenosu zvuku vedlejšími cestami přes větrací vedení s výstupy (efekt telefonie) jsou před štěrbinovými výstupy instalovány odpovídající tlumiče hluku. Frekvenčně závislé dimenzování požadovaného vloženého tlumení D_e tlumičů hluku bylo provedeno v rámci projektování na základě početního postupu podle VDI 2081: 2001-07 „Vznik hluků a jejich minimalizace ve vzduchotechnických zařízeních“. U přepouštěcích otvorů odváděného vzduchu umístěných ve stěnách mezi výukovými a skupinovými prostory, popř. v dělicích stěnách na chodbách, je třeba rovněž realizovat tlumiče hluku. Dimenzování kulisových tlumičů hluku probíhalo podle (1).

Za účelem kompenzace přenosu zvuku vedlejšími cestami přes větrací vedení, popř. přepouštěcí prvky je dále nutné zlepšení akustické izolace dělicích komponentů a podélné akustické izolace bočních komponentů. Masivní dělicí stěny mezi třídami a skupinovými, popř. přípravnými prostory jsou tvořeny železobetonem o tloušťce 250 mm. Dělicí stěny na chodbách jsou kovové stojací stěny se sádkokartonovým opláštěním. U fasády prvků s dřevěnou stojatou konstrukcí je obložení na straně prostoru, které je akusticky účinné jako ochranný kryt, přerušeno v oblasti prostorových dělicích stěn za účelem zlepšení podélné akustické izolace.

Úspěšnost projektování a realizace v oblasti akustiky staveb bylo možno potvrdit provedením odpovídajících akustických měření v rámci kolaudace. Mezi jednotlivými výukovými prostory a mezi výukovými a skupinovými prostory byly zjištěny hodnocené hodnoty akustické izolace stavby ve výši $R'_w = 47$ dB. Příslušné požadavky podle normy DIN 4109 byly tímto splněny.

3.2. Opatření v oblasti prostorové akustiky v jednotlivých prostorách

Z důvodu letní tepelné ochrany by měla být účinná schopnost akumulace masivních ploch obklopujících prostory snížena formou odpovídajících akustických obložení podle možností pouze v malém rozsahu. Konstrukce s masivními vnitřními stěnami zde skýtá četné výhody oproti lehkému vnitřnímu vybavení. Jestliže se při provádění akustických opatření v prostorách omezíme na určité plošné části na stropě, pak bude třeba instalovat na stěnách dodatečné absorpční prvky. Rozdělení akusticky absorpčních ploch na stropě a stěnách skýtá ve srovnání s plnoplošně absorbujícími stropy četné výhody v oblasti prostorové akustiky, protože u tohoto řešení probíhá rovnoměrnější prostorové tlumení ve vodorovné a svislé úrovni.

Spodní strana stropní nástavby pro větrací vedení je tvořena sádrokartonovými děrovanými deskami s absorpční vrstvou. Na zadních stěnách školních tříd byly instalovány odpovídající absorpční prvky skládající se z měkkých dřevovláknitých desek s látkovým potahem umístěných na spodní konstrukci. Stěnové absorbéry mohou žáci zároveň používat jako nástěnky (viz obr. 4).

[Fotografie]

Obr. 4 Třída základní školy

(1) Stropní nástavba pro větrací vedení se štěrbínovými výstupy

(2) Opatření prostorové akustiky u stropní nástavby - sádrokartonové děrované desky

(3) Opatření prostorové akustiky na zadní stěně - prvek absorbéru jako nástěnka.

Z provedených měření v oblasti prostorové akustiky s ohledem na doby dozvuku ve výukových prostorách vyplynulo, že v obsazeném stavu a při vyrovnaném frekvenčně závislém průběhu jsou střední doby dozvuku na horní hranici požadovaných hodnot podle normy DIN 18041. Z hlediska prostorové akustiky by bylo žádoucí zvětšení plochy akusticky absorpčních stěnových a stropních obkladů. Zvolené provedení představuje určitý kompromis mezi požadavky kladenými na prostorovou akustiku a požadavky tepelné stavební fyziky (zachování schopnosti akumulace masivních komponentů).

Další možnost provedení příslušných opatření v oblasti prostorové akustiky, při kterých dochází pouze k mírnému snížení schopnosti akumulace masivního stropu, spočívá ve vestavbě stropů s vnitřní výztuží a svisle uspořádanými akusticky absorpčními prvky. Tato varianta prostorově akustických opatření byla realizována ve foyeru školní budovy (viz obr. 5). Podobná provedení stropů se již osvědčila též u aktivovaných stropů v kancelářských budovách (2).

[Fotografie]

Obr. 5 Strop s vnitřní výztuží se svisle uspořádanými absorbéry zvuku – provedení ve foyeru

4. Literatura

- (1) SCHNELLE, F. *Schalldämmung von Überströmelementen*. Fortschritte der Akustik, DAGA-Tagungsband, Aachen 2003
- (2) ZANDER, J. *Raumakustik – Ausgeführte Beispiele für Büro- und Besprechungsräume*. Odborná konf. IBK 286, 2. Výmarské dny stavební fyziky, Weimar 2002

Die Wärmedämmung von Innen

Berthold Kaufmann, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, D 64283 Darmstadt
Tel: +49(0)6151-826 99 0, e-mail: berthold.kaufmann@passiv.de

1. Einleitung, Zusammenfassung

Ein hochwertiger Wärmeschutz ist gerade auch für Gebäude im Bestand wichtig. Für Gebäude mit markanten und hochwertigen Fassaden, wie z.B. Sichtmauerwerk aus Ziegel oder Klinker kommt in der Regel die Überdeckung mit einem außen angebrachten Wärmedämmverbundsystem nicht in Frage. Hier ist die Innendämmung die Methode der Wahl. Mit vertretbarem Aufwand (bis zu 8 cm Dämmstärke) können so U-Werte von $U_{\text{Wand}} \approx 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erreicht werden.



Abbildung 1: 'Meisterhaus', Bj. 1892. Ehemalige Werksiedlung der BASF in Ludwigshafen. Vormauerziegel 12 cm als sichtbare Außenschale, Hintermauerziegel 24 cm. Laibung Sturz und Fensterbank aus profiliertem, rot durchgefärbtem Beton.

Es macht auch aus energetischer Sicht keinen Sinn, die Innendämmung wesentlich stärker auszuführen, weil Wärmebrückeneffekte der die Dämmschicht durchdringenden Wänden und Decken die Dämmwirkung insgesamt begrenzen. Wichtig ist jedoch, die Oberflächentemperaturen an den neuen Innenoberflächen, z. B. an der raumseitigen Gipskartonplatte im Bereich solcher Durchdringungen, bei der Planung sorgfältig zu analysieren, um späteren Schimmelbefall auszuschließen. In diesem Beitrag wird die Wärmebrückenwirkung verschiedener Anschlussdetails für die Innendämmung untersucht und vor allem auf das Kriterium 'ausreichende Innenoberflächentemperatur' hin optimiert. Auch auf die unbedingt notwendige luftdichte Ebe-

ne, die raumseitig, d.h. auf der warmen Seite der Dämmschicht, angeordnet werden muss, wird in den Details eingegangen.

2. Anschlussdetails für die Innendämmung

Am Beispiel eines realisierten Projektes lässt sich exemplarisch das Vorgehen bei einer Innendämm-Maßnahme erläutern [6]. Das Gebäude in Abbildung 1 ist Teil einer ehemaligen Werksiedlung der BASF in Ludwigshafen, Deutschland. Die Gebäude wurden um 1900 gebaut und haben alle ein unverputztes Ziegelsichtmauerwerk, das die gesamte Siedlung entscheidend prägt. Laibung, Sturz und Fensterbank der Fensteröffnungen sind aus profiliertem, rot durchgefärbtem Beton gefertigt. Auch dies trägt zu einem charakteristischen Aussehen der Gebäude bei. Die Erhaltung dieses Ensembles und der charakteristischen Details ist eine unmittelbar einsichtige Randbedingung bei der Modernisierung dieser Gebäude.

3. Planungsgrundsätze für Innendämmung: Vorsicht!

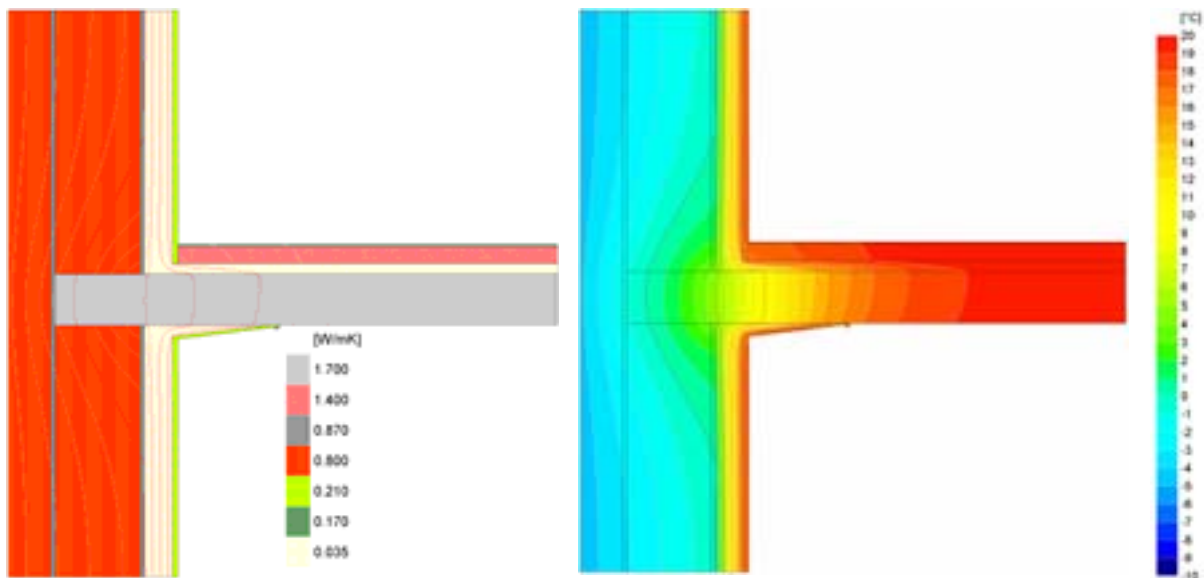


Abbildung 2: Anschluss Zwischendecke an Außenwand. Konstruktive Wärmebrücke, Zwischendecke durchdringt die Dämmung, Dämmkeil zur WB-Reduktion und zur Anhebung der Oberflächentemperaturen. Minimale Oberflächentemperatur an der Innenverkleidung: $\theta_{\min} = 13,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Eine Innendämmung muss sorgfältig geplant werden. Der selbstverständliche Planungsgrundsatz bei der außenseitigen Dämmung, eine **lückenlose** Dämmschicht rund um das ganze Gebäude, ohne Dämm-lücken und möglichst ohne Durchdringungen, lässt sich bei der Innendämmung per se nicht verwirklichen. Um so wichtiger ist es, Durchdringungen sorgfältig zu planen und dabei ihre Wärmebrückenwirkung weitgehend zu entschärfen. Im Folgenden wird ein einschaliger Wandaufbau aus 300 mm Ziegel mit Innen- und Außenputz angenommen. Die Innendämmung ist 80 mm stark und mit einer Gipskartonplatte verkleidet, Polystyrol $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$, $U_{\text{Wand}} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Kellerdecke mit 100 mm Dämmung $U_{\text{KD}} = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Die Außenwandkante und der Anschluss der Kellerdecke mit der darüber liegenden Dämmung, stellen 'geometrische' Wärmebrücken dar, d.h. hier wird die Dämmschicht nicht unterbrochen [1].

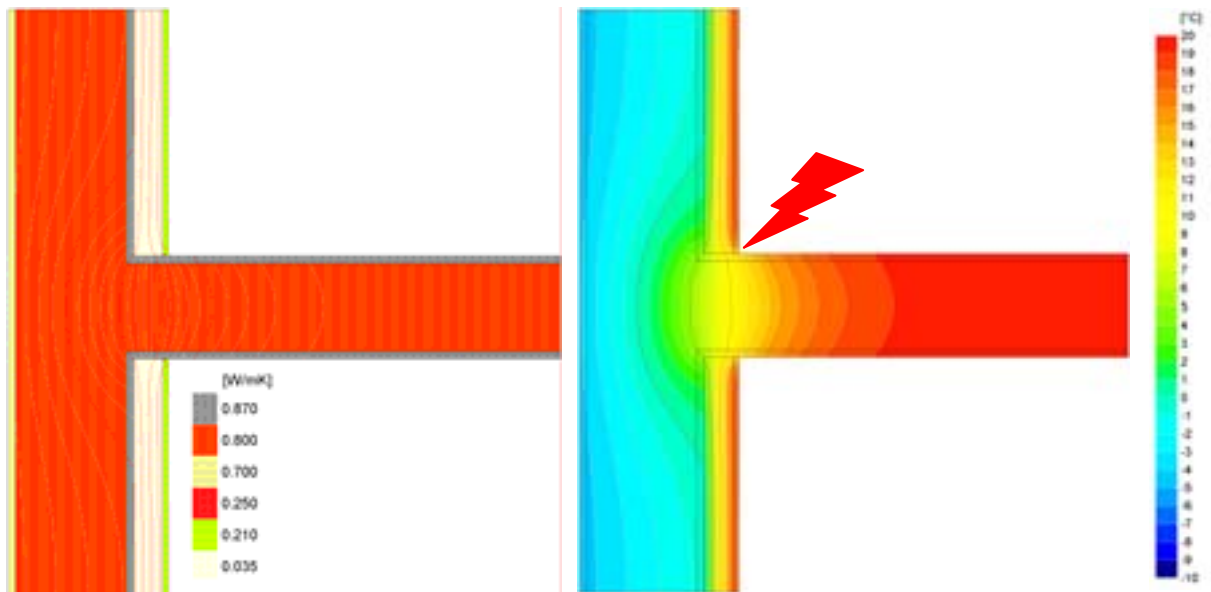


Abbildung 3: SO NICHT: Anschluss Innenwand an Außenwand ohne besondere Maßnahme. Die Oberflächentemperaturen am Anschluss sind deshalb kritisch: $\theta_{\min} = 12,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Psi_a = 0,355 \text{ W/(mK)}$

Die Zwischendecken und Innenwände durchdringen jedoch die Dämmschicht. Hier ist unbedingt ein Dämmkeil erforderlich, der die Wärmebrückenwirkung der durchstoßenden Wand bzw. Decke entschärft und dadurch die Temperaturen an den raumseitigen Oberflächen anhebt, siehe Abbildung 2. Bei der Zwischendecke übernimmt die Trittschalldämmung auf der Oberseite dieselbe Funktion wie der Keil auf der unteren Seite. Ohne Dämmkeil wären die Temperaturen kritisch, d.h. die Gefahr für Schimmelbefall ist hoch, siehe auch [3].

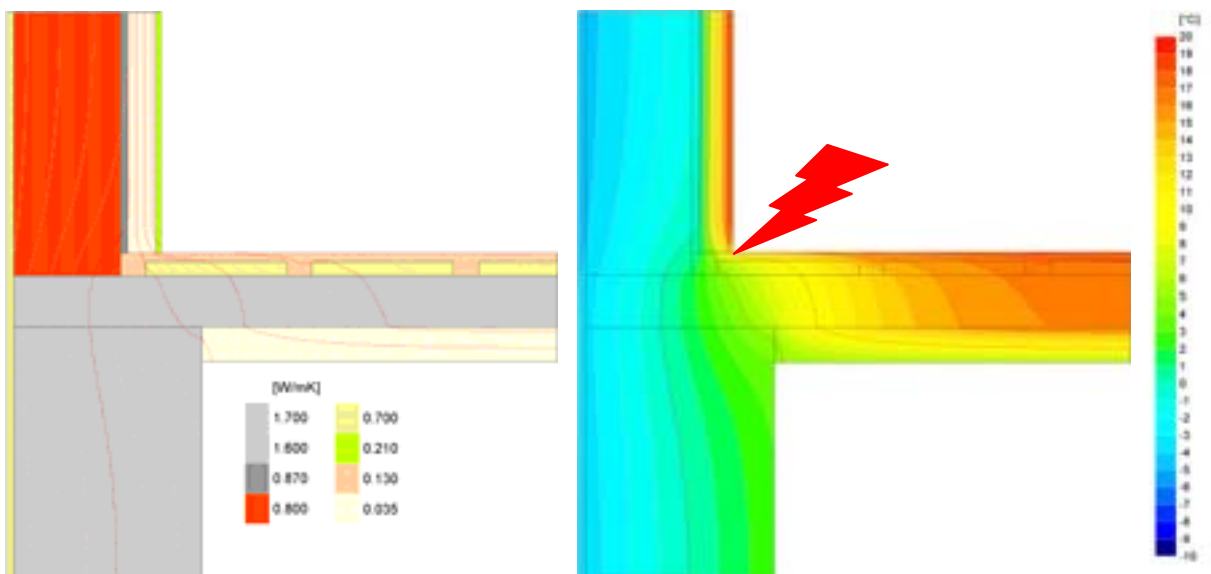


Abbildung 4: SO NICHT: Anschluss Außenwand an Kellerdecke. Alter Dielenbodenaufbau wurde belassen und Innendämmung darauf aufgesetzt, Holzdielen ragen in den kalten Bereich der Außenwand. Minimale Temperatur im Fußbodenaufbau: $\theta_{\min} = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Luftdichtheit ist an dieser Stelle nicht gewährleistet. Eindringende Feuchte führt zu Fäulnis.

In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind zwei Details dargestellt, die zu Oberflächentemperaturen von weniger als 13 °C an den kritischen Stellen in Ecken und Kanten der Außenbauteile führen können. In Abbildung 3 fehlen der Dämmkeil, d.h. die Innendämmung endet einfach an der Innenwand. In Abbildung 4 wurde ebenfalls der alte Holzdielenfußboden belassen. Die Temperaturen im Holz an der Wand sinken ab bis auf nahe 0 °C, d.h. Feuchtigkeit, die unweigerlich vom Holz aufgenommen wird, führt dort zu Fäulnis, welche das Holz binnen kurzer Zeit verrotten lässt. An diesem Detail wird verständlich, warum die Innendämmung in Verruf kommen konnte: Bauschäden sind hier vorprogrammiert.

4. Optimierte Anschlussdetails

Der bei der Innendämmung notwendige Dämmkeil führt zu schrägen Oberflächen, die, wie weiter oben schon erwähnt, von seiten der Architektur nicht immer akzeptiert werden. Aus diesem Grund wurde in [6] untersucht, wie diese Dämmkeile konstruiert werden können, so dass sie ihre Funktion erfüllen, ohne dass sie bei der Gestaltung der Innenräume zu stark auffallen oder das Stellen von Möbeln behindern. Zwei Ansätze sind zur Optimierung der Anschlussdetails möglich:

- Minimierung auf das notwendige Maß, siehe [6].
- Ausdrückliche Betonung als gestalterisches Element, wie z.B. Stuck

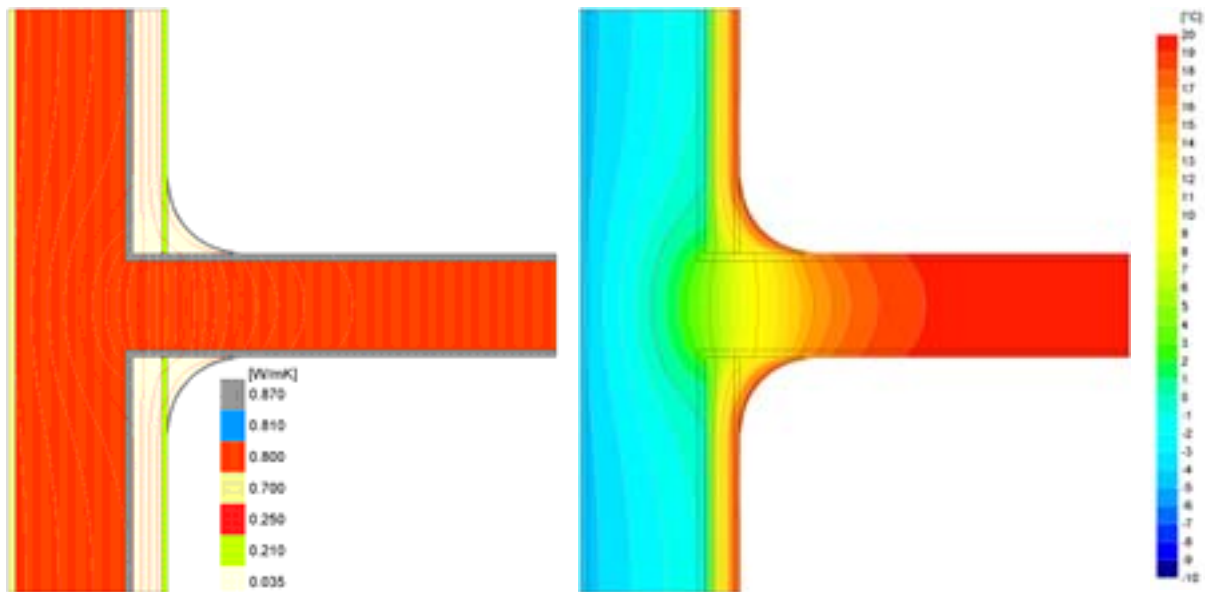


Abbildung 5: Anschluss Innenwand an Außenwand, rundes Formteil 200 mm.

Minimale Oberflächentemperatur an der Innenverkleidung: $\theta_{\min} = 15,4 \text{ °C}$, $\Psi_a = 0,27 \text{ W/(mK)}$.

Wird statt eines ebenen schrägen Keils wie in Abbildung 2 ein rundes Formteil verwendet, so ergibt sich ein Aufbau wie in Abbildung 5, der einem Stuck-Element ähnelt. In Abbildung 5 hat das Formteil eine Schenkellänge von 200 mm, die Oberflächentemperatur liegt mit 15,4 °C deutlich über 13 °C. Auch hier wird die luftdichte und dampfbremsende Folie unter der Gipskarton-Platte (GK) verlegt und unter dem Formteil an der Innenwand verklebt.

Auch dieses runde Formteil lässt sich in seiner Ausdehnung minimieren. Mit einer Schenkellänge von etwa 50 mm sind die Oberflächentemperaturen immer noch bei 13,5 °C. Wird statt eines Formteils lediglich Dämmputz ($\lambda = 0,1 \text{ W/(mK)}$) in derselben Ausdehnung in der Kante verarbeitet, so ergibt sich immer noch eine Oberflächentemperatur von 14,7 °C. Die entsprechenden Illustrationen finden sich in [6].

Bei allen diesen Lösungen wird die luftdichte und dampfbremssende Folie unter der GK-Platte angeordnet und unter dem Formteil an der Wand verklebt, vgl. Abbildung 7. Auch die feuchtetechnische Funktionsfähigkeit des Details wurde geprüft.

5. Fenster und Innendämmung

Gerade bei der Innendämmung müssen die Dämmebenen von Wand und Fenster konsequent aneinander angeschlossen werden. Abbildung 6 zeigt ein gedämmtes Kunststoff-Profil, das an derselben Stelle im Mauerwerk platziert wurde, wo vorher das alte Fenster war, vgl. Abbildung 1. Das heißt, nach außen wird das Profil in Laibung und Sturz gegen den alten Anschlag gesetzt. Auf der Fensterbank sitzt es oben auf wie vorher auch, um die Wasserführung zu gewährleisten.

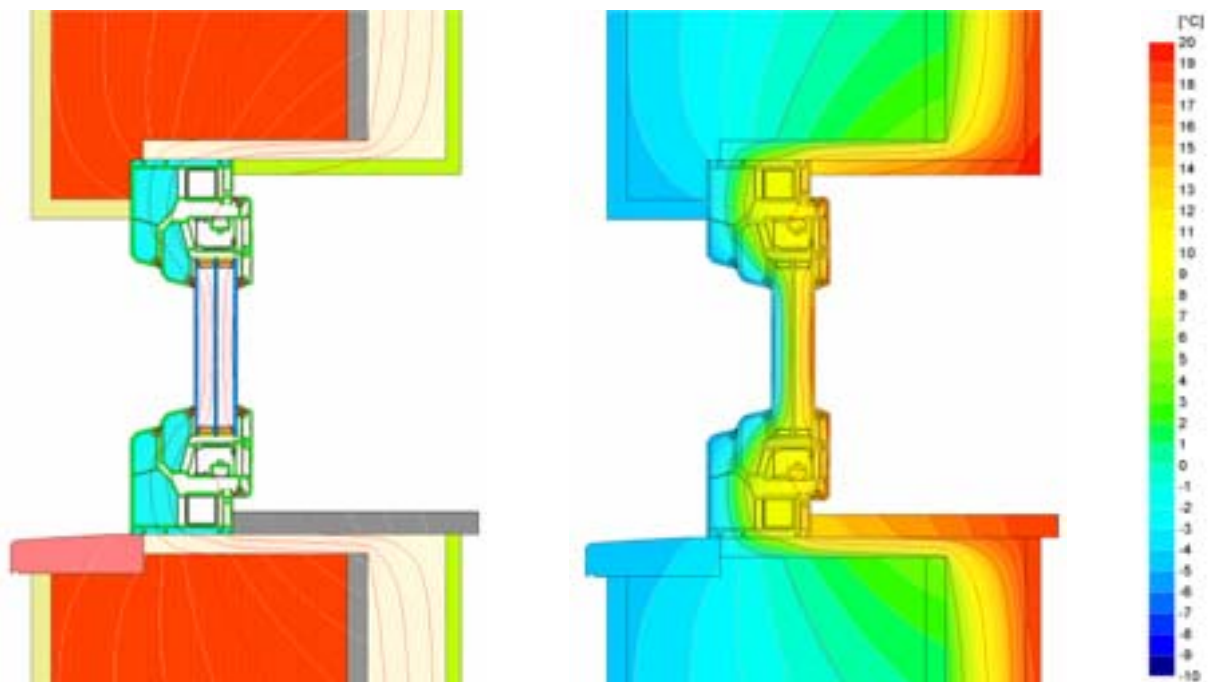


Abbildung 6: Fensteranschluss mit dünner Laibungsdämmung (20 mm), die an die Dämmebene des Fensters angeschlossen ist. $\Psi_{\text{Einbau}} = 0,132 \text{ W/(mK)}$, $U_{\text{w,eingebaut}} = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Minimale Oberflächentemperaturen oben: $\theta_{\text{min}} = 12,9 \text{ °C}$, unten: $\theta_{\text{min}} = 12,8 \text{ °C}$.

Rund um die Fensterlaibung wurde jedoch nach innen eine entscheidende Änderung vorgenommen: In Laibung, Sturz und an der Fensterbank wurde der Putz in einer Stärke von (mindestens) 20 mm abgeklopft, damit dort anschließend eine Dämmschicht von 20 mm Platz findet. Diese Dämmschicht muss so weit unter das Rahmenprofil reichen, dass die Laibungsdämmung ohne Unterbrechung an die Dämmung des Rahmens (im Bild hellblau) reicht. Eine Dämmstärke in der Laibung von 20 mm, führt zu gerade noch akzeptablen Temperaturen, die Wärmebrückenverluste

sind jedoch signifikant höher als wenn 40 mm Laibungsdämmung verwendet wird. Es reicht definitiv nicht aus, die Dämmung schon an der Innenkante des Rahmens enden zu lassen. Die Temperaturen an den Innenoberflächen sinken sonst auf weniger als 10 °C ab und lägen somit deutlich unter dem kritischen Wert, egal ob die Laibungsdämmung 20 oder 40 mm stark ist.

Wie die Verhältnisse im einzelnen sind, sollte in jedem Einzelfall durch eine detaillierte Wärmebrückenberechnung geprüft werden. Nur so können die tatsächlich zu erwartenden Temperaturen an den Innenoberflächen zuverlässig bestimmt werden.

6. Luftdichte Konstruktion für die Innendämmung

Die luftdichte Ebene und die dazu verwendete luftdichte und dampfbremssende Folie muss generell auf der warmen Seite der Innendämmung angeordnet werden. Das heißt, diese Folie wird generell unter der Gipswerkstoff- oder Holzwerkstoffplatte, welche die Innenbeplankung bildet, angeordnet. Bei doppelter Beplankung mit Gipskarton wird sie zwischen den beiden GK-Platten angeordnet. Diese warmseitige Anordnung ergibt sich zwingend aus den bauphysikalischen Randbedingungen. Es muss unter allen Umständen vermieden werden, dass warme und feuchte Raumluft hinter die gedämmte Konstruktion dringen kann. Luftströmungen durch Undichtheiten (Schlitze oder Löcher) der Folie wirken sich dabei besonders gravierend aus, weil durch diese sehr viel Feuchtigkeit transportiert werden kann [4], [5]. Dabei muss insbesondere auf Störungen bzw. Durchdringungen durch Elektrokabel und Leerdosen (Hohlwanddosen) für Steckdosen und Lichtschalter geachtet werden. Wichtig ist somit der konsequent luftdichte Anschluss aller Bauteilfugen.

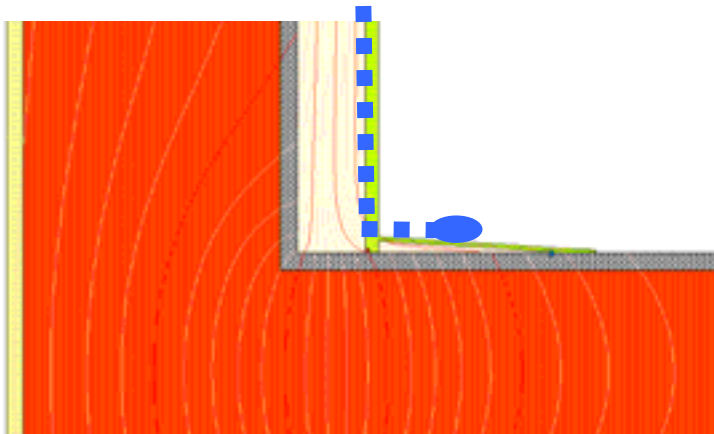


Abbildung 7: Luftdichte Ebene aus einer Folie unter der Gipskartonplatte. Prinzipielle Anordnung der Verklebung der Folie unter dem Dämmkeil auf dem Putz der Innenwand.

Die luftdichte und dampfbremssende Folie wird zum Beispiel vor der Montage des jeweiligen Formteils (Dämmkeil, etc.) an der Wand verklebt, vgl. Abbildung 7. Die hygrische Simulation ergab, dass die feuchtetechnische Funktionsfähigkeit der Details auch mit dieser Anordnung der Folie gegeben ist. Das heißt, die Folie muss an dieser Stelle nicht über den Dämmkeil oder die anderen genannten Formteile geführt werden, was einen erheblichen baupraktischen Aufwand bedeuten würde [6].

Die feuchtetechnischen Untersuchungen haben gezeigt, dass es nicht notwendig ist, die Folie länger einbindend unter der Flanke entlang zu führen, wie es in Abbildung 7 dargestellt ist. Aus Sicht des Feuchtetransports reicht der s_d -Wert des Dämmkeils

aus. Die gezeigte Anordnung ist außerdem aus baupraktischer Sicht vorteilhaft, weil die Verklebung nach dem Anbringen der Flächendämmung hergestellt werden kann.

Bei der Verbindung der luftdichten Flächen an Kanten oder Plattenstößen ist es besonders wichtig, dass ggf. die Bauteilbewegungen ausreichend aufgenommen werden können, damit die Verbindungen nicht reißen. Die Folienverbindungen müssen z. B. mit Dehnungsschlaufen eingebaut werden.

7. Fazit: Es gibt keine allgemein gültige Lösungen im Altbau

Im Altbau muss immer damit gerechnet werden, dass man auf nicht oder nicht mehr geeignete Details oder Materialien stößt. Dies gilt ganz besonders für den Anschluss von Folien auf vorhandenem Innenputz durch Verklebung. Es ist deshalb in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die alten Materialien noch als Untergrund taugen oder erneuert werden müssen. Generell gilt jedoch hier wie beim Neubau: der Untergrund für Verklebungen muss vorbehandelt werden (Primer, Haftgrund) damit eine dauerhafte Verbindung entsteht.

8. Literatur

- [1] Feist, W. (Hrsg.): **Wärmebrückenfreies Konstruieren**, Passivhaus Institut, Darmstadt, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 16, 2. Auflage 2001.
- [2] Künzel, H.M.: **Problemlösungen für schwierige bauphysikalische Sanierungen: Variable Dampfbremse – Fallbeispiele**, Reader zur 10. EUZ Baufachtagung 'Energetische Gebäudemodernisierung' 2001, Energie- und Umweltzentrum am Deister e.V. Springe-Eldagsen, 1. Auflage 2001.
- [3] Feist, W. (Hrsg.): **Passivhauskomponenten bei der Altbauomodernisierung**, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 24, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1. Auflage 2003.
- [4] Kaufmann, B., Feist, W., Pfluger, R., John, M., Nagel, M.: **Passivhäuser erfolgreich planen und bauen**, Ein Leitfaden zur Qualitätssicherung, erstellt im Auftrag des Instituts für Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen (ILS) in NRW, Aachen, 2004.
- [5] Peper, S., Feist, W., Sariri, V.: **Luftdichte Projektierung von Passivhäusern**, Eine Planungshilfe, CEPHEUS Projektinformation Nr. 7, Fachinformation PHI-1999/6, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999.
- [6] Feist, W. (Hrsg.): **Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten**, Passivhaus Institut, Darmstadt, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 32, 1. Auflage 2006.

Vnitřní tepelná izolace

překlad

1. Úvod, shrnutí

Kvalitní tepelná ochrana je důležitá rovněž pro stávající stavby. U budov s výraznými a kvalitními fasádami, jako např. režné zdivo z cihel nebo slínku, zpravidla nelze počítat se zakrytím za použití vně umístěného tepelně-izolačního spojovacího systému. Zde je metodou volby vnitřní izolace. Při přijatelných nákladech (tloušťka izolace až 8 cm) tak lze dosáhnout hodnot U u $U_{\text{Stěna}} \approx 0,35 \text{ W / (m}^2\text{K)}$.

[Fotografie]

Obr. 1: 'Mistrovský dům', rok stavby 1892. Bývalé sídlo firmy BASF v Ludwigshafenu.

Obkládací cihla 12 cm jako viditelný vnější plášť, přízdívací cihla 24 cm. Ostění, překlad a parapet z profilovaného, červeně probarveného betonu.

Z energetického hlediska nemá žádný smysl provádět vnitřní izolaci znatelně silnější, protože efekty tepelných mostů stěn a stropů pronikajících izolační vrstvou účinek izolace celkově omezují. Při projektování je však důležité pečlivě analyzovat povrchové teploty na nových vnitřních plochách, např. na vnitřních sádkartonových deskách, v oblasti takových průchodů, aby se zabránilo pozdějšímu vzniku plísní. V tomto příspěvku se budeme zabývat účinkem tepelných mostů u různých detailů připojení vnitřní izolace a optimalizací především s ohledem na kritérium "dostatečné teploty vnitřních povrchů". Rovněž podrobně analyzujeme odpovídající bezpodmínečně nutnou vzduchotěsnou úroveň, která musí vzniknout uvnitř, t.j. na teplé straně izolační vrstvy.

2. Detaily připojení vnitřní izolace

Na příkladu jednoho realizovaného projektu lze demonstrovat odpovídající postup při provádění opatření souvisejících s vnitřní izolací [6]. Budova uvedená na obrázku 1 je součástí bývalého sídla firmy BASF v Ludwigshafenu, Německo. Budovy byly postaveny kolem roku 1900 a všechny byly opatřeny neomítnutým cihlovým režným zdivem, které výrazně charakterizuje celou oblast. Ostění, překlady a parapety u okenních otvorů jsou vyrobeny z profilovaného a červeně probarveného betonu. I toto přispívá k charakteristickému vzhledu budov. Zachování tohoto celku a oněch charakteristických detailů je logickou okrajovou podmínkou při modernizaci těchto budov.

3. Zásady při projektování vnitřní izolace: pozor!

[Grafika]

Obr. 2: Připojení mezistropu k vnější stěně. Konstrukční tepelný most, mezistrop proniká izolací, izolační klín pro snížení tepelných mostů a zvýšení povrchových teplot. Minimální povrchová teplota na vnitřním obložení: $\theta_{\text{min}} = 13,5 \text{ °C}$.

Vnitřní izolaci je třeba pečlivě naplánovat. Přirozenou projekční zásadu platnou pro vnější izolaci, a sice izolační vrstvu **bez mezer** okolo celé budovy, bez mezer v izolaci a pokud možno bez průchodů, nelze v případě vnitřní izolace realizovat jen tak. O to důležitější je pečlivé projektování odpovídajících průchodů, aby se působení jejich tepelných mostů snížilo na minimum. Následně předpokládáme jednovrstvé provedení stěny z cihel 300 mm včetně vnitřní a vnější omítky. Vnitřní izolace má tloušťku 80 mm a je obložena sádkartonovou deskou, polystyren $\lambda = 0,035 \text{ W / (mK)}$, $U_{\text{Stěna}} = 0,35 \text{ W / (m}^2\text{K)}$. Strop sklepa je opatřen izolací o tloušťce 100 mm, $U_{\text{KD}} = 0,30 \text{ W / (m}^2\text{K)}$.

Vnější hrana stěny a připojení stropu sklepa k izolaci umístěné nahoře představují "geometrické" tepelné mosty, t.j. zde není izolační vrstva přerušena [1].

[Grafika]

Obr. 3: TAKTO NE: připojení vnitřní stěny ke stěně vnější bez provedení zvláštních opatření. Povrchové teploty na přípoji jsou proto kritické: $\theta_{\min} = 12,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Psi_a = 0,355 \text{ W/(mK)}$

Mezistropy a vnitřní stěny však pronikají izolační vrstvou. Zde je bezpodmínečně nutno použít odpovídající izolační klín, který bude snižovat účinek tepelných mostů u pronikající stěny, popř. pronikajícího stropu, čímž se zvýší teploty na vnitřních plochách, viz obr. 2. U mezistropu přebírá funkci klínu na spodní straně odpovídající kročejová izolace na straně horní. Bez použití izolačního klínu by byly teploty kritické, t.j. riziko napadení plísními je vysoké, viz též [3].

[Grafika]

Obr. 4: TAKTO NE: připojení vnější stěny ke stropu sklepa. Stará palubová podlaha byla ponechána a položila se na ni vnitřní izolace, dřevěná prkna zasahují do studené oblasti vnější stěny. Minimální teplota v podlahové nástavbě: $\theta_{\min} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Vzduchotěsnost není v tomto místě zaručena. Pronikající vlhkost má za následek hnilobu.

Na obr. 3 a obr. 4 jsou uvedeny dva detaily, které mohou způsobit povrchové teploty ve výši méně než $13 \text{ }^\circ\text{C}$ v kritických místech v rozích a hranách u vnějších komponentů. Na obr. 3 chybí izolační klín, t.j. vnitřní izolace končí jednoduše na vnitřní stěně. Na obr. 4 byla rovněž ponechána stará dřevěná palubová podlaha. Teploty v dřevě u stěny klesají až takřka na $0 \text{ }^\circ\text{C}$, t.j. vlhkost, která je nemilosrdně nasávána dřevem, způsobuje hnilobu, která dřevo v krátké době zničí. Na tomto detailu pochopíme, proč vnitřní izolace mohla mít špatnou pověst: poškození stavby je zde předprogramováno.

4. Optimalizované detaily připojení

Izolační klín nutný pro vnitřní izolaci způsobuje šikmé povrchy, které, jak již bylo zmíněno, nejsou z hlediska architektonické stránky vždy akceptovány. Z tohoto důvodu se v [6] zkoumalo, jak by tyto izolační klíny mohly být konstruovány, aby mohly plnit svou funkci, aniž by však byly při realizaci vnitřních prostor příliš nápadné, popř. aniž by bránily umisťování nábytku. Při optimalizaci detailů připojení jsou možné dva body:

- Minimalizace na nutnou míru, viz [6].
- Výslovné zdůraznění jako koncepční prvek, jako např. štukatura

[Grafika]

Obr. 5: Připojení vnitřní stěny ke stěně vnější, kulatá tvarovka 200 mm.

Minimální povrchová teplota na vnitřním obložení: $\theta_{\min} = 15,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Psi_a = 0,27 \text{ W / (mK)}$.

Použijeme-li místo rovného šikmého klínu podle obr. 2 kulatou tvarovku, pak získáme nástavbu podle obr. 5, která se podobá štukovému prvku. Na obr. 5 má tvarovka délku ramene 200 mm a povrchová teplota ve výši $15,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ znatelně přesahuje $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$. I zde se použije vzduchotěsná a parotěsná fólie, která se položí pod sádrokartonovou desku (GK) a slepí s vnitřní stěnou pod tvarovkou.

I tuto kulatou tvarovku lze s ohledem na její dilataci minimalizovat. Při délce ramene zhruba 50 mm jsou povrchové teploty stále ještě na úrovni $13,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Použije-li se v hraně místo tvarovky pouze izolační omítka ($\lambda = 0,1 \text{ W/(mK)}$) se stejnou dilatací, pak budeme mít stále k dispozici povrchovou teplotu ve výši $14,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Odpovídající ilustrace jsou uvedeny v [6].

U všech těchto řešení se použije vzduchotěsná a parotěsná fólie, která se umístí pod sádrokartonovou desku a slepí pod tvarovkou se stěnou, srov. obr. 7. Technická funkčnost detailu z hlediska vlhkosti byla rovněž ověřena.

5. Okna a vnitřní izolace

Právě u vnitřní izolace musí být úrovně izolace stěny a okna důsledně vzájemně spojeny. Na obr. 6 je zobrazen izolovaný plastový profil, který byl umístěn na stejném místě ve zdivu, kde se předtím nacházelo staré okno, srov. obr. 1. To znamená, že směrem ven se profil umístí v ostění a překladu proti starému ozubu. Na parapetu je umístěn stejně jako předtím tak, aby umožňoval odvod vody.

[Grafika]

Obr. 6: okenní připojení s tenkou izolací ostění (20 mm), která je připojena k úrovni izolace okna.

$\Psi_{\text{Montáž}} = 0,132 \text{ W / (mK)}$, $U_{w, \text{vestavěno}} = 1,2 \text{ W / (m}^2\text{K)}$.

Minimální povrchové teploty nahoře: $\theta_{\min} = 12,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dole: $\theta_{\min} = 12,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kolem okenního ostění však byla směrem dovnitř provedena jedna rozhodující úprava: v místech ostění, překladu a na okenním parapetu byla oklepána omítka v tloušťce (minimálně) 20 mm, aby tam mohla být následně umístěna izolační vrstva o tloušťce 20 mm. Tato izolační vrstva musí zasahovat pod profil rámu tak daleko, aby izolace ostění dosahovala bez přerušení až k izolaci rámu (na obrázku světle modrou barvou). U tloušťky izolace v ostění o velikosti 20 mm lze sice ještě dosáhnout přijatelných teplot, ztráty způsobené tepelnými mosty jsou však podstatně vyšší, než když se použije izolace ostění o velikosti 40 mm. A dále platí, že nestačí nechat končit izolaci již na vnitřní hraně rámu. Teploty na vnitřních plochách by jinak klesly na méně než $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a byly by tedy viditelně pod úrovní kritické hodnoty, a to bez ohledu na to, zda je tloušťka izolace ostění 20 nebo 40 mm.

Odpovídající poměry by měly být v jednotlivých konkrétních případech prověřeny formou podrobného výpočtu tepelných mostů. Pouze tak je možno spolehlivě určit skutečné očekávané teploty na vnitřních plochách.

6. Vzduchotěsná konstrukce pro vnitřní izolaci

Vzduchotěsná úroveň a příslušná použitá vzducho- a parotěsná fólie musí být v zásadě umístěny na teplé straně vnitřní izolace. To znamená, že se tato fólie obecně umístí pod odpovídající sádkartonovou nebo dřevěnou desku, která tvoří vnitřní obložení. V případě dvojitého obložení sádkartonem se fólie umístí mezi obě sádkartonové desky. Toto uspořádání na teplé straně nutně vyplývá z příslušných konstrukčně-fyzikálních okrajových podmínek. Je třeba se za všech okolností vyvarovat toho, aby teplý a vlhký vzduch v prostoru mohl pronikat za zaizolovanou konstrukci. Proudění vzduchu netěsnými místy (štěrbinami nebo otvory) ve fólii se přitom projevuje obzvláště negativně, protože se tak může přenášet velké množství vlhkosti [4], [5]. Přitom je třeba dbát zejména na poruchy, popř. průniky elektrickými kabely a prázdnými zdírkami (dutými stěnovými krabicemi) určenými pro zásuvky a vypínače. Důležité je tedy důkladné vzduchotěsné uzavření veškerých konstrukčních spár.

[Grafika] Obr. 7: vzduchotěsná úroveň z jedné fólie pod sádkartonovou deskou. Principiální uspořádání slepení fólie pod izolačním klínem na omítce vnitřní stěny.

Vzducho- a parotěsná fólie se například před montáží odpovídající tvarovky (izolačního klínu, atd.) nalepí na stěnu, srov. obr. 7. Z hygrické situace vyplynulo, že technická funkčnost detailu s ohledem na vlhkost je zaručena i při tomto umístění fólie. To znamená, že fólii není v tomto místě třeba vést přes izolační klín nebo jinou uvedenou tvarovku, což by znamenalo nezanedbatelnou stavební náročnost [6].

Z provedených technických výzkumů týkajících se vlhkosti vyplynulo, že již není třeba táhnout fólii podélně spojenou dole podél boku, jak je uvedeno na obr. 7. Z hlediska přenosu vlhkosti postačuje hodnota s_d izolačního klínu. Uvedené uspořádání je mimo jiné výhodné ze stavebně-konstrukčního hlediska, protože slepení je možno provést až po umístění plošné izolace.

Při spojení vzduchotěsných ploch s hranami nebo styky desek je mimořádně důležité dostatečně zachycovat případné pohyby jednotlivých komponentů tak, aby se spoje netrhaly. Fóliové spoje je např. třeba provádět s expanzními smyčkami.

7. Shrnutí: u starých staveb neexistuje žádné obecně platné řešení

U starých staveb je vždy třeba počítat se skutečností, že narazíme na nevhodné, popř. již nevhodné detaily či materiály. To se týká především napojování fólií na stávající vnitřní omítku lepením. V každém konkrétním případě je proto třeba zkontrolovat, zda jsou staré materiály ještě vhodné jako podklad, popř. zda musí být vyměněny. V zásadě zde však platí, stejně jako u novostaveb: podklad pro lepené spoje musí být předem upraven (základový nátěr, primer) tak, aby vznikl trvalý spoj.

8. Literatura

- [1] Feist, W. (vyd.): **Wärmebrückenfreies Konstruieren**, Institut pasivních domů, Darmstadt, pracovní tým pro cenově výhodné pasivní domy, svazek č. 16, 2. vydání 2001.
- [2] Künzel, H.M.: **Problemlösungen für schwierige bauphysikalische Sanierungen: Variable Dampfbremse – Fallbeispiele**, reader k 10. EUZ odborné konferenci na téma "Energetická modernizace budov" 2001, Energie- und Umweltzentrum am Deister e.V. Springe-Eldagsen, 1. vydání 2001.
- [3] Feist, W. (vyd.): **Passivhauskomponenten bei der Altbaumodernisierung**, pracovní tým pro cenově výhodné pasivní domy, svazek č. 24, Institut pasivních domů, Darmstadt, 1. vydání 2003.
- [4] Kaufmann, B., Feist, W., Pfluger, R., John, M., Nagel, M.: **Passivhäuser erfolgreich planen und bauen**, příručka zajištění jakosti, vytvořená v pověření Ústavu pro výzkum vývoje měst a stavebnictví (ILS) v NRW, Aachen, 2004.
- [5] Peper, S., Feist, W., Sariri, V.: **Luftdichte Projektierung von Passivhäusern**, pomůcka pro projektování, projektová informace CEPHEUS č. 7, odborná informace PHI-1999/6, Institut pasivních domů, Darmstadt, 1999.
- [6] Feist, W. (vyd.): **Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten**, Institut pasivních domů, Darmstadt, pracovní tým pro cenově výhodné pasivní domy, svazek č. 32, 1. vydání 2006.

Österreichs erste Sanierung zum Passivhaus

Ing. Günter Lang, LANG consulting

A-1140 Wien, Linzerstrasse 280/6

Tel: 0650 / 900 20 40, Mail: guenter.lang@gmx.at, www.passivehouse.at,
www.igpassivhaus.at

Bauherrn: Ing. Werner und Gabriele Schwarz

Größtes Einsparungspotential durch nachhaltige Sanierung

Vom Altbau zum Passivhaus. Von einem ungemütlichen Bungalow zum behaglichen hellem Einfamilienhaus. Von einer „grauen Maus“ der 60-iger Jahre zu einem kaum wieder erkennbaren modernen Wohndomizil. So kann man die Metamorphose dieses Wohnhauses unter Einsatz innovativen Holzbaues beschreiben.

Die Österreichweit erste Altbausanierung zum Passivhaus ist „Best Practice“- Objekt mit hoher Vorbildwirkung für die rund 700.000 thermisch sehr schlechten Nachkriegswohnbauten (davon 64% Einfamilienhäuser) der 50 - 80-ziger Jahre in Österreich. Dadurch könnten mehr als 5 Millionen Tonnen CO₂ - Einsparung im Gebäudebereich erzielt werden.



1. Projektkurzbeschreibung

Die vorbildhafte Umsetzung des Passivhausstandard und -komfort in der Altbausanierung von Einfamilienhäusern am Beispiel EFH Schwarz in Pettenbach/OÖ stellt Österreichweit eine Premiere dar. Neben der radikalen Reduktion des Energieverbrauchs um 95% und der CO₂-Emissionen für Raumwärme um 100% stand bei diesem Demonstrationsprojekt im Rahmen der Forschungsprogrammlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT die innovative Sanierung mit hohem Vorfertigungsgrad durch vorgehängte Holzwandelemente im Vordergrund.

Im Bodenaufbau konnte mit der Vakuumdämmung trotz begrenzter Aufbauhöhe der hohe Dämmstandard erzielt werden. Die Wärmebrücken des bestehenden aufgehenden Mauerwerks wurden mit Hilfe einer rundum laufenden Schirmdämmung entschärft. So wurde trotz Verdoppelung der Nutzfläche auf 216 m² der Heizwärmebedarf von 27.100 kWh/a Flüssiggas auf lediglich 2.270 kWh/a Strom aus Sonnenenergie reduziert!

Das optimierte Lüftungssystem mit einem hocheffizienten Kompaktgerät sichert permanent Frischluft im ganzen Haus und stellt den erforderlichen Restwärme- und Warmwasserbedarf zur Verfügung. Die fassadenintegrierten Photovoltaik-Paneele mit einer Leistung von 2,6 kWp decken den gesamten Restwärmebedarf.



Abb.: Komfortlüftungsgerät mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung und Kleinstwärmepumpe für Heizung und Warmwasser in der „Haustechnikzentrale“

Der maximale Einsatz nachwachsender Rohstoffe und die Sanierung des Altbaus statt Abriss und Neubau reduzierte außerdem um 80% den Verbrauch an nicht nachwachsenden Rohstoffen und den Einsatz an grauer Energie.

Der konsequente Umbau zum Passivhaus hat gegenüber einer konventionellen Sanierung 15% und der Einsatz ökologischer Maßnahmen 9% Mehrkosten verursacht. Auf Grund der dramatisch reduzierten Energiekosten, die zu erwartenden Heizkostensteigerungen und die höchsten Förderungen macht sich die konsequente Sanierung für die Bauherren jedoch innerhalb weniger Jahre bezahlt. Die steigenden Energiepreise verschaffen den Bewohnern damit mit Sicherheit kein Kopfzerbrechen mehr!

2. Motivation

Eine erhebliche Steigerung des Wohnkomforts gegenüber konventionell sanierten Gebäuden bietet speziell die Komfortbe- und Entlüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, welche permanent Frischluft in allen Räumen und behagliche Wohnqualität wie in einem Neubau garantiert.

„Wohnkomfort, Energieeinsparung und Klimaschutz sind kein Widerspruch, sondern die beste Zukunftssicherung. Das Passivhaus bietet dazu sowohl im Neubau als auch Altbausanierung die beste Voraussetzung für ein gutes und gesundes Klima.“ Eine nachhaltige Klimarettung erfordert engagierte Projekte und Menschen.

Mit der Sanierung wurde die alte Substanz erhalten und neue Baustoffe ressourcenschonend zum Einsatz gebracht. Trotz einer Verdoppelung des Baukonstruktionsvolumens wurden mithilfe des Passivhausstandards gegenüber einer konventionellen energetischen Sanierung mit konventionellen Baustoffen ca. 80 % weniger an nicht nachwachsenden Rohstoffen verbraucht. Ebenso positiv stellt sich die Ökobilanz der

„Grauen Energie“ dar. Besonders Augenscheinlich wird die Effizienz und Nachhaltigkeit des Pilotprojekts in den Punkten Energie und CO₂ Ausstoß.

	Vor Sanierung	Nach Sanierung
Nutzfläche	97 m ²	216 m ²
Heizwärmebedarf	27.100 kWh/a	2.270 kWh/a
Energiequelle	Flüssiggas	2,6 kWp PV Anlage
Heizwärmebedarf nach PHPP	280 kWh/m ² a	14,8 kWh/m ² a
CO ₂ Emissionen		- 95%
		- 100%
Luftdichtheit n ₅₀	5,1 h ⁻¹	Max. 0,6 h ⁻¹

Möglich machten diese Einsparungen eine innovative und konsequente Planung und Ausführung bei der die im Passivhaus- Neubau erlangten Erfahrungen für die Sanierung adaptiert und weiterentwickelt wurden.

- 3 Tage Montagezeit für gesamte Gebäudehülle inkl. Fenster und Aufstockung durch den erstmaligen Einsatz einer neu entwickelten Montage- und Befestigungstechnik!
- Qualitätssichernde Sanierung durch höchsten Vorfertigungsgrad
- Große Steigerung des Wohnkomfort gegenüber konventionell sanierten Gebäuden (Frischluftqualität, kein „Schimmel nach Sanierung“- Effekt durch „falsches Lüften“)
- Behagliches Raumklima durch umfassend warme Gebäudehülle im Gebäudebestand
- Innovationsimpulse für Wirtschaft durch Sanierung mit Passivhauskomponenten
- Entwicklung und Marktdiffusion nachhaltiger, wartungsarmer Fassadensanierungen

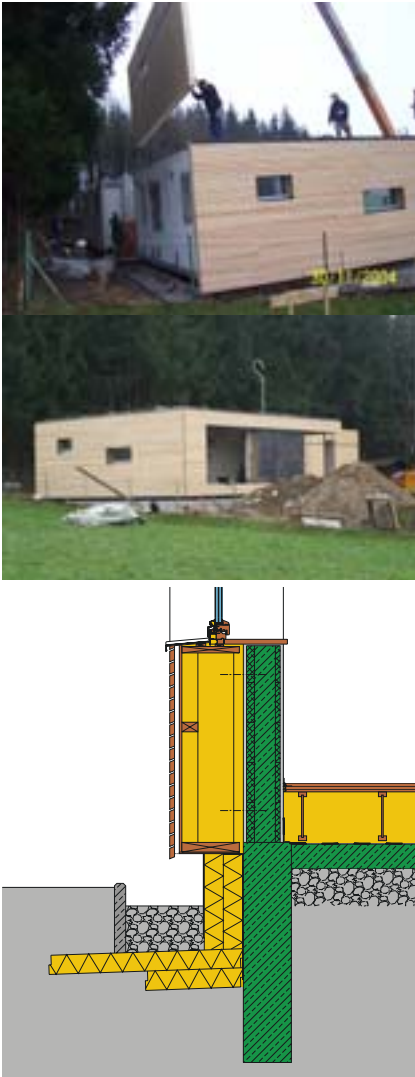
3. Innovative Aspekte



Die Ummantelung des Erdgeschosses bildet die Basis der Innovativen Sanierung. Im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT wurde beim Forschungsprojekt Haus Schwarz das neu entwickelte Verfahren zum ersten Mal in der Praxis angewendet:

Den örtlichen Gegebenheiten des Bestandes angepasst wurden die Aufhängepunkte gesetzt, vermessen, und die der 3D-CAD-Planung entsprechend angepassten Einhängeteile auf die Wandelemente vormontiert.

Die Montage der Elemente samt Fassade und Fens-



tern ohne jede weitere Befestigung vor Ort erfolgte problemlos innerhalb eines Tages. Auf diese Art kann die Holzbauweise auch in der Sanierung voll ihre Vorteile ausspielen. Als Dämmung wurde Zellulose eingesetzt, die fugenfrei die Unebenheiten des Bestandes ausgleicht.

Dieses Pilotprojekt ist nun Startschuss für eine breite Anwendung des revolutionären Holzbausystems im Altbau. Schulen während des Schuljahres, Bürogebäude während der Arbeitszeit und bewohnte Wohnbauten zu sanieren ohne die Benutzer lange zu beeinträchtigen. In wenigen Tagen erhalten Gebäude eine komplett neue hochwärmedämmende Hülle ohne ökologisch bedenkliche Wärmedämm-Verbundsysteme. Ein zukunftssträchtiges Marktsegment für den Holzbau!

Die Minimierung der Wärmebrücken im Bereich aufgehendes Mauerwerk wurde durch eine großflächige, dicke Schirmdämmung im Erdreich erzielt. Die Bewältigung dieser Schwachstellen in der Altbau-sanierung stellen sicher eine Schlüsselrolle bei einer erfolgreichen Sanierung auf Passivhausstandard dar, werden in der Regel bei Sanierungen aber fast immer vernachlässigt, „da sie ja scheinbar nicht sichtbar unter der Erde vergraben sind.“

4. Kosten / Nutzen – Wirtschaftlichkeit

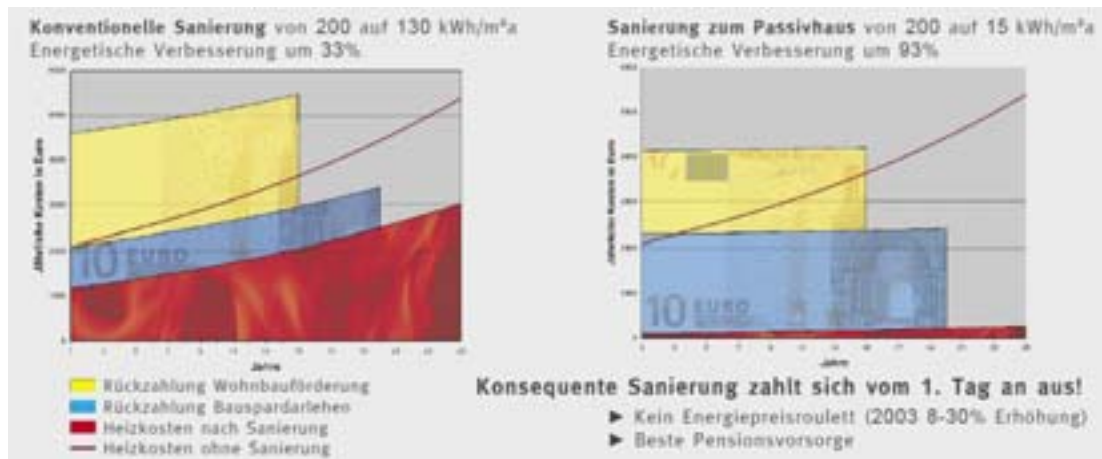
Mehrkosten rechnen sich vom ersten Tag an!

Der konsequente Umbau zum Passivhaus hat gegenüber einer konventionellen Sanierung 15% und der Einsatz ökologischer Maßnahmen 9% Mehrkosten verursacht. Die Bauherren erhalten damit allerdings auch die höchsten Förderungen und Zuschüsse vom Land. Das verbleibende höhere Bankdarlehen wird jedoch zur Gänze von den dramatisch reduzierten Energiekosten abgedeckt. Zudem sind die Bankzinsen niedriger als die zu erwartenden Heizkostensteigerungen, womit sich die konsequente Sanierung auf jeden Fall auszahlt.

Baukosten: 1.460.- €/m²

Mehrkosten: 170.-€/m² inkl. Ust.

Die ökonomische Betrachtung spricht für die Altbau-sanierung zum Passivhaus.



5. Soziale Auswirkungen

Die Sanierung auf Passivhausstandard wie bei gegenständlichem Projekt und die damit verbundene dramatische Reduzierung des Energiebedarfs hat enorme sozialpolitische Auswirkungen:

Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit von unsicheren Energieimporten, Verbesserung der Handelsbilanz, Senkung der Inflationsrate, Steigerung der sozialen Zufriedenheit und Gesundheit, erhebliche Reduzierung der Schadstoffbelastungen außerhalb und innerhalb von Räumen (z.B. Feinstaub- und Straßenlärmbelastungen), Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen, u.v.m.

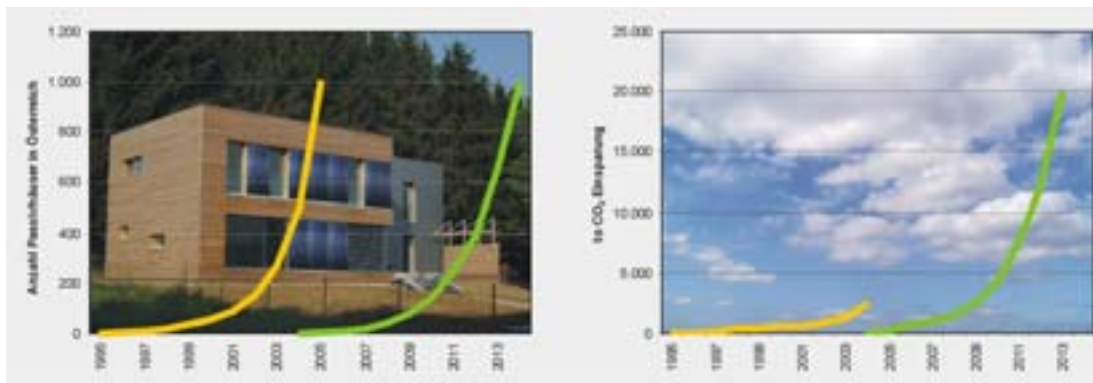
6. Architektur

Das Pilotprojekt sollte nicht nur modernsten energetischen Kriterien entsprechen, sondern auch eine architektonische Runderneuerung erhalten. Der schlichte Baukörper ist im vorderen Trakt mit einer unbehandelten Lärchenschalung verkleidet, der zurück gesetzte Bauteil zum angrenzenden Wald hat eine glatte pflegeleichte Metallfassade erhalten.

Die fassadenintegrierte Photovoltaikanlage setzt die Horizontalität in den Fensterbändern fort und hebt, nahezu nebenbei, die Auseinandersetzung mit der energetischen Bedeutung des Projekts für den Betrachter deutlich hervor. Damit wird die Architektur zum Sprachrohr energetischer und ökologischer Ideen des Projekts.

7. Multiplikatorwirkung durch Sanierung zum Passivhaus

Eine erste Trendabschätzung lässt sich auf Grund der bisher eingelangten Anfragen für ähnliche Projektvorhaben und der gestarteten 5. Ausschreibung der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des BMVIT zum Thema Altbausanierung ablesen. Demnach ist damit zu rechnen, dass in den nächsten zwei Jahren voraussichtlich an die zwei Dutzend weitere Demonstrationsprojekte im Bereich Altbausanierung auf Passivhausstandard bereits umgesetzt werden. Für diese nachfolgenden Demonstrationsprojekte ist das Pilotprojekt Pettenbach ein wichtiger Richtungsweisender Meilenstein.



Die linke Grafik zeigt die Entwicklung der Anzahl der Passivhäuser in Neubau und Altbausanierung im Vergleich in den jeweils ersten 10 Jahren. Hier lässt sich eine ähnliche Trendentwicklung wie vor acht Jahren im Neubausektor ablesen.

Aufgrund des circa vierfachen Einsparungspotentials an CO₂ Emissionen tragen die sanierten Projekte wesentlich stärker zum Klimaschutz bei – siehe rechte Grafik.

Im Vergleich zu konventionell	Ø Energieeinsparung	Ø CO ₂ Einsparung
Neubau in Passivhausstandard	55 kWh/m ² a	16 kg/m ² a
Sanierung zum Passivhaus	185 kWh/m ² a	60 kg/m ² a
	Faktor 3,4	Faktor 3,8

8. Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt

Mit der breiteren Umsetzung des Passivhausstandards in der Sanierung entsteht für die Österreichische Bauwirtschaft ein zusätzlicher Arbeitsmarkt von rund 8%. Eine wesentliche Verbesserung der Ausführungsqualität und zusätzliche Exportchancen sind die Folge.

9. Projektdaten zur ersten Sanierung auf Passivhausstandard

Bauteil	Vor dem Umbau	Nach dem Umbau
Heizwärmebedarf	280 kWh/m²a	14,7 kWh/m²a nach PHPP 7,0 kWh/m²a nach OIB
Heizlast	230 W/m²	10,1 W/m² nach PHPP
Drucktest Ergebnisse n ₅₀	Messung Altbestand 5,1	1. Messung während Bauphase 0,65 2. Messung Bauende 0,50
Außenwand EG - Sanierung U-Wert_{nachher} = 0,11 W/m²K	20 cm Mauerwerk 2 cm Putz beidseitig U-Wert _{Altbau} ca. 0,95 W/m²K	36 cm Holzriegelkonstr. kreuzlagig, dazwischen Zellulosedämmung 1,6 cm DWD-Platte 4,5 cm Hinterlüftung 3,0 cm Lärchen Rautenschalung
Außenwand OG Aufstockung U-Wert_{nachher} = 0,09 W/m²K	-----	2,5 cm GKB-Platte zweilagig 12 cm trag. Holzsteher / Zellulosedäm 1,6 cm OSB-Platte 32 cm Holzriegelkonstr. / Zellulosedäm 1,6 cm DWD-Platte 4,5 cm Hinterlüftung 3,0 cm Lärchen Rautenschalung
Dach - Aufstockung U-Wert_{nachher} = 0,09 W/m²K Die 4 Dachelemente wurden als Großtafeln mit einer Breite von 5 Metern geliefert!	----- U-Wert _{Altbau} ca. 0,80 W/m²K	8 cm Gleitbügeldach m. Hinterlüftung 1,6 cm DWD-Platte 40 cm versetzte Holztragkonstruktion, dazwischen Zellulosedämmung 1,6 cm OSB-Platte 0,1 cm PAE-Folie 4,0 cm Mineralwolle zw. Lattung 1,2 cm GKB-Platte
Boden über Erdreich U-Wert_{nachher} = 0,12 W/m²K	8 cm Estrich (Abbruch) 6 cm Betonplatte (Abbruch) Erdreich (abgegraben)	2 cm Industriparkett 3 cm Distanzboden Holzplatte 32 cm Dämmung zw. Distanzfüssen 0,5cm Feuchtigkeitsisolierung 20 cm Stahlbetonplatte 20 cm Rollierung
Kellerdecke U-Wert_{nachher} = 0,13 W/m²K	8 cm Estrich (Abbruch) 2 cm Dämmung (Abbruch) 22 cm Stahlbetondecke 5 cm Kellerdeck.dämmung	2 cm Industriparkett 5 cm Estrich 6 cm EPS Dämmung 2 cm Vakuumdämmung 0,5 cm Schaumfolie 1 cm Nivelliermasse
Sockel- und Schirmdämmung U-Wert_{nachher} = 0,15 W/m²K	25 cm Betonschalsteinmwk	0,5 cm Sockelputz 24 cm XPS- Dämmung CO ₂ geschäumt 0,5 cm Feuchtigkeitsisolierung
Passivhausfenster und -türen	Holz-Alu Passivhausfenster mit PHI Zertifikat Josko Passiv ECO Holz-Alu mit Korkkern U _w = 0,77 W/m²k U _G = 0,60 W/m²k g-Wert 51% Wärmebrückenfreier Einbau in der vorgefertigten Holzrahmenkonstruktion, welche vor das bestehende Mauerwerk gehängt wurde. Fensterstock außen überdämmt.	

První sanace přestavbou na pasivní dům v Rakousku

překlad

Maximální úsporný potenciál díky trvalé sanaci

Ze staré stavby pasivní dům. Z neútulného bungalovu příjemný světlý rodinný dům. Z „šedé myšky“ šedesátých let moderní bytové zařízení, které lze sotva znovu poznat. Těmito slovy lze popsat proměnu tohoto bytového domu za použití inovativních dřevěných konstrukcí.

U první sanace staré stavby přestavbou na pasivní dům v Rakousku se jedná o objekt „Best Practice“ s vysokým potenciálem být vzorem pro zhruba 700.000 poválečných staveb (z toho 64 % představují rodinné domy) z padesátých až osmdesátých let v Rakousku, které jsou z tepelného hlediska velmi nevyhovující. U budov by tak bylo možno dosáhnout úspor CO₂ ve výši více než 5 mil. tun.

[Fotografie]

1. Stručný popis projektu

Vzorová realizace standardu a komfortu pasivního domu při sanaci starých staveb rodinných domů na příkladu rodinného domu rodiny Schwarzovy v Pettenbachu / Horní Rakousko je rakouskou premiérou. Vedle radikálního snížení spotřeby energie o 95 % a emisí CO₂ u tepla v prostoru o 100 % byla u tohoto demonstračního projektu v rámci výzkumné programové linie „Dům budoucnosti“ institutu BMVIT v popředí pozornosti inovativní sanace s vysokým stupněm prefabrikace díky předsunutým dřevěným stěnovým prvkům.

U podlahové nástavby bylo i přes omezenou výšku nástavby možno dosáhnout díky vakuové izolaci vysokého standardu izolace. Tepelné mosty stávajícího stoupajícího zdiva byly minimalizovány za použití stínící izolace umístěné okolo. Bylo tak možno, i přes zdvojnásobení užité plochy na 216 m², dosáhnout snížení spotřeby tepla k vytápění z 27.100 kWh/a kapalného plynu na pouhých 2.270 kWh/a elektrické energie ze slunečního záření!

[Fotografie]

Obr.: komfortní větrací jednotka s vysoce účinnou rekuperací tepla a miniaturním tepelným čerpadlem určeným k vytápění a výrobě teplé vody v „centrále technického vybavení budovy“

Optimalizovaný systém větrání za použití vysoce účinného kompaktního zařízení zajišťuje trvalý přísuv čerstvého vzduchu do celého domu a požadovanou potřebu zbytkového tepla a teplé vody. Fotovoltaické panely integrované ve fasádě s výkonem 2,6 kWp pokrývají celkovou potřebu zbytkového tepla.

Díky maximálnímu využití obnovitelných surovin a sanaci staré stavby místo jejího stržení a novostavby bylo dále možno dosáhnout snížení spotřeby neobnovitelných surovin a šedé energie o 80 %.

S důslednou přestavbou na pasivní dům souvisely ve srovnání s konvenční sanací vícenáklady ve výši 15 % a s ohledem na provedená ekologická opatření vícenáklady ve výši 9 %. S ohledem na dramatické snížení energetických nákladů, očekávané zvyšování nákladů na topení a vysoké podpory se však tato důsledná sanace vyplatí stavebníkovi během několika málo let. Z rostoucích cen energií obyvatele hlava s jistotou již bolet nebude!

2. Motivace

Zárukou nezanedbatelného zvýšení komfortu bydlení oproti budovám sanovaným běžnou cestou je zejména komfortní větrání a odvětrávání s vysoce účinnou rekuperací tepla, která zajišťuje trvalý přívod čerstvého vzduchu do všech prostor a komfortní kvalitu bydlení jako v novostavbě.

„Komfort bydlení, úspory energií a ochrana klimatu zde nejsou v rozporu, nýbrž jsou tou nejlepší zárukou do budoucna. Pasivní dům vytváří jak u novostaveb, tak u sanovaných starých budov ty nejlepší předpoklady pro kvalitní a zdravé klima.“ Trvale udržitelná záchrana klimatu vyžaduje angažované projekty a osoby.

[Grafika]

Díky sanaci zůstala stará budova za použití nových šetrných stavebních materiálů zachována. I přes dvojnásobek konstrukčního objemu stavby bylo díky standardu pasivního domu ve srovnání s běžnou energetickou sanací za použití běžných stavebních materiálů spotřebováno zhruba o 80 % méně neobnovitelných surovin. Pozitivní je rovněž ekologická bilance „šedé energie“. Efektivita a trvalá udržitelnost tohoto pilotního projektu je nápadná zejména v oblasti energie a emisí CO₂.

	Před sanací	Po sanaci
Užitná plocha	97 m ²	216 m ²
Potřeba tepla k vytápění	27.100 kWh/a	2.270 kWh/a
Zdroj energie	Zkapalněný plyn	Fotovoltaické zařízení 2,6 kWp
Potřeba tepla k vytápění podle PHPP	280 kWh/m ² a	14,8 kWh/m ² a
		- 95 %
Emise CO ₂		- 100 %
Vzduchotěsnost n ₅₀	5,1 h ⁻¹	Max. 0,6 h ⁻¹

Tyto úspory byly umožněny inovativním a důsledným projektováním a dokonalou realizací, při které byly zkušenosti získané u novostaveb pasivních domů přizpůsobeny této sanaci a dále rozvíjeny.

- Doba montáže v trvání 3 dnů u celého pláště budovy včetně oken a zvýšení díky prvnímu použití nově vyvinuté montážní a uchycovací techniky!
- Sanace se zárukou jakosti díky maximálnímu stupni prefabrikace

- Velké zvýšení komfortu bydlení ve srovnání s běžně sanovanými budovami (kvalita čerstvého vzduchu, žádná „plíseň po sanaci“- efekt způsobovaný „špatným větráním“)
- Komfortní klima v místnostech díky dostatečně teplému plášti budovy ve struktuře budovy
- Inovační podněty v oblasti hospodárnosti díky sanaci za použití komponentů pasivních domů
- Vývoj a rozvoj trhu v oblasti trvalých sanací fasád s nenáročnou údržbou.

3. Inovativní aspekty

[Fotografie]

Základem této inovativní sanace je opláštění přízemí. V rámci programové linie "Dům budoucnosti" institutu BMVIT byl u výzkumného projektu Dům Schwarzových poprvé aplikován v praxi nově vyvinutý postup:

S ohledem na místní situaci původní stavby byly stanoveny a zaměřeny závěsné body a na stěnové prvky byly předmontovány závěsné díly, které byly odpovídajícím způsobem upraveny podle projektu v 3D-CAD.

Montáž prvků včetně fasády a oken bez jakéhokoli dalšího uchycování proběhla bez problémů v rámci jednoho dne. Tímto způsobem se plně projeví výhody dřevěné konstrukce i při sanaci. Jako izolace byla použita celulóza, která vyrovná nerovnosti povrchu bez vzniku spár.

[Grafika]

Tento pilotní projekt je nyní startovním výstřelem pro širokou aplikaci tohoto revolučního systému dřevěné konstrukce u starých staveb. Školy během školního roku, kancelářské budovy během pracovní doby či obývané stavby - všechny tyto stavby mohou být nyní sanovány tak, aniž by to příliš dlouho obtěžovalo samotné uživatele. Během několika málo dnů budou budovy opatřeny zcela novým pláštěm s vysoce kvalitní tepelnou izolací, a to bez nutnosti použití ekologicky sporných tepelně izolačních spojovacích systémů. A to je perspektivní tržní segment v oblasti dřevěných konstrukcí!

Minimalizace tepelných mostů v oblasti stoupajícího zdiva bylo dosaženo za použití velkoplošné a silné stínící izolace umístěné v zemi. Zvládnutí těchto slabin při sanaci starých staveb jistě hraje klíčovou roli při úspěšné sanaci podle standardu pasivního domu, což se však při sanacích skoro vždy zanedbává, „protože tepelné mosty jsou přece neviditelně zakopány pod zemí.“

4. Náklady / užitek – hospodárnost

Vícenáklady se vyplatí již od prvního dne!

S důslednou přestavbou na pasivní dům souvisí oproti běžné sanaci vícenáklady ve výši 15 % a s ohledem na provádění ekologických opatření vícenáklady ve výši 9 %. Stavebníci však rovněž získají od státu maximální podpory a dotace. Zbýlý vyšší bankovní úvěr však bude zcela pokryt díky dramatickému snížení energetických nákladů. Bankovní úroky jsou kromě toho nižší než očekávané zvýšení nákladů na topení, díky čemuž se důsledná sanace v každém případě vyplatí.

Stavební náklady: 1.460.- €/m²

Vícenáklady: 170.-€/m² včetně DPH

Ekonomická stránka hovoří pro sanaci starých staveb přestavbou na pasivní domy.

[Grafika]

5. Sociální vlivy

Sanace ve standardu pasivních domů jako v případě předmětného projektu a s tím související dramatické snížení spotřeby energie má enormní sociálněpolitické vlivy:

Jistota zásobování a nezávislost na nejistých dovozech energií, zlepšení obchodní bilance, pokles míry inflace, zvýšení sociální spokojenosti a zdraví, podstatné snížení zatížení škodlivinami mimo prostory a uvnitř (např. obtěžování jemným prachem a pouličním hlukem), vytvoření dodatečných pracovních míst, atd.

6. Architektonická stránka

Tento pilotní projekt by měl nejen splňovat ta nejmodernější energetická kritéria, nýbrž by měl i dostat novou architektonickou tvář. Střídmé těleso stavby je v předním traktu obloženo neošetřeným modřínovým bedněním a odsazená část směřující k přilehlému lesu byla opatřena hladkou kovovou fasádou se snadnou údržbou.

Fotovoltaické zařízení integrované ve fasádě pokračuje vodorovně v okenních pásech a podtrhuje, takřka jen tak mimochodem, důležitost kladenou na energetický význam projektu, což může pozorovatel jasně vidět. Architektura se tedy stává mluvčím energetických a ekologických představ tohoto projektu.

7. Znásobený účinek díky sanaci přestavbou na pasivní dům

První odhad trendů lze vyvozovat na základě dosud obdržených poptávek na podobné projektové záměry a zahájeného 5. výběrového řízení v rámci programové linie „Dům budoucnosti“ institutu BMVIT na téma sanace starých staveb. Je tedy třeba počítat s tím, že během příštích dvou let budou již realizovány předběžně dvě desítky dalších demonstračních projektů v oblasti sanace starých staveb ve standardu pasivních domů. S ohledem na tyto následné demonstrační projekty je pilotní projekt Pettenbach důležitým a směrodatným mezníkem.

[Grafika]

Levý graf zobrazuje vývoj počtu pasivních domů u novostaveb a sanací starých staveb ve srovnání s prvními 10 lety. Zde lze předvídat podobný vývoj trendů jako před osmi lety v oblasti novostaveb.

S ohledem na zhruba čtyřnásobný potenciál úspor emisí CO₂ lze konstatovat, že sanované projekty přispívají podstatně více k ochraně klimatu – viz pravý graf.

Ve srovnání s běžnou stavbou	Ø Úspora energie	Ø Úspora CO ₂
Novostavba ve standardu pasivního domu	55 kWh/m ² a	16 kg/m ² a
Sanace přestavbou na pasivní dům	185 kWh/m ² a	60 kg/m ² a
	Faktor 3,4	Faktor 3,8

8. Vlivy na trh práce

Díky širší aplikaci standardu pasivních domů při sanaci vznikne v rámci rakouského stavebního průmyslu dodatečný trh práce ve výši zhruba 8 %. To povede k podstatnému zlepšení kvality provedení a dalším exportním možnostem.

Energeticky efektívna modernizácia domova dôchodcov vo Weizi s použitím komponentov energeticky pasívneho domu

¹ Arch. Dipl. Ing. Erwin Kaltenegger, Arch°Buero Kaltenegger, A-8162 Passail 390, Tel.: +43 3179 23132-0, Fax.: +43 3179 23132-4, www.dike.at, dike@dike.at

² Arch. Dipl. Ing. Eugen Nagy, Arch°Buero Kaltenegger, A-8162 Passail 390, Tel.: +43 3179 23132-0, Fax.: +43 3179 23132-4, www.dike.at, en@dike.at

1. Úvod

Princíp energeticky pasívneho domu je všeobecne známy: obvodový plášť budovy je tepelne izolovaný do takej miery, že systém riadeného vetrania so spätným získavaním tepla je schopný dodávať do miestností potrebné množstvo vykurovacieho tepla spoločne so zabezpečením hygienicky nevyhnutného množstva čerstvého vzduchu. Energeticky pasívny štandard sa medzičasom etabloval v celej Európe hlavne v oblasti novostavieb obytných budov. Súčasné trendy sú zamerané na ďalší vývoj tohto konceptu aj vo sfére občianskych budov, ale predovšetkým renovácie existujúcich stavieb. Využitie obrovského potenciálu energetických úspor v oblasti sanácie starších budov v spojení s inovatívnym technickým vývojom predstavuje pre ďalší rozvoj stavebníctva obrovský impulz.

2. Energetická efektivita prináša výhody

Väčšina starších budov sa nachádza v dobrom stavebnotechnickom stave a mali by preto zostať zachované. Vždy, keď je to možné, mali by mala byť sanácia budov spojená s opatreniami na energetickú modernizáciu. Zníženie energetických nákladov na vykurovanie minimálne o faktor 5 zabezpečia energeticky efektívne systémové riešenia, ako kombinácia týchto základných prvkov:

- vysoko účinná tepelná ochrana obvodového plášťa,
- tepelnoizolačné zasklenia okien spojené s pasívnym využitím slnečnej energie,
- dôsledný návrh detailov všetkých konštrukcií s dôrazom na vysokú vzducho- a vetrotesosť a vylúčenie tepelných mostov,
- riadené vetranie s vysoko účinným spätným získavaním tepla,
- inovatívna vykurovacia technika,
- vynikajúca kvalita realizácie.

Tieto kritériá sú dosažiteľné modernými stavebnými materiálmi, inovatívnymi technickými zariadeniami a systémovým know-how.

3. Koncept energeticky efektívnej modernizácie

Obsiahly koncept energeticky efektívnej modernizácie bol realizovaný koncom roka 2005 v domove dôchodcov v rakúskom meste Weiz (Štajersko). Výsledkom renovácie budovy postavenej v roku 1975 bolo podstatné prekročenie ukazovateľov

energetickej spotreby (dokonca aj) dnešných novostavieb. Modernizácia objektu predstavuje jednu z prvých vzorových realizácií tohto druhu. Okrem tepelnej ochrany bola prevádzka objektu, požiarne a akustická ochrana, ako aj technický systém uvedený do stavu zodpovedajúceho požiadavkám zajtrajška. Využitím nástrojov energetickej optimalizácie v rámci generálnej sanácie tohto objektu bolo možné dosiahnuť zníženie mernej potreby tepla na vykurovanie z pôvodných 156,9 kWh/(m².a) na 24,3 kWh/(m².a) (- 84,5%!). Čiastočnou adaptáciou nevyužívaného strešného priestoru (156 m²), prístavbou spoločenskej sály (85 m²), zväčšením plochy každej izby o 5,7 m² (celkovo 362 m²), vytvorením nových zimných záhrad (spolu 40 m²) a rozšírením žehliarne v suteréne (14 m²) sa celková úžitková plocha objektu zvýšila z pôvodných 4.321 m² na 4.978 m². Nové priestory boli integrované do tepelnej obálky domu a realizované v štandarde takmer energeticky pasívneho domu.



Obr. 1 Domov dôchodcov vo Weizi pred (vľavo) a po energetickej sanácii (vpravo)

Stav budovy pred sanáciou

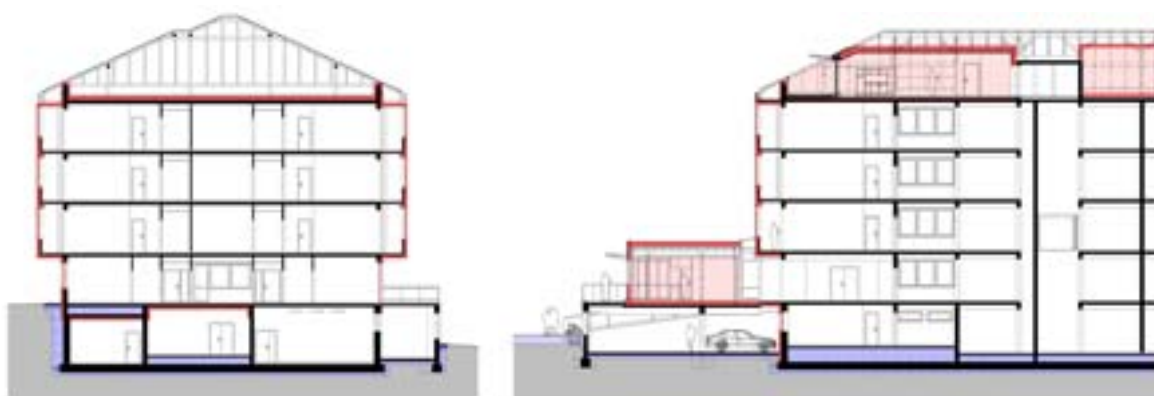
- konštrukčný systém: masívna stavba z dierovaných tehál hrúbky 25 cm, prevetrávaná fasáda s tepelnou izoláciou hrúbky 3 cm, nosné prvky loggií z vyčnievajúcich železobetónových dosiek hrúbky 20 cm
- strop najvyššieho podlažia k povale zateplený izoláciou hrúbky 7 cm pod plávajúcim poterom,
- jednoduché drevené okná s tepelnoizolačným dvojsklom
- zdroj tepla: diaľkový teplovod, čiastočné pokrytie výroby ohriatej pitnej vody jestvujúcim solárnym systémom realizovaným v roku 2002,
- vykurovanie: konvenčná teplovodná dvojrúrová vykurovací systém s radiátormi vybavenými termostatom,
- vetranie: nútené vetranie s prívodom vzduchu len do spoločenských priestorov, v izbách prirodzené vetranie oknami, odvod vzduchu len z hygienických miestností.



Obr. 2 Pôdorys typického podlažia

3.1. Efektivita jednotlivých opatření

Klíčem k úspěchu energeticky efektivní sanace je zásada vzájemného sklbení všech určujících prostředků optimalizace. Suterén, obvodové steny, strecha alebo okná sa nemôžu vnímať ako separované prvky, ale musia spolupôsobiť ako vzájomne prepojené súčasti celkového konceptu. Ťažiskovými opatreniami tepelnej a technickej modernizácie bolo dôsledné zateplenie prvkov obvodového plášťa, zabudovanie okien s tepelnoizolačným trojsklom, montáž veľkoplošných predsadených fasád, eliminácia tepelných mostov, zabezpečenie vzduchotesnosti obálky, inštalácia systému riadeného verania s účinnosťou rekuperácie 70% a nahradenie vykurovacích telies nízkoteplotným radiátormi. Nové prvky zásobovania teplom boli zosúladené s existujúcim solárnym systémom a diaľkovým teplovododom. Centrálny vetrací systém so spoločným výmenníkom tepla nebolo možné uplatniť. Preto sa zvolil oddelený systém s dvomi rekuperátormi (pre obytnú časť a kuchynskú prevádzku), umiestnenými do technickej miestnosti v strešnom priestore.



Obr. 3 Rez priečny (vľavo) a pozdĺžny (vpravo, rozšírenie budovy farebne zvýraznené)

Z **Tab. 1** je zrejmé, že efektivita jednotlivých opatření závisí od špecifik konkrétnej stavby a veľkosti stavebných prvkov. V tomto prípade napr. nebolo možné zatepliť celú plochu stropu suterénu nad kotolňou kvôli existujúcim technickým inštaláciám, čo sa týka aj podlahy suterénu (prevádzka kuchyne nemohla byť prerušená). Nao-

pak, v plnej miere sa podarilo eliminovať vplyvy tepelných mostov (hlavne v miestach vyčnievajúcich železobetónových prvkov) a tepelné úniky vplyvom otvárania okien.

Opatrenie energeticky efektívnej sanácie	Redukcia v kWh/(m ² .a)	Efektivita v %
Zateplenie stropu najvyššieho podlažia k povale (22 cm)	7,8	5,2
Zateplenie obvodovej steny k exteriéru (16 cm)	25,3	19,1
Zateplenie obvodovej steny k nevykurovanému priestoru (12 cm)	1,4	1,1
Zateplenie obvodovej steny k zemi (12 cm)	0,1	0,1
Zateplenie stropu suterénu k nevykurovanému priestoru (12 cm)	2,9	2,2
Zateplenie podlahy k exteriéru (16 cm)	1,2	0,9
Zateplenie podlahy suterénu (8 cm)	1,1	0,8
Zateplenie tepelných mostov (8 – 16 cm)	39,8	30
Nové zdvojené okná a predsadená fasáda s trojitým zasklením	32,4	24,4
Riadené veranie s účinnosťou rekuperácie 70%	21,5	16,2
Celkom	132,6	100

Tab. 1 Prehľadná tabuľka opatrení na zníženie vykurovacích nákladov

Energetické parametre

Hodnoty súčiniteľa prechodu tepla U obvodových prvkov pred a po sanácii:

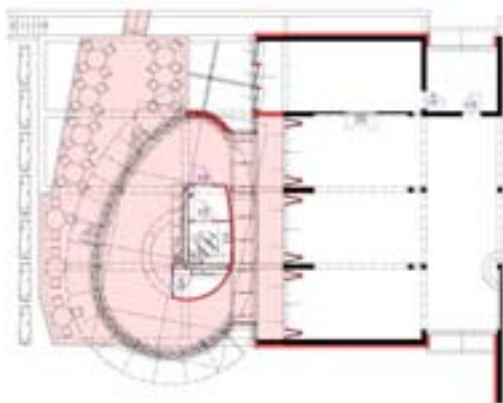
	Pred sanáciou	Po sanácii
Strop najvyššieho podlažia k povale	0,49 W/m ² K	0,15 W/m ² K
Obvodová stena k exteriéru (stredná hodnota)	0,96 W/m ² K	0,27 W/m ² K
Obvodová stena k nevykurovanému priestoru	2,85 W/m ² K	0,44 W/m ² K
Obvodová stena k zemi	1,95 W/m ² K	0,43 W/m ² K
Strop suterénu k nevykurovanému priestoru	0,56 W/m ² K	0,29 W/m ² K
Podlaha k exteriéru	1,07 W/m ² K	0,29 W/m ² K
Podlaha suterénu	0,72 W/m ² K	0,29 W/m ² K
Zasklenia	3,30 W/m ² K	0,60 W/m ² K
Okná (hodnota pri zabudovaní – U_w)	2,80 W/m ² K	0,98 W/m ² K
Predsadená fasáda – rám, zasklenie + panel (U_{cw})	-	0,67 W/m ² K

3.2. Vplyv sanačných opatrení na efektívnosť energetických úspor

Prvotná štúdia sanácie pozostávala zo siedmich variantných riešení, ktoré boli posúdené z hľadiska komplexných kritérií určujúcich faktorov efektivity investícií. Scénáre energetickej sanácie zahŕňali škálu opatrení od púhej výmeny okien až po dosiahnutie energeticky pasívneho štandardu a slúžili ako podklad na rozhodnutie investora ohľadom ďalších krokov. Každá varianta bola hodnotená z hľadiska energetických úspor, tepelnej pohody, kvality vzduchu, vnútornej mikroklimy a nákladov. Ťažiskovým kritériom rozhodovania bolo porovnanie očakávaných nákladov na vykurovanie v budúcnosti s investičnými nákladmi na sanáciu budovy. Realizovaná varianta by mala priniesť amortizáciu energeticky podmienených investícií vďaka úsporám nákladov na vykurovanie za cca 18 rokov a po tomto období sa už dosiahne „zisková zóna“. Približne po 25 rokoch bude táto finančná výhoda predstavovať až cca 15000 Euro/rok.

3.3. Tepelné mosty, energetické úspory a tepelná pohoda

Východiskové podmienky boli v tomto ohľade zložité: množstvo tepelných mostov zapríčiňovalo vysokú mieru tepelných strát. Predchádzanie vzniku tepelných mostov je dôležité nielen z dôvodu energetických úspor, ale aj zabezpečenia tepelnej pohody a ochrany stavebnej substancie. Aj pri vynikajúco tepelne izolovaných budovách ako sú nízkoenergetické domy až po štandard pasívneho domu majú negatívny dopad aj také tepelné mosty, ktoré sú zo stavebnofyzikálneho hľadiska bezproblémové, ako napr. vyčnievajúce nosníky alebo nezateplené okenné rámy. Z tohto dôvodu boli konštrukčné styky v štádiu optimalizácie overované výpočtom priebehu dvojrozmerných teplotných polí. Pri nedostatočne tepelne izolovaných obvodových stenách so zastaralými okennými konštrukciami nebolo možné dosiahnuť uspokojivú tepelnú pohodu. Vnúterná povrchová teplota stien pri vonkajšej teplote $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ dosahovala hodnotu približne $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zateplením stien dodatočnou izoláciou hrúbky 16 cm sa zvýšila ich vnútorná povrchová teplota na cca $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ s efektom zásadného zlepšenia podmienok tepelnej pohody. Rovnaká zásada sa týka aj okenných plôch – ich vnútorná povrchová teplota sa pri vonkajšej teplote $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ zvýšila z $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ nahradením pôvodných okien za nové okná s vynikajúcimi tepelnoizolačnými parametrami vhodnými pre energeticky pasívne domy. Týmto opatrením sa okrem sálania chladu taktiež odstránil problém netesností okien zapríčiňujúci pocit prievanu, ako aj riziko tvorby kondenzátu v okrajovej časti zasklenia a v mieste napojenia rámu okna k osteniu.



Obr. 4 Pôdorys prístavby (rozšírenie spoločenskej sály)

4. Záver

Téma energetickej sanácie budov sa stane v nasledujúcich dvoch desaťročiach jednou z hlavných úloh stavebnej sféry. Perspektívne možno očakávať podstatne väčší podiel stavebných investícií v oblasti renovácie budov, čo vytvára predpoklady na postupné znižovanie ich energetickej náročnosti. Jedinou cestou, ako sa vyhnúť riziku nekontrolovateľného nárastu cien energií je maximálne znížiť závislosť na fosílnych zdrojoch energie a ťažisko presunúť do oblasti obnoviteľných zdrojov energií. Uplatnenie zásad nízkoenergetických a energeticky pasívnych budov umožňujú aj v prípade sanácie jestvujúceho stavebného fondu zníženie energetickej

náročnosti na vykurovanie až o 60-90% v porovnaní so súčasným stavom. Pri dôslednom zohľadnení celkového životného cyklu budovy je kvalitatívna úroveň energeticky pasívneho domu ideálnym riešením stavebného zámeru nielen pri novostavbách, ale aj pri renováciách budov. V akýchkoľvek scenároch cien energií vystupuje ekonomická rentabilita takýchto budov do popredia, pretože zníženie potreby tepla stavebnými opatreniami a technickými systémami je jednoznačne zmysluplná. Príklad energeticky efektívnej sanácie domova dôchodcov vo Weizi je dôkazom reálne uplatniteľného konceptu s konkrétnymi výsledkami hospodárnosti vďaka výhodám konceptu energeticky pasívneho domu.



Obr. 5 Prístavba (rozšírenie spoločenskej sály)

Projektový tím:

Generálny projektant a stavebný dozor: FOCUS Engineering Planungs Ges.m.b.H., Weiz

Architektúra a energetický koncept: Arch. DI Erwin Kaltenegger, Ing. arch. Eugen Nagy

TZB: TB Ing. Walter Bierbauer, Hohenau an der Raab

Elektro: TB Ing. Horst Fickel, Kirchberg an der Raab

Fasádna technika: Herbert Neuherz, Gleisdorf

4.1. Resümee

Ein umfassendes Sanierungskonzept mit Passivhaus-Komponenten wurde Ende 2005 im Bezirkspensionistenheim in Weiz durchgeführt. Im Ergebnis wurde bei dem Gebäude mit Baujahr 1975 nach der Sanierung der Neubaustandard deutlich unterschritten und das Gebäude wurde als einer der ersten Sanierungsobjekten dieser Bauart modernisiert. Außen Wärmeschutz wurden auch Grundrisse, Brandschutz, Schallschutz und technische Ausstattung so ausgeführt, dass diese heutigen Anforderungen entsprechen. Durch optimierte Maßnahmen wurde es

gelingen, den Heizwärmeverbrauch für das Gebäude mit Passivhaustechnik von über 156,9 kWh/(m²a) um das 6,5fache auf 24,3 kWh/(m²a) zu senken (- 84,5%). Die erweiterten Räumlichkeiten wurden in die neugestaltete Gebäudehülle in Passivhausqualität integriert. Schon die einzelwirtschaftliche Analyse unter den für die nächsten Jahrzehnte herrschenden Randbedingungen zeigt, dass das Qualitätsniveau des Passivhausstandards für die Bauteile und Komponenten von Neubauten und bei anstehenden Modernisierungen optimal ist, wenn man vollständige Lebenszykluskosten betrachtet. Bei allen Preisszenarien tritt aber der ökonomische Vorteil des Passivhaus-Standards vor, weil die Verringerung des Heizwärmebedarfs durch bauliche Maßnahmen und andere Effizienzmaßnahmen sinnvoll ist.

5. Literatúra

- (1) Studie „Ökoeffiziente Gebäudesanierung Bezirkspensionistenheim in Weiz.“. Passail: Arch°Buero DI Erwin Kaltenegger, 2003.

Schwanenstadt macht Schule

Erste ganzheitliche Generalsanierung eines öffentlichen Gebäudes auf Passivhausstandard

Architekt DI Heinz Plöderl, PAUAT Architekten
Bernardingasse 14, A-4600 WELS, Österreich
Tel:++43 7242 79660-0, e-mail: office@pau.at

1. Bestandssituation

Bei der **Hauptschule und Polytechnischen Schule in Schwanenstadt (Oberösterreich)** handelt es sich um einen typischen Baustandard von öffentlichen Bauten und Bürobauten aus den 60er und 70er Jahren in Stahlbeton-Skelettbauweise.

Bestand:

- Stahlbetonkonstruktion
- Wärmedämmung innen
- Nutzfläche: ca. 3.300 m²
- Verbrauch: 165 kWh/m² Nutzfläche/a
- Jahresverbrauch: 475 000 kWh
- Bestandssituation 2005



Defizite:

- Keine und / oder schlechte Tageslichtnutzung
- Schlechte natürliche Belichtung
- Hoher Energieverbrauch durch Kunstlicht
- Schlechte Luftverhältnisse
- Unbefriedigende funktionelle Abläufe



Abb.1-2: Bestandssituation 2005

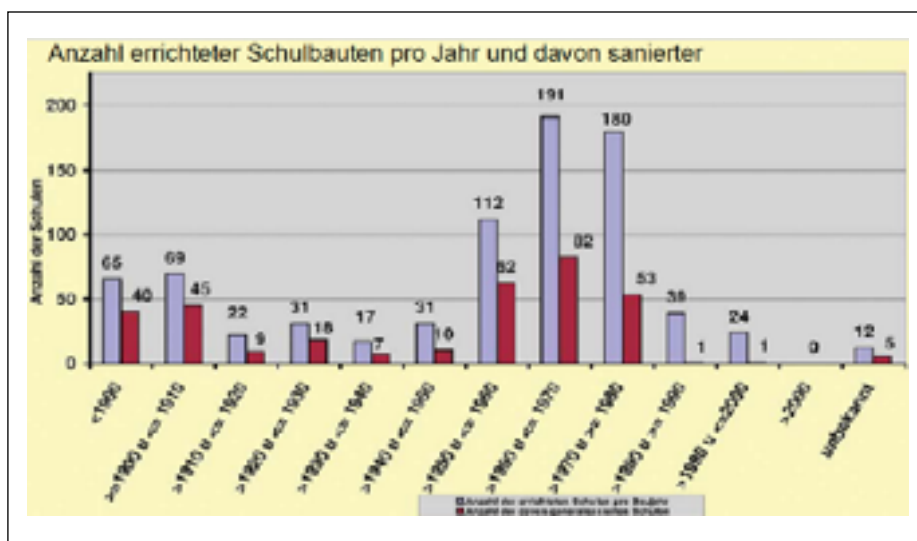


Abb.3: Anzahl errichteter Schulbauten pro Jahr - die Sanierten und was noch zu tun ist!

2. Methode der Bearbeitung

- Alternative Planung auf Passivhausstandard
- Berechnung von Ausführungsvarianten mit PHPP
- Dynamische Gebäudesimulation mit TRNSYS
- Analyse und Minimierung von Wärmebrücken
- Analyse verschiedener Lüftungskonzepte
- Tageslichtplanung und –optimierung mit Adeline
- Entwicklung von vorgefertigten Holzbauelementen
- Ökobilanzierung der Sanierungsvarianten

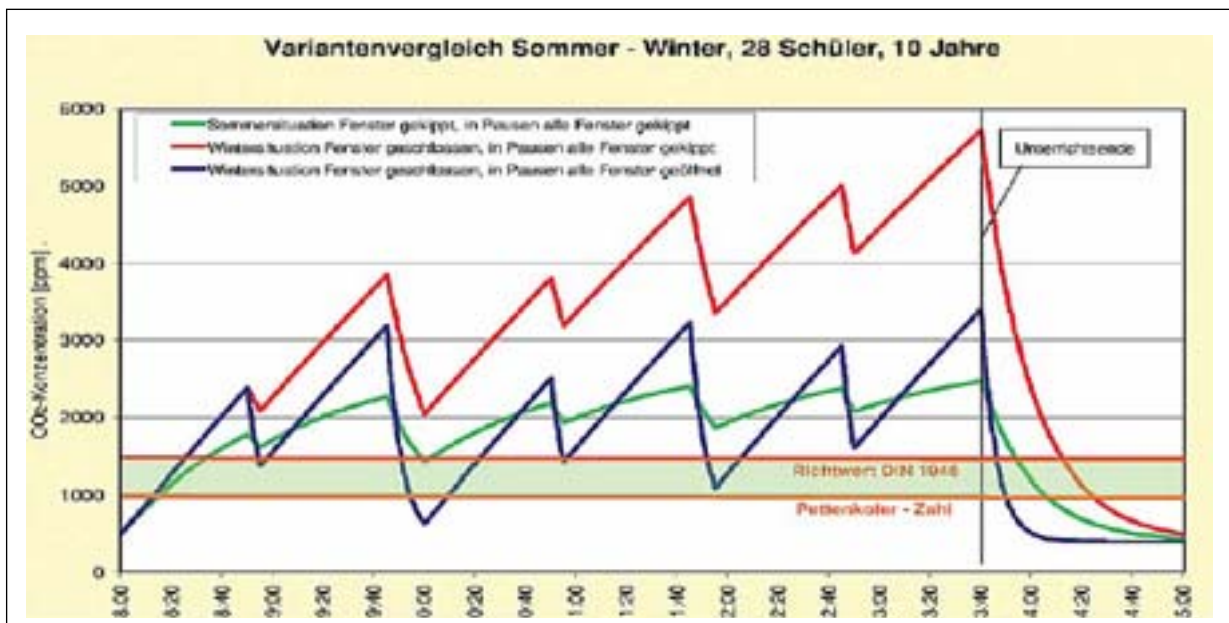


Abb.4: CO₂-Konzentration in Klassenräumen

3. Gesetzte Maßnahmen

- Innovative Holzbautechnologie
- Effiziente und zukunftsorientierte Haustechnik
- Gerüstlose Sanierung während laufendem Schulbetrieb
- Optimierung des Tages- und Kunstlichtkonzepts
- Nutzung nachwachsender Rohstoffe
- nachhaltige und ökologische Gesamtsanierung
- zukunftsweisende Sanierungsmethoden zur Erzielung höchster Luftqualität, Komfort und Behaglichkeit
- geringer Energiebedarf und Steigerung der Nutzungsqualität
- lokale Wertschöpfung und schafft regionale Arbeitsplätze.

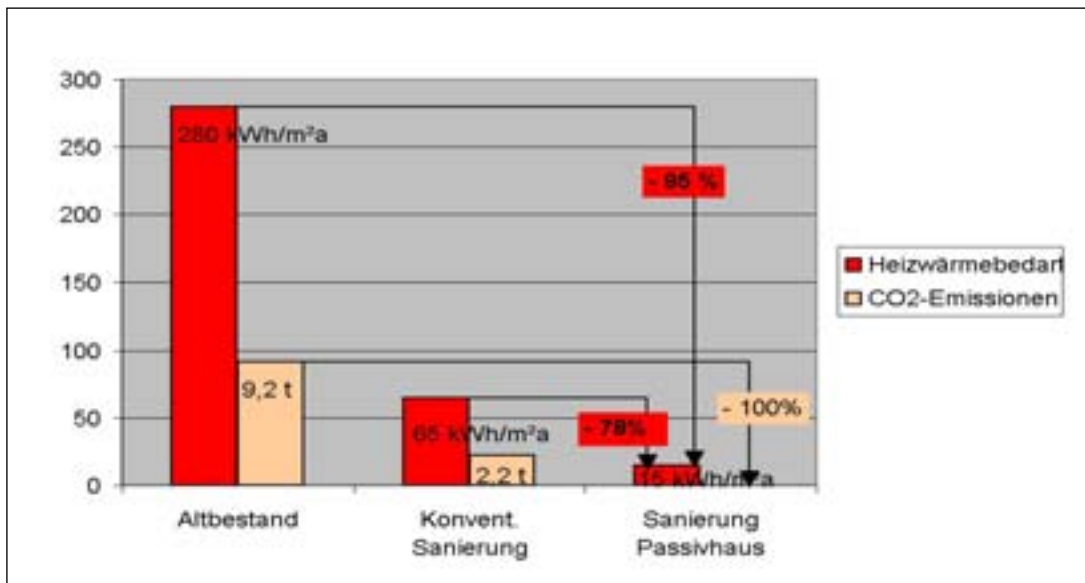


Abb 5: Heizwärmebedarf und CO2-Emissionen im Vergleich

4. Das Projekt



Abb. 6-9: Ganzheitliche Gesamtsanierung über die rein thermische Sanierung hinaus (Funktionalität, Nachhaltigkeit und zeitgemäßer architektonischer Standard)

5. Die Testphase

Herstellung einer Probeklasse mit vorgesetztem Holzbau-Fassadenelement mit eingebauten Lüftungskanälen für Einzellüftung. Eine "Versuchsanordnung in Originalgröße" für das Developing und zur Problemlösung.

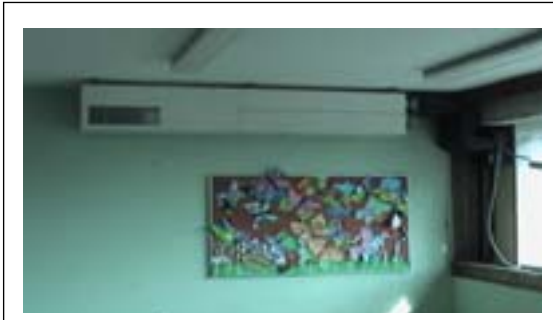


Abb 10-14: Montage des Fassadenelements, Lüftungstestgerät und tageslichtoptimierter Sonnenschutz (2005)

6. Die Realisierung



Abb 15-17: Produktion und Transport der vorgefertigten Fassadenelemente (Juli 2006)

Zubau Hauptschule 2 - Baufortschritt Juli 2006. Der gesamte dreigeschoßige Bauteil in Holzfertigbauweise wurde innerhalb von vier Tagen inkl.Fassade und Fenstern sowie dichtem Dach errichtet.



Abb 18-23: Transport und Montage der vorgefertigten Fassaden- und Dachelemente (Juli 2006)

7. Schlussfolgerung und Ergebnisse

- Sanierung mit wirtschaftlich vertretbaren Mehrkosten
- gravierende Verbesserung des Qualitätsstandards
- Rasche Amortisation wegen rapid steigender Energiekosten
- Energiekennzahl Reduktion von 165 kWh/m²a auf max. 15 kWh/m²a
- Einsparung von 594.000 kWh/a (beim Bestand) – entspricht Faktor 10
- Entscheidende Verbesserung der Tageslichtnutzung bei Reduktion des Energieverbrauchs für die künstliche Beleuchtung (Einsparung ca. 40kWh/m²a)



Abb 24-25: Baufortschritt September 2006



Abb 26-27: Baufortschritt September 2006

8. Auswirkungen der nachhaltigen Sanierung

- Leistungssteigerung in Schulen durch nachhaltige Sanierung
- Kinder haben ein Recht auf Licht und gute Luft!
- Konzentrationssteigerung durch permanente Frischluft und Tageslichtkonzept in Klassen und Gemeinschaftsbereichen.
- Politisches Bekenntnis von Stadt und Land für die Zukunft ihrer Bürger
- Minimierte Baukostenerhöhung durch ausgewogenes Gesamtkonzept
- Passivhausstandard rechnet sich vom ersten Tag an
- Moderne Architektursprache in Kombination mit hochwertiger Ausführungsqualität

9. Das Umsetzungsteam

Steckbrief: PassivhausSchulsanierung Schwanenstadt		
Projektleitung	PAUAT-Architekten	www.pau.at
Holzbau	Obermayr Holzkonstruktionen GmbH	www.obermayr.at
PassivhausTechnik	teamgmi	www.gmi.at
Haustechnikplanung	Planungsteam E-Plus	www.e-plus.at
Komfortlüftung	Drexel & Weiss Energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH	www.drexel-weiss.at
PROJEKTPARTNER	LANG Consulting	www.passivehouse.at
Auftraggeber	Neue Heimat Stadterneuerungsgesellschaft mbH	
Forschungsprogramm	Haus der Zukunft vom BMVIT	www.hausderzukunft.at

© PAUAT-Architekten - Architekt DI Heinz Plöderl

A-4600 Wels, Bernardingasse 14 Tel.: +43 7242-79660-0 Web: www.pau.at

Es dürfen ohne unsere firmenmäßig gezeichnete schriftliche Zustimmung keine Exemplare oder Auszüge an Dritte weitergegeben werden.

Schwanenstadt staví školu

První celková generální sanace veřejné budovy ve standardu pasivního domu

překlad

1. Aktuální situace

V případě **základní školy II. stupně a Vysokého učení technického ve Schwanenstadtu (Horní Rakousko)** se jedná o typický stavební standard veřejných a kancelářských budov z šedesátých a sedmdesátých let se skeletovou železobetonovou konstrukcí.

Stav:

[Fotografie]

Obr.1-2: situace v roce 2005

- Železobetonová konstrukce
- Vnitřní tepelná izolace
- Užitná plocha: cca 3.300 m²
- Spotřeba: 165 kWh/m² užitné plochy / a
- Roční spotřeba: 475 000 kWh
- Situace v roce 2005

Deficity:

- Žádné a / nebo špatné využívání denního světla
- Špatné přirozené osvětlení
- Vysoká spotřeba energie v důsledku umělého osvětlení
- Špatné klimatické poměry
- Neuspokojivé funkční procesy

[Grafika]

Obr. 3: počet postavených školních budov za rok - sanované budovy a dosud nerealizované stavby!

2. Metoda zpracování

- Alternativní projektování ve standardu pasivního domu
- Výpočet variant provedení pomocí PHPP
- Dynamická simulace budovy pomocí TRNSYS
- Analýza a minimalizace tepelných mostů
- Analýza různých koncepcí větrání
- Plánování a optimalizace denního světla díky Adeline
- Vývoj prefabrikovaných dřevěných prvků
- Ekobilance jednotlivých variant sanace

[Grafika]

Obr. 4: Koncentrace CO₂ ve školních třídách

3. Provedená opatření

- Inovativní technologie dřevostaveb
- Účinná a perspektivní technika vybavení budov
- Sanace bez použití lešení za probíhajícího provozu školy
- Optimalizace koncepce denního a umělého osvětlení
- Využívání obnovitelných surovin
- Trvale udržitelná a ekologická celková sanace
- Perspektivní metody sanace za účelem dosažení maximální kvality klimatu, komfortu a pohodlí
- Nízká spotřeba energie a zvýšení užitné kvality
- Místní tvorba hodnot a vytváření regionálních pracovních míst.

[Grafika]

Obr. 5: srovnání potřeby tepla k vytápění a emisí CO₂

4. Projekt

[Grafika]

Obr. 6-9: jednotná celková sanace překračující rámec čistě tepelné sanace (funkčnost, trvalá udržitelnost a nadčasový architektonický standard)

5. Testovací fáze

Vytvoření zkušební třídy s představeným fasádním prvkem s dřevěnou konstrukcí a s integrovanými větracími kanály pro jednotlivá větrání. "Zkušební uspořádání v originální velikosti" pro vývoj a řešení problémů.

[Fotografie]

Obr. 10-14: montáž fasádního prvku, přístroj k testování větrání a optimalizovaná protisluneční ochrana za využití denního světla (2005)

6. Realizace

[Fotografie]

Obr. 15-17: výroba a přeprava prefabrikovaných fasádních prvků (červenec 2006)

Přístavba základní školy II. stupně 2 - průběh stavby v červenci 2006. Celá třípodlažní část s konstrukcí za použití prefabrikovaných dřevěných komponentů byla postavena během čtyř dnů včetně fasády, oken a utěsněné střechy.

[Fotografie]

Obr. 18-23: přeprava a montáž prefabrikovaných fasádních a střešních prvků (červenec 2006)

7. Závěry a výsledky

- Sanace s ekonomicky odůvodnitelnými vícenáklady
- Podstatné zlepšení kvalitativního standardu
- Rychlá amortizace díky rychle rostoucím nákladům na energie

- Energetický koeficient snížení ve výši 165 kWh/m²a na max. 15 kWh/m²a
- Úspora ve výši 594.000 kWh/a (u stávající stavby) – odpovídá faktoru 10
- Rozhodující zlepšení využívání denního světla za současného snížení spotřeby energie na umělé osvětlení (úspora ve výši cca 40 kWh/m²a)

[Fotografie]

Obr. 24-25: průběh stavby září 2006

[Fotografie]

Obr. 26-27: průběh stavby září 2006

8. Vlivy trvale udržitelné sanace

- Zvýšení výkonnosti ve školách díky trvale udržitelné sanaci
- Děti mají právo na světlo a kvalitní vzduch!
- Zvýšení koncentrace díky stálému přísunu čerstvého vzduchu a koncepci denního světla v jednotlivých třídách a společných prostorech
- Politická odpovědnost města a státu za budoucnost svých občanů
- Minimální zvýšení stavebních nákladů díky vyvážené celkové koncepci
- Standard pasivního domu se vyplatí již od prvního dne
- Moderní architektonický jazyk v kombinaci s vysokou kvalitou provedení

9. Realizační tým

[Grafika]

© PAUAT-Architekten - architekt DI Heinz Plöderl

A-4600 Wels, Bernardingasse 14 Tel.: +43 7242-79660-0, web: www.pau.at

Bez našeho písemného souhlasu s firemním podpisem je zakázáno předávat třetím osobám jakékoli exempláře nebo výtahy.

Umbau einer Kfz-Lackiererwerkstatt in eine Wohnanlage im Passivhausstandard

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt und Stadtplaner BDA

RONGEN ARCHITEKTEN, Propsteigasse 2, D - 41849 Wassenberg

Tel: +49 (0) 2432 3094, Fax: +49 (0) 2432 4304, e-mail: info@rongen-architekten.de

1. Projekterläuterung

Die ehemalige Kfz-Lackiererwerkstatt im Innenbereich der Stadt Wassenberg ist in den 50er-Jahren errichtet worden. Der vordere Gebäudeteil beinhaltete ursprünglich Büro- und Verkaufsflächen. In den 70er-Jahren wurde das bestehende Verwaltungs- und Verkaufsgebäude (Vorderhaus) zu einem Wohnhaus umgebaut.

Die Bauherren traten mit dem Wunsch an unser Büro heran, nun den gesamten Gebäudekomplex vollständig einer Wohnnutzung zuzuführen: Der vorhandene Gewerbebetrieb wurde in ein Gewerbegebiet ausgelagert. Anstelle des bisherigen Betriebes sollten entweder durch Komplettabbruch der Gewerbehalle und völligen Neubau oder durch Teil-Abbruch der Gewerbehalle unter Wiederverwendung bestimmter Bauteile/Bauelemente 8 Wohnungen in Passivhausstandard entstehen. Das Flachdach des Wohnhauses (Vorderhaus) sollte ursprünglich nur instand gesetzt werden.



Abb. 1 Bestandsfotos: bestehende Kfz-Lackiererwerkstatt vor der Sanierungsmassnahme

Nach diversen Gesprächen und Verhandlungen und der Erstellung eines Gutachtens zur Frage der Finanzierung und der Wirtschaftlichkeit des gesamten Bauvorhabens, wurde entschieden, das Objekt nicht - wie geplant - mit öffentlichen Mitteln zu fördern. Die Forderung nach strikter Einhaltung bürokratischer Richtlinien machte es leider unmöglich das Bauvorhaben mit einer Neubauförderung auszustatten.

Das letztendlich frei finanziert Objekt "rechnete sich" dann doch, weil das Flachdach des zweigeschossigen Vorderhauses, das ursprünglich nur saniert werden sollte, um einen Gebäudeteil aufgestockt worden ist. Dadurch entstanden zwei zusätzliche, neue Wohnungen, die ebenfalls dem Passivhausstandard entsprechen.

Schließlich wurden insgesamt 10 statt der ursprünglich 8 geplanten Wohnungen gebaut: aus der ehemaligen Kfz-Lackiererwerkstatt (Halle) wurde eine Wohnanlage mit 8 zweigeschossigen Wohnungen um einen Innenhof. Das ehemalige Dach der Halle einschließlich seiner Belichtungs-Sheds blieb weitestgehend erhalten. Jede Wohnung hat ihren eigenen separaten Zugang, um Wohnhauscharakter für die Nutzer zu schaffen.



Abb. 2 Darstellung der einzelnen Bauabschnitte anhand einer Modellgrafik

Im Zuge der Sanierung wurde nicht nur die Nutzung von einer gewerblichen zu einer Wohnnutzung geändert, sondern das gesamte Gebäude wurde zudem auch energetisch wesentlich verbessert: durch den Umbau in Passivhausstandard.

Das Gebäude verbraucht heute im Vergleich zu seinem ursprünglichen Zustand nur noch 9,3% der vormals benötigten Energie (vorher: 142,03 kWh/m²a; heute: 13,10 kWh/m²a).



Abb. 3 Die Wohnanlage nach der Fertigstellung

Folgende Maßnahmen waren notwendig, um die alte Werkstatt in Passivhausstandard zu versetzen: Das bestehende Hallendach ist mit Mineralwolle von 32cm Stärke nachträglich gedämmt worden. Die vorhandene Altfassade wurde von außen zusätzlich gedämmt (Mineralwolle, 26cm) und mit einem vorgestellten Ständerwerk und Holzverschalung versehen. Die Wohnanlage ist im Bereich der ehemaligen Halle mit einer Bodenplattendämmung aus 26cm starken Dämmplatten unterhalb des Estrichs versehen worden. Und schließlich sind alle alten Fenster durch neue Fenster mit einem U-Wert von 0,79 ersetzt worden.

Die Wohnanlage ist mit einem für ein Passivhaus typischen Zentrallüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Es wurden etwa 60m Erdwärmetauscher verlegt. Die Nachheizung erfolgt über Elektro-Luft heater in den einzelnen Wohnungen.

Přestavba lakovny vozidel na bytové zařízení ve standardu pasivního domu

překlad

1. Vysvětlení projektu

Bývalá lakovna vozidel ve vnitřní oblasti města Wassenbergu byla postavena v padesátých letech. Přední část budovy původně zahrnovala kancelářské a prodejní plochy. V sedmdesátých letech byla stávající administrativní a prodejní budova (přední dům) přestavěna na bytový dům.

Stavebníci se na naši kancelář obrátili s prosbou přestavět nyní za účelem bytového užívání komplex budov jako celek: stávající provoz byl přeložen do průmyslové zóny. Místo dosavadního provozu by mělo vzniknout 8 bytů ve standardu pasivního domu, a to buď úplným stržením průmyslové haly a úplnou novostavbou, nebo částečným stržením průmyslové haly za použití určitých částí / stavebních prvků. Rovná střecha bytového domu (přední dům) měla být původně pouze opravena.

[Fotografie]

Obr. 1 Fotografie: stávající lakovna vozidel před prováděním sanačních opatření

Po četných konzultacích a jednáních a vyhotovení odpovídajícího posudku ohledně otázky financování a hospodárnosti celého stavebního záměru bylo na rozdíl od původního plánu rozhodnuto objekt nepodporovat z veřejných prostředků. Požadavek týkající se striktního dodržování byrokratických směrnic bohužel znemožnil získat na stavební záměr podporu pro novostavby.

Objekt, který byl tedy nakonec financován nezávisle, se však přece jen "vyplatil", protože rovná střecha dvoupodlažního předního domu, která měla být původně pouze sanována, byla navýšena o jednu část budovy. Díky tomu vznikly dva dodatečné nové byty, které rovněž vyhovují standardu pasivního domu.

Nakonec bylo postaveno celkem 10 místo původně plánovaných 8 bytů: z bývalé lakovny (hala) se stalo bytové zařízení s 8 dvoupodlažními byty umístěnými kolem vnitřního dvora. Původní střecha haly včetně jejích osvětlovacích přístěnků zůstala v maximální míře zachována. Každý byt je vybaven vlastním odděleným přístupem, aby byl pro uživatele zajištěn charakter bytového domu.

[Grafika]

Obr. 2 Zobrazení jednotlivých úseků stavby na základě modelového grafu

V průběhu sanace nešlo jen o to, že bude změněn druh užívání z průmyslového na bytový, nýbrž i o to, že celá budova byla rovněž podstatně energeticky zhodnocena: díky přestavbě na budovu ve standardu pasivního domu.

Budova má nyní ve srovnání s původním stavem spotřebu pouhých 9,3 % původní spotřeby energie (dříve: 142,03 kWh/m²a; dnes: 13,10 kWh/m²a).

[Fotografie]

Obr. 3 Bytový dům po dokončení

Pro přestavbu staré lakovny na budovu ve standardu pasivního domu byla nutná následující opatření: stávající střecha haly byla dodatečně izolována minerální vatou o tloušťce 32 cm. Stávající stará fasáda byla dodatečně zaizolována zvnějšku (minerální vata, 26 cm) a opatřena předsunutou hrázděnou stavbou a dřevěným bedněním. Obytné zařízení bylo v oblasti původní haly opatřeno izolací tvořenou podlahovými izolačními deskami o tloušťce 26 cm umístěnými pod potěrem. A konečně - všechna stará okna nahrazena novými okny s U hodnotou ve výši 0,79.

Bytové zařízení je vybaveno centrální větrací jednotkou s rekuperací tepla, typickou pro pasivní domy. Bylo položeno zhruba 60 m podzemních výměníků tepla. Dodatečné vytápění probíhá pomocí elektrických ohříváčů vzduchu umístěných v jednotlivých bytech.

Erstes Altenpflegezentrum in Stahlzellen-Modulbauweise – unter teilweise Verwendung bestehender Altbausubstanz

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt und Stadtplaner BDA

RONGEN ARCHITEKTEN, Propsteigasse 2, D - 41849 Wassenberg

Tel: +49 (0) 2432 3094, Fax: +49 (0) 2432 4304, e-mail: info@rongen-architekten.de

1. Projekterläuterung

Das Altenpflegeheim St. Josef in Mönchengladbach-Giesenkirchen wird ein neues Pflegezentrum mit 84 Pflegeplätzen. Es dient als Ersatzbau und Erweiterung für ein auf dem Grundstück bestehendes Altenpflegeheim. Das vorhandene Gebäude entspricht in seiner baulichen Konzeption nicht mehr den Ansprüchen an eine zeitgemäße Altenpflege. Nach genauen Abwägungen fiel die Entscheidung für einen Neubau und einen Teilrückbau des vorhandenen Pflegezentrums. Der verbleibende Teil des Bestandes und der Neubau werden zusammen das neue Pflegeheim bilden.

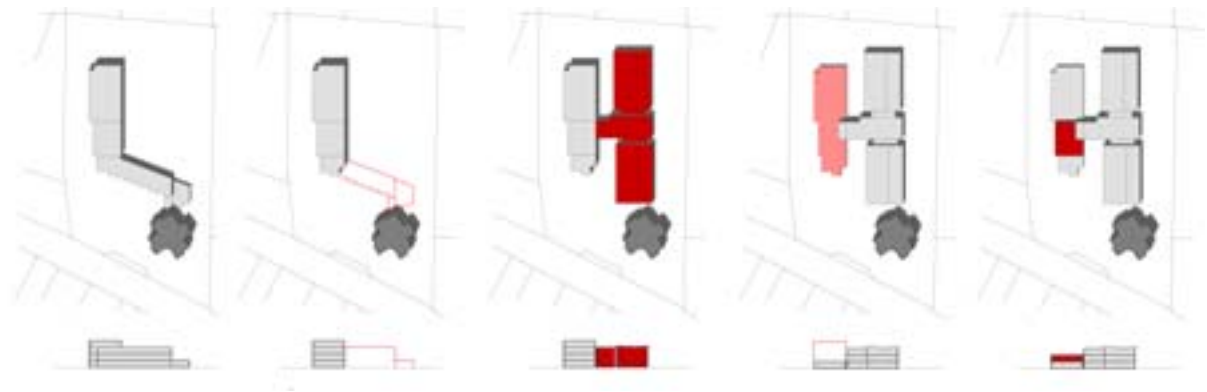


Abb. 1 Bauphasen

Eine Besonderheit der Bauaufgabe besteht darin, den Neubau bei noch bewohntem Altbaubestand zu errichten. So wird zuerst lediglich der Querriegel („Sägezahn“) des Bestandes abgebrochen, während das Restgebäude weiter vollständig bewohnt bleibt. Das neue Pflegezentrum wird neben dem alten Pflegeheim in die Höhe "wachsen"; in Stahlzellen-Modulbauweise wird der Neubau vor Ort mittels eines 200 t Autokrans montiert. Wenn der Neubau in Modulbauweise komplett errichtet ist, erfolgt der Umzug aller BewohnerInnen in ihre neuen Zimmer. Erst jetzt kommt der Zeitpunkt an dem auch der Rest des Altbaus (das alte Hauptgebäude) bis auf das Erdgeschoss abgerissen wird. Über diesem verbleibenden Erdgeschoss wird schließlich im ersten Obergeschoss eine neue Kapelle errichtet. Das verbleibende Erdgeschoss selber wird saniert, umgebaut und in den Neubau integriert: dort werden auch im Neubau weiterhin die Küche, der Speisesaal und der Eingangsbereich untergebracht bleiben.



Abb. 2 Nord- und Westansicht

Da das noch bewohnte, vorhandene Altenpflegeheim während der Bauzeit des Neubaus in Betrieb bleibt, sollte die Zeitdauer der Bauphase auf ein Minimum reduziert werden. Aus diesem Grunde wurde entschieden, das neue Gebäude in Modulbauweise aus Stahlzellen-Fertigmodulen zu bauen. Es ergibt sich eine Bauzeitreduzierung von etwa 20 Monaten auf 5 Monate. Das einzelne Modul hat eine Größe von 3,89 m x 15,25 m und ist 3,20 m hoch.

In dem Neubau werden die BewohnerInnen in zwei langgestreckten, 3-geschossigen Gebäudeflügeln wohnen. Jeweils 14 Zimmer und ein zugehöriger Aufenthaltsraum in einem Flügel bilden eine Wohngruppe. Die BewohnerInnen der jeweiligen Wohngruppen leben in einer festen Gemeinschaft zusammen – so kann eine "neue Familie" entstehen.

Die Entscheidung, das neue Altenpflegeheim in Passivhausstandard zu errichten, fiel dem Bauherrn leicht. Nicht zuletzt auch die sehr guten Erfahrungen, die der Träger bereits mit dem vom Büro Rongen Architekten geplanten und gebauten Caritas-Haus Neuwerk gemacht hat, waren mit ausschlaggebend für diese Entscheidung. Die guten Erfahrungen seit seiner Inbetriebnahme 2003 überzeugten den Träger, das neue Altenpflegeheim auch jetzt wieder im Passivhausstandard zu realisieren. Ein wesentlicher Qualitätsfaktor für das neue Haus ist die Tatsache, dass der sonst für Altenheime typische Ungeruch in einem Passivhaus ausbleibt. Die kontrollierte Wohnraumlüftung sorgt dafür, dass die Luft im Inneren des Gebäudes von höchster Qualität ist. Es wird erwartet, dass durch die Stahlzellen-Modulbauweise (Vorfertigung der Module im Werk) im Vergleich zur konventionellen Bauweise im Passivhausstandard noch bessere Werte für den Blower Door Test erreicht werden und somit mehr Energie und auch Heizkosten gespart werden können. Das oben bereits erwähnte Passivhaus Caritas-Haus Neuwerk spart zum heutigen Stand schon 17.431 Euro/Jahr an laufenden Kosten gegenüber einer Ausführung in Niedrigenergiehausstandard. Das zu erwartende, verbesserte Blower-Door-Testergebnis für das neue Caritas-Haus St. Josef in Giesenkirchen und die weiter rasant steigenden Heizölpreise werden mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer noch wesentlich größeren Kosteneinsparung für das neue Haus führen.

První středisko pro péči o seniory s modulovou konstrukcí ocelových buněk – za částečného použití stávající staré stavby

překlad

1. Vysvětlení projektu

Domov pro péči o seniory St. Josef v Mönchengladbach-Giesenkirchenu bude přestavěn na nové pečovatelské středisko s 84 místy. Bude se jednat o doplňkovou stavbu a rozšíření stávajícího domova pro péči o seniory nacházejícího se na pozemku. Stávající budova s ohledem na svou stavební koncepci již dále nevyhovuje požadavkům kladeným na současnou péči o seniory. Po podrobných úvahách padlo rozhodnutí realizovat novostavbu a částečné odstranění stavby stávajícího domova pro seniory. Zbylá část staré stavby a novostavba budou společně tvořit nový domov pro seniory.

[Grafika]

Obr. 1 Fáze stavby

Určitá zvláštnost projektu spočívá ve skutečnosti, že novostavba bude budována tak, že stará stavba zůstane během realizace dále obývána. Nejprve tedy dojde pouze ke stržení příčky („pilového zubu“) staré budovy, zatímco zbytek budovy zůstane dále kompletně obýván. Nový pečovatelský dům poroste vedle starého domova do výšky; novostavba bude následně sestavována modulovým způsobem za použití ocelových buněk a dvěstětunového autojeřábu. Jakmile bude novostavba s touto modulární konstrukcí zcela postavena, tak se všichni obyvatelé přestěhují do nových pokojů. Teprve nyní dojde ke stržení zbytku staré stavby (staré hlavní budovy) až po přízemí. Nad tímto zbylým přízemím bude následně v prvním nadzemním podlaží vybudována nová kaple. Zbylé přízemí jako takové bude sanováno, přestavěno a integrováno do novostavby: i v rámci novostavby zde zůstanou kuchyně, jídelna a vstupní oblast.

[Grafika]

Obr. 2 Severní a západní pohled

Protože stávající a dosud obývaný starý domov pro seniory zůstane během stavby nové budovy v provozu, tak by mělo být trvání této fáze stavby omezeno na minimum. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto postavit novou budovu modulárním způsobem za použití prefabrikovaných modulů tvořených ocelovými buňkami. To znamená zkrácení doby stavby ze zhruba 20 měsíců na pouhých 5. Jednotlivé moduly mají velikost 3,89 m x 15,25 m a výšku 3,20 m.

V novostavbě budou obyvatelé bydlet ve dvou podélných a třípodlažních křídlech. Vždy 14 pokojů a příslušný společenský prostor v křídle budou představovat jednu obytnou skupinu. Obyvatelé příslušných obytných skupin budou žít v pevném společenství – může tak vzniknout "nová rodina".

Rozhodnutí vybudovat nový domov pro péči o seniory ve standardu pasivního domu bylo pro stavebníka snadné. Pro toto rozhodnutí svědčily v neposlední řadě rovněž velice dobré zkušenosti, které měl stavebník s novostavbou hospice projektovanou a postavenou kanceláří Rongen Architekten. Dobré zkušenosti od uvedení této stavby do provozu v roce 2003 přesvědčily stavebníka o tom, že by bylo dobré postavit nový domov pro seniory opět ve standardu pasivního domu. Nezanedbatelným kvalitativním faktorem u nové budovy je skutečnost, že zápach moči, který je pro domovy pro seniory jinak typický, se v pasivním domě nebude vyskytovat. Kontrolované větrání obytných prostor zajišťuje, že vzduch uvnitř budovy bude mít tu nejvyšší kvalitu. Očekává se, že díky modulární konstrukci za použití ocelových buněk (prefabrikace modulů v závodě) bude možno ve srovnání s konvenčními konstrukcemi u pasivních domů dosáhnout ještě lepších hodnot u Blower Door testu, čímž se ušetří ještě více energie a nákladů na vytápění. Výše uvedená novostavba hospice ve standardu pasivního domu ušetřila k dnešnímu dni již 17.431 Eur / ročně na běžných nákladech oproti provedení v nízkoenergetickém standardu. Očekávaný lepší výsledek testu Blower-Door u nového domova pro seniory St. Josef v Giesenkirchenu a stále prudce rostoucí ceny topného oleje s největší pravděpodobností přispějí k ještě větším úsporám nákladů u nové budovy.

Qualitätssicherung im Passivhaus

Günther Gantioler, TBZ GmbH (PHI-Zertifizierer für Italien)

Pfarrhofstrasse 60a, I-39100 Bozen (BZ-Italy) www.tbz.bz

Tel: +39 0471 251701, Fax: +39 0471 252621, email: info@tbz.bz

1. Allgemeines zur Qualitätssicherung

1.1. Warum Qualitätssicherung?

Generell geht es bei der Qualitätssicherung um die Überbrückung der Fehlermöglichkeiten auf dem Weg zum Erreichen eines angepeilten Zieles. Das Ziel ist das Bauen von Gebäuden mit einem (im Verhältnis zum bisherigen Baustandard) extrem niedrigen Energieverbrauch.

In bezug auf Passivhäuser mündet dies in eine Gefahr, dass das versprochende Resultat nicht erreicht wird und der Energieverbrauch höher als der angepeilte ist.

Eine der größten Missverständnisse für die Auftraggeber und Auftragnehmer besteht darin, dass die Heizwärme-Energiekennzahl oftmals missverstanden wird. Ich möchte dies kurz am Beispiel eines Passiv-Mehrfamilienhauses (4 Wohnungen zu je 100 m² Wohnfläche, Ölpreis Italien ca. 1 € pro Liter) mit Ölheizung aufzeigen:

Der Jahres-Heizwärmebedarf und seine Kosten errechnen sich über die Multiplikation der Energiekennzahl mit der beheizten Nettowohnfläche:

Jahresheizwärmebedarf = Energiekennzahl x Nettowohnfläche

Beispiel: 6.000 kWh/a = 15 kWh/m²a x 400 m²

Jahreskosten „einfach“ = Jahresheizwärmebedarf x spezifische kWh-Kosten bei Öl

Beispiel: 600 €/a = 6.000 kWh/a x 0,1 €/kWh

Bei dieser Milchmädchenrechnung wird den Bauherren suggeriert, dass sie nur 600 € Heizölkosten pro Jahr einplanen müssen. Die echten Heizölkosten setzen sich jedoch aus dem Heizwärmebedarf, dem Warmwasser-Energiebedarf und den Heizanlagenverlusten zusammen

Anlagenverlust = Heizwärmebedarf x Anlagen-Gesamtverlust

Beispiel: 1.200 kWh/a = 6.000 kWh/a x 20%

Warmwasser-Energiebedarf = Personen x ca. 1.000 kWh/Person

Beispiel: 16.000 kWh/a = 1.000 kWh/Person x 4 Wohnungen x 4 Personen

Der Gesamtenergiebedarf beträgt also (vereinfacht gerechnet!!):

Gesamtenergiebedarf = Heizwärmebedarf + Anlagenverlust + Warmwasser-E.bedarf

Beispiel: 23.200 kWh/a = 6.000 kWh/a + 1.200 kWh/a + 16.000 kWh/a

Die Kosten dementsprechend

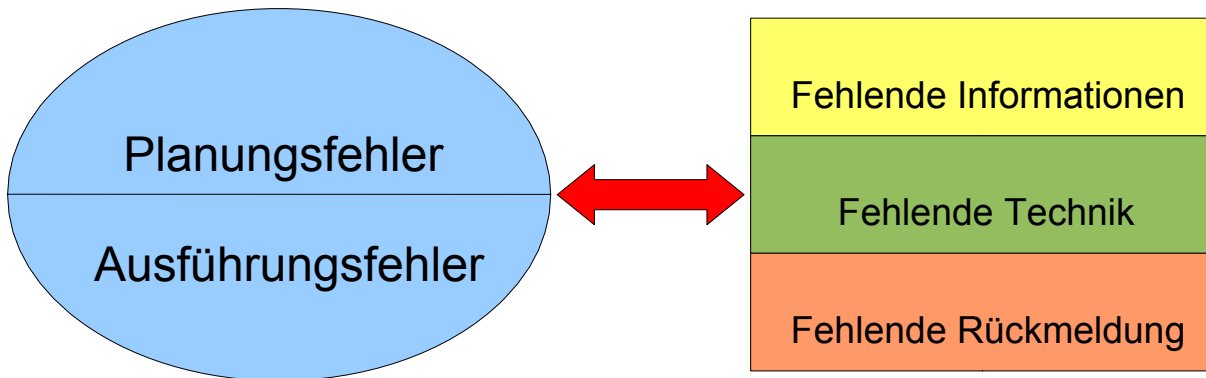
Beispiel: 2.320 €/a = 23.200 kWh/a x 0,1 €/kWh

Zur Vermeidung von herben Enttäuschungen empfehlen wir deshalb, den Passivhaus-bauwilligen Kunden zur Energiekennzahl auch den Jahrespreis für Heizung und Warmwasserproduktion zu nennen.

Um nun selbst eine größtmögliche Sicherheit zu haben, die versprochenen Kosten einhalten zu können (in manchen Fällen wird diese Sicherheit vom Kunden auch dezidiert schriftlich eingefordert, z.B. Passivhaus-Wolkenkratzer Mailand), muss eine entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung und Ausführung erfolgen.

1.2. Elemente der Qualitätssicherung von Passivhäuser

Die Qualitätssicherung dient der Vermeidung von Fehlern bei der Planung und Ausführung, welche prinzipiell drei Ursachen haben:



Am einfachsten lässt sich die fehlende Technik korrigieren, da es diesbezüglich inzwischen in Europa sehr viele Anbieter gibt und die Datenband des Passivhaus-Institutes zu zertifizierten Systemen ständig an Umfang gewinnt. Die fehlende Information hingegen sowie die fehlende Rückmeldung sind schwieriger zu vermeiden.

Bei der fehlenden Information gilt es, eine Balance zwischen zuviel Detailinformationen und zu wenig zu halten. Zu viel Informationen führt dazu, dass alle Details zu stark hinterfragt werden und man vor lauter „Bäumen oft den Wald“ aus den Augen verliert. Trotzdem sollten alle Beteiligten (Bauherren = Laie; Planer = ausgebildeter Fachmann; Handwerker = Fachmann) alle notwendigen Informationen erhalten, um ihre Tätigkeit kompetent ausführen zu können.

Die fehlende Rückmeldung betrifft vor allem die Handwerker. Der notwendige luftdichte Einbau der Haustür bleibt dem Monteur verschlossen, wenn er nicht direkt beim Luftdichtheitstest die Tür einbauen kann. Nur eine perfekte Sichtmontage durchzuführen, erfüllt noch nicht die hohe Anforderung an Luftdichtheit.

Um alle drei Ebenen der Fehlerquellen mit einfachen und praktischen Mitteln zu begegnen, haben wir eine Checkliste erarbeitet, welche dem Passivhaus-Betreuer eine bestimmte Mindest-Disziplin aufdrängt, um wichtige Teile nicht zu vergessen. Einen Auszug sehen Sie auf den nachfolgenden Seiten abgedruckt, das gesamte Dokument kann in deutsch, tschechisch und italienisch von unserer Homepage www.tbz.bz heruntergeladen werden.

2. Die Qualitätssicherung

Nach dem bereits gesagtem wird es einfacher, den Unterschied zwischen Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle zu treffen. Die Qualitätssicherung ist im eigenen Interesse bemüht, alles zur realen Einhaltung der geforderten Qualität zu tun. Qualitätskontrollen sind bestimmte Milestones zum abchecken der angepeilten Vorgaben und Ziele.

2.1. Qualitätskontrolle mit Detailplanung und PHPP

In der Planungsphase stellt das PHPP (Programm zur Berechnung von Passivhäusern des Passivhausinstitutes Darmstadt) die beste Kontrolle dar. Bleiben Lücken in der Berechnung, so hat man diese Punkte noch nicht gelöst. Wir empfehlen deshalb als erstes, alle Gebäudehülle-Aspekte sowie die notwendigen Angaben zur Lüftungsanlage lückenlos einzugeben.

Alle Anschlüsse, welche nicht im Detail geplant wurden, sollten trotzdem als Wärmebrücke mit PSI-Werten um 0,05 im Programm vermerkt werden, um Spielraum in bezug auf den Ergebniswert der Energiekennzahl zu haben.

2.2. Qualitätskontrolle mit Handwerkerinformation

Nach Abschluss der Planungsphase sollte eine erste gemeinsame Sitzung mit allen Handwerkern erfolgen, um das Verständnis für interdisziplinäres Arbeiten zu erhöhen und gegenseitigen Respekt zu fördern. Gerade Informationen zur Luftdichtheit sollten nun weitergegeben werden, um spätere Überraschungen zu vermeiden. Nützlich ist auch eine MP3-Aufnahme dieser ersten Sitzung, um sie den Handwerkern als Gedächtnisstütze übermitteln zu können.

Überhaupt ist es bei den Treffen mit den Handwerkern erforderlich, Kurz-Memos zu verfassen und ihnen sowie dem Planer zur Verfügung zu stellen. Während der Bauphase sollten mehrere Baustellentreffen (siehe Checkliste) durchgeführt werden, um eventuelle Fragen klären zu können. Der Energieberater kann jedoch im Normalfall eine aufmerksame Bauleitung nicht ersetzen.

2.3. Qualitätskontrolle durch Kontrolltests

Nach Abschluss der Bauphase werde folgende Tests durchgeführt:

- BlowerDoor-Luftdichtheitsmessung zur Ermittlung des n_{50} ($< 0,6$) sowie Überprüfung der einzelnen Handwerker:
 - Baufirma: Kamine, Installationsschächte, Rolladenkasten, ...
 - Zimmermann: luftdichte Anbindung des Daches, Trockenbauwände, ...
 - Installateur: Lüftungskanäle, Installationsschächte, ...
 - Elektriker: Elektrodosen, Rollmotorisierung, Glocke, Außenlicht, Antenne, ...
 - Fensterbauer: luftdichter Einbau der verglasten Elemente
 - Türenbauer: luftdichter Einbau der Haustüren

- Infrarot-Thermografie zur Kontrolle der Wärmebrücken
 - Wärmebrücken, verursacht durch unvollständiges Ausfüllen von Hohlräumen mit Dämmstoff, z.B. Einblasdämmung
 - Wärmebrücken, verursacht durch Luftundichtheiten
 - Wärmebrücken durch generelle Bau- und Planungsfehler
- Balancierung der Lüftungsanlage
 - Einstellung des richtigen Volumenstroms an jedem Luftauslass
 - Funktionstest
 - Putzkontrolle, Filterwechsel, ...

2.4. *Monitoring der Ergebnisse*

Zur besseren Dokumentation und Überprüfung der erzielten Ergebnisse sollten alle Wärme- bzw. Kälteerzeuger mit einem Energiezähler ausgestattet werden. Dies gilt insbesondere auch für Wärmepumpen, bei denen sowohl ein Stromzähler als auch eine Wärme-/Kältezähler eingebaut werden sollte.

3. Checkliste

Kontrolní seznam pro zajištění kvality

stavba: pasivní dům XMAN, Místo (OV-CZ)
 datum: 14.08.06 pracovník: Monika Legierska
 energetické niveau: pasivní

plocha/objem		test neprodyšnosti budovy	
údaje rozměru, varianta ze dne		objem vzduchu pro test	480
údaje rozměru, varianta ze dne		N50 při testu ze dne	
údaje rozměru, varianta ze dne		N50 při testu ze dne	
údaje rozměru, varianta ze dne		N50 při testu ze dne	
údaje rozměru, varianta ze dne		N50 při testu ze dne	

kontrola výběrového řízení			
stavební firma	☐	instalatér	☐
tesařské práce	☐	elektrikář	☐
produkce a montáž oken	☒	kamnář	☐
produkce a montáž dveří	☐		☐

pohovor s	datum	kontaktní osoba	číslo tel.
vlastník budovy			
projektant			
tepelný technik			
technik pro statiku			
stavební firma		Jan Novák	700-.....
technik pro tesařské práce			
technik pro montáž oken			
technik pro montáž dveří			
plošná izolace			
instalatér			
elektrikář			
kamnář			
protisluneční ochrana			



© TBZ GmbH
 Pfarrhofstrasse 60a
 I-39100 Bozen (BZ)

Tel: +39 0471 251701
 Fax: +39 0471 252621

Web: www.tbz.bz
 Email: info@tbz.bz

2006-08-21 ml CZ PH-Qualitätssicherung Checkliste.odt
 Gantioleer Günther
 Seite 1 von 6

Zajištění jakosti u pasivních domů

překlad

1. Obecně k zajištění jakosti

1.1. Proč zajištění jakosti?

V případě zajištění jakosti se v zásadě jedná o minimalizaci chyb na cestě k vytčenému cíli. Cíl spočívá ve stavbě budov s (v porovnání s dosavadním standardem stavění) extrémně nízkou spotřebou energie.

V oblasti pasivních domů zde hrozí nebezpečí, že slibovaných výsledků nebude dosaženo a že spotřeba energie bude vyšší než plánovaná.

Jedno z největších nedorozumění u objednatelů a zhotovitelů se týká skutečnosti, že energetický koeficient tepla k vytápění je často špatně chápán. Tento stav bych chtěl stručně ilustrovat na příkladu vícegeneračního pasivního domu (4 byty s obytnou plochou vždy 100 m², cena oleje v Itálii cca 1 € za litr) s olejovým vytápěním:

Roční potřebu tepla k vytápění a související náklady lze vypočítat vynásobením energetického koeficientu vytápěnou čistou obytnou plochou:

Roční potřeba tepla k vytápění = energetický koeficient x čistá obytná plocha

Příklad: 6.000 kWh/a = 15 kWh/m²a x 400 m²

Roční náklady "jednoduché" = roční potřeba tepla k vytápění x specifické náklady na kWh v případě oleje

Příklad: 600 €/a = 6.000 kWh/a x 0,1 €/kWh

Tímto elementárním výpočtem se stavebníkům sugeruje představa, že musí zaplánuvat roční náklady na topný olej ve výši pouhých 600 €. Skutečné náklady na topný olej se však skládají ze spotřeby tepla k vytápění, spotřeby energie k přípravě teplé vody a odpovídajících ztrát u topného systému.

Ztráty u zařízení = spotřeba tepla k vytápění x celkové ztráty zařízení

Příklad: 1.200 kWh/a = 6.000 kWh/a x 20 %

Spotřeba energie k přípravě teplé vody = počet osob x cca 1.000 kWh / osoba

Příklad: 16.000 kWh/a = 1.000 kWh / osoba x 4 byty x 4 osoby

Celková spotřeba energie tedy činí (při zjednodušeném výpočtu!!!):

Celková spotřeba energie = spotřeba tepla k vytápění + ztráty zařízení + spotřeba energie k přípravě teplé vody

Příklad: 23.200 kWh/a = 6.000 kWh/a + 1.200 kWh/a + 16.000 kWh/a

A odpovídající náklady:

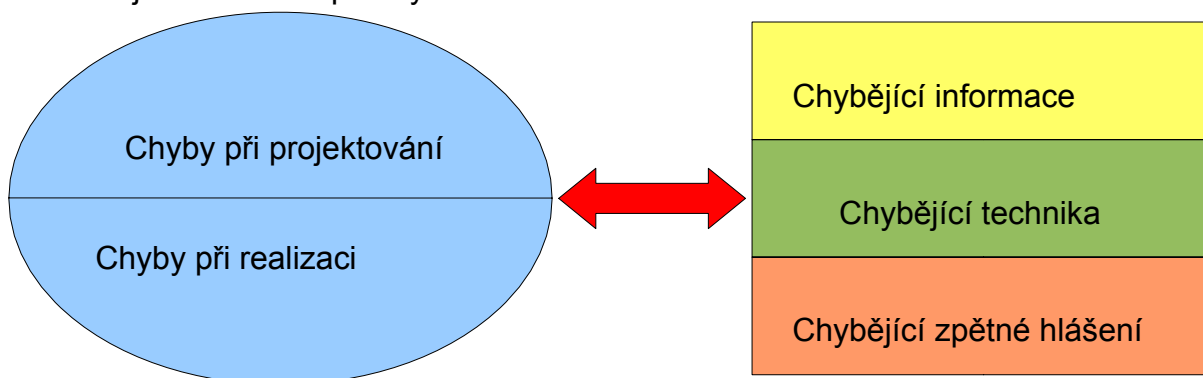
Příklad: 2.320 €/a = 23.200 kWh/a x 0,1 €/kWh

Aby tedy nedocházelo k hořkým zklamáním, tak doporučujeme uvádět zákazníkům ochotným stavět pasivní dům vedle energetického koeficientu rovněž roční cenu za vytápění a přípravu teplé vody.

A abychom i my sami měli maximální jistotu, že bude možno dodržet výši slibovaných nákladů (v mnoha případech zákazník tuto jistotu dokonce písemně vyžaduje, např. mrakodrap ve standardu pasivního domu v Miláně), tak musí při projektování a realizaci probíhat odpovídající kontrola jakosti.

1.2. Jednotlivé prvky zajištění jakosti u pasivních domů

Zajištění jakosti slouží k minimalizaci případných chyb při projektování a realizaci, které mají v zásadě tři příčiny:



Chybějící techniku lze korigovat nejlépe, protože v této oblasti existuje v Evropě velké množství poskytovatelů a databáze Institutu pasivních domů v oblasti certifikovaných systémů se stále rozšiřuje. Chybějící informace a zpětná hlášení lze naproti tomu minimalizovat obtížněji.

V případě chybějících informací jde o to najít přiměřenou rovnováhu mezi příliš velkým a příliš malým množstvím podrobných informací. Příliš mnoho informací má za následek, že se člověk příliš intenzivně zajímá o všechny podrobnosti a pro "samé stromy často ztrácí les z očí". Přesto by měli všichni účastníci (stavebníci = laici; projektanti = kvalifikovaní odborníci; řemeslníci = odborníci) obdržet veškeré potřebné informace nutné pro to, aby byli schopni kompetentně vykonávat svou činnost.

Chybějící zpětné hlášení se týká především řemeslníků. Požadovaná vzduchotěsná montáž domovních dveří může být pro montážníka problémem, jestliže nemůže dveře vestavět zároveň s testem vzduchotěsnosti. Samotné provedení dokonalé vizuální montáže ještě samo o sobě nesplňuje příslušné vysoké požadavky kladené na vzduchotěsnost.

Aby bylo možno řešit všechny tři úrovně zdrojů chyb jednoduchými a praktickými prostředky, tak jsme vypracovali odpovídající kontrolní seznam, který osobám zabývajícím se pasivními domy stanovuje určité minimální požadavky, aby nezapomínali na důležité věci. Výťah z tohoto seznamu naleznete na následujících stranách a celý dokument si lze stáhnout v němčině, češtině a italštině z naší domovské stránky www.tbz.bz.

2. Zajištění jakosti

Podle uvedených skutečností je snazší určit rozdíl mezi zajištěním jakosti a kontrolou jakosti. Zajištění jakosti je oblast, která ve vlastním zájmu usiluje o to, aby byla skutečně dodržena požadovaná jakost. Kontroly kvality jsou určité mezníky směřující ke kontrole vyčleněných úkolů a cílů.

2.1. Kontrola jakosti s podrobným plánováním a program PHPP

Ve fázi projektování představuje tu nejlepší kontrolu program PHPP (program pro výpočet pasivních domů Institutu pasivních domů v Darmstadtu). Budou-li ve výpočtu nějaké chyby, tak tyto body nebyly dosud vyřešeny. Jako první krok proto doporučujeme bezchybně zadat veškeré aspekty týkající se pláště budovy a dále potřebné údaje k větrací jednotce.

Veškeré přípoje, které nebyly detailně projektovány, by měly být přesto v programu zaznamenány jako tepelný most s hodnotami PSI kolem 0,05, aby byl k dispozici určitý manévrovací prostor s ohledem na hodnoty výsledku energetického koeficientu.

2.2. Kontrola jakosti s informacemi od řemeslníků

Po ukončení fáze projektování by měla proběhnout první společná schůzka se všemi řemeslníky tak, aby se zvýšilo pochopení pro mezidisciplinární práce a aby se podpořil vzájemný respekt. Nyní by se měly předat dál právě informace týkající se vzduchotěsnosti, aby se zabránilo pozdějším překvapením. Dále je užitečné nahrát si tuto první schůzku ve formátu MP3, aby bylo možno ji předat řemeslníkům jako paměťovou oporu.

Při schůzkách se řemeslníky je vůbec nutné vyhotovovat stručné poznámky a tyto předávat řemeslníkům a projektantovi. Během stavební fáze by mělo proběhnout několik schůzek přímo na staveništi (viz kontrolní seznam), aby bylo možno vyjasnit případné dotazy. Poradce v oblasti energií však nemůže za běžných podmínek nahradit pečlivé vedení stavby.

2.3. Kontrola jakosti formou kontrolních testů

Po ukončení stavební fáze se provedou následující testy:

- Měření vzduchotěsnosti BlowerDoor pro zjištění n_{50} ($< 0,6$) a dále kontrola jednotlivých řemeslníků:
 - Stavební firma: komíny, instalační šachty, žaluziové skříně, ...
 - Tesař: vzduchotěsné připojení střechy, stěny montované zasucha, ...
 - Instalatér: větrací kanály, instalační šachty, ...
 - Elektrikář: elektrické skříně, pohon svinovacích žaluzií, poklop, vnější světlo, anténa, ...
 - Montáž oken: vzduchotěsná montáž zasklených prvků
 - Montáž dveří: vzduchotěsná montáž domovních dveří

- Infračervená termografie určená ke kontrole tepelných mostů
 - Tepelné mosty způsobované nedokonalým vyplněním dutých těles izolačními látkami, např. vstřikovaná izolace
 - Tepelné mosty způsobované vzduchovými netěsnostmi
 - Tepelné mosty způsobované obecnými chybami při stavbě a projektování
- Vyvážení větrací jednotky
 - Nastavení správného objemového proudu na každém výstupu vzduchu
 - Funkční test
 - Kontrola omítky, výměna filtru, ...

2.4. Monitoring výsledků

Pro lepší dokumentování a kontrolu dosažených výsledků by bylo vhodné vybavit veškeré generátory tepla a chladicí zařízení odpovídajícím počítadlem energie. To platí zejména pro tepelná čerpadla, u kterých by bylo vhodné instalovat jak počítadlo proudu, tak též počítadlo tepla / chladu.

3. Kontrolní seznam

[Grafika]

Zabezpečenie parametrov a kvality EPD v projektovej a realizačnej fáze

¹ Peter Jackanin, max 15, s. r. o., Rumančeková 18, SK-821 02 Bratislava 2,
Tel., Fax: +421 2 4342 5355, Tel.: +421 905 64 5450, peter.jackanin@max15.sk, www.max15.sk

² Ing. arch. Eugen Nagy, max 15, s. r. o., Rumančeková 18, SK-821 02 Bratislava 2
Tel.: +421 908 71 38 65, Fax: +421 2 4342 5355, eugen.nagy@max15.sk, www.max15.sk

1. Zásady zabezpečenia kvality EPD

Uplatnenie najdôležitejších koncepčných, konštrukčných a technických zásad je nevyhnutnosťou zabezpečenie kvality energeticky pasívneho domu (EPD). EPD predstavuje kvalitatívny skok vo výstavbe a prevádzke budov. V našich podmienkach má ešte mnohé úskalia. Najdôležitejšie sú to koncepčné, stavebno-konštrukčné a technické zásady:

1.1. Klimatické danosti stavebného pozemku

Pozemok predurčuje kvalitu a prevádzkové náklady užívania budovy v rovnako významnej miere, ako riešenie samotnej budovy. Dôležitými aspektami sú geometrický raster parcelácie, klimatické aspekty lokality a jej zohľadnenie pri tvorbe konceptu zástavby, solárny koncept budovy v spolupôsobení s jej orientáciou a dimenzovaním veľkosti presklených plôch.

1.2. Typové alebo katalógové projekty

Ich typickou črtou je, že sú koncipované do fiktívnych pomerov a nezohľadňujú klimatické danosti lokality. Okrem toho zo stavebno-konštrukčnej stránky nadväzujú na obdobie navrhovania energeticky ne hospodárnych stavieb. Pokusy o „vylepšenie“ takýchto projektov narážajú na množstvo problémov.

1.3. Rozostavané stavby

Dodatočné úpravy rozostavaných stavieb sú rovnako zložité, ako upravovanie typových projektov. Vzhľadom k už nemeniteľným stavebným konštrukciám je ich optimalizácia veľmi zložitá. V praxi sa v nich navyše nachádza množstvo konštrukčných nedostatkov alebo v nich nebol dodržaný správny pracovný postup. Aj dodatočné zmeny – napr. veľkosti presklených plôch alebo situovania miestností – by vyžadovali významné stavebné úpravy a investície.

1.4. Zadanie vypracovania projektu a realizácia stavby

Dôležitým predpokladom rozvoja výstavby EPD je potreba zaviesť ich jednoznačnú kategorizáciu. V praxi niektorí dodávatelia, obchodné firmy alebo developerské spoločnosti ponúkajú NED a EPD bez adekvátnych údajov o ich technických parametroch.

1.5. Návrh konstrukčních styků

Obvodový plášť EPD sa skladá z plošných prvkov a konstrukčných stykov. Obe zložky musia byť optimalizované z hľadiska tepelného odporu, vzduchotesnosti a eliminácie tepelných mostov, pričom hlavne pri evidentnom riziku tepelných mostov je nevyhnutné kontrolné overenie simuláciou – pri plošných prvkoch môžu byť spôsobené hlavne nosnými časťami.

1.6. Vzducho- a vetrotesnosť obvodového plášťa, tepelné mosty

Často sa stretávame s predstavou, že prenikanie vzduchu škárami obvodového plášťa je prirodzené, pretože zabezpečuje potrebnú výmenu interiérového vzduchu. Vzduchotesná obálka však nie je nadštandard. Naopak, absencia vzduchotesnosti zapríčiňuje zníženie tepelnoizolačných kvalít stavby a prenikanie vlhkosti do konštrukcie. Pre zdravú vnútornú klímu je podstatná výmena vzduchu a odvádzanie vlhkosti vetraním, nie nekontrolovateľnými škárami v obvodových konštrukciách. Dýchať by mali užívatelia budov, nie budovy.

1.7. Postup pri navrhovaní a realizácii EPD

Pri navrhovaní a riešení konstrukčného systému EPD má každá fáza rovnakú dôležitosť. Všetky kroky by mali mať logickú a chronologickú postupnosť. Prvým krokom je výber vhodného konstrukčného systému alebo ich kombinácia. Za ním nasleduje tvorba architektonického riešenia, následne overeného orientačnými energetickými výpočtami domu. Po výbere najvhodnejšieho konceptu budovy a jeho optimalizácii možno pristúpiť k tvorbe a optimalizácii všetkých konstrukčných detailov pri zohľadnení zásad stavebnej fyziky. Tie sa overujú špeciálnymi simulačnými programami. Výsledné hodnoty simulácií sa dosadia do podrobného energetického výpočtu, ktorý by mal potvrdiť výsledok prvotného orientačného výpočtu. Detaily konštrukcií sa potom v spolupráci s realizačnou firmou rozpracujú do výkresovej dokumentácie na realizáciu stavby. Architekt, alebo ním poverená kvalifikovaná osoba, zabezpečuje dohľad pri realizácii stavby, príp. výroby predhotovených prvkov a ich montáže. Každý technologický úsek výstavby a montáže (vrátane osadzovania okien, montáže rozvodov TZB, opláštenia atď.) musí byť pod každodenným drobnohľadom stavebného dozoru. Dodatočné odstránenie chýb je takmer nemožné, alebo len za cenu veľkého úsilia a finančných viacnákkladov. Kvalita „obálky“ budovy sa štandardne overuje tlakovou skúškou vzduchotesnosti, termovíznym snímkaním a pod.. Prípadné nedostatky musí realizačná firma odstrániť na náklady toho, kto ich spôsobil.

1.8. Výpočet potreby energie na vykurovanie budovy

Orientačná hodnota potreby energie na vykurovanie sa vypočítava v programe PHVP – Passivhaus Vorprojektierungs Paket, ktorý sa štandardne používa v predprojektovej príprave EPD. Presná hodnota potreby energie na vykurovanie sa vypočítava v programe PHPP – Passivhaus Projektierungs Paket (Passivhausinstitut Darmstadt, Nemecko).

Měření průvzdušnosti budov v ČR - výsledky a zkušenosti

Jiří Novák, ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29, Praha 6 - Dejvice
Tel: 224 354 572, e-mail: jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

1. Abstract

The use of airtightness test as a part of final quality control process is still exceptional in the Czech building practice. Thus, the level of airtightness commonly achieved remains rather unknown. There is only limited experience with construction of very airtight structures necessary for passive houses.

In order to provide this lacking information, the overall air permeability of 13 buildings constructed between 1999 and 2006 was tested. Test results and their analysis are reported in the contribution. Air leakage paths and their causes were identified during the airtightness tests. Based on the outcomes of this work, a methodology for airtightness control in the design and construction process was developed. The principal leakage paths, their causes and basic guidelines taken from the methodology mentioned above are listed in the text.

2. Úvod

Na rozdíl od zemí s rozvinutou výstavbou pasivních domů (především Německo a Rakousko) není v ČR měření celkové průvzdušnosti standardní součástí kontroly kvality provedení stavby. Skutečně dosahovaná úroveň průvzdušnosti budov je dosud málo známá a existují pouze omezené zkušenosti s dosahováním velmi nízké průvzdušnosti při výstavbě pasivních domů.

V příspěvku jsou představeny výsledky měření celkové průvzdušnosti budov realizovaných v rozmezí let 1999 - 2006 v ČR různými stavebními technologiemi. Výsledky statistických analýz naměřených dat jsou doplněny výčtem nejčastějších chyb a nedostatků. V závěru jsou stručně shrnuta základní koncepční doporučení pro dosažení nízké průvzdušnosti. Konstrukční řešení typických netěsností lze dohledat v odborné (např. (1, 2)) i firemní literatuře.

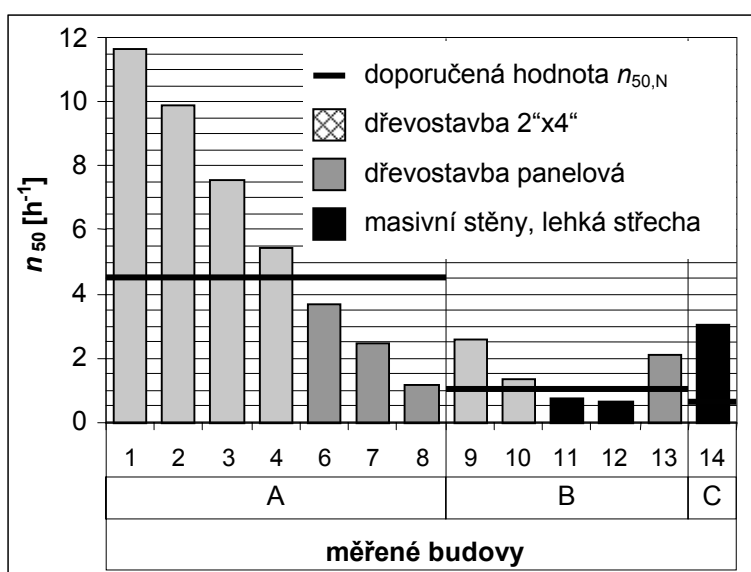
3. Měření celkové průvzdušnosti budov v ČR

Měření in situ byla určena celková průvzdušnost třinácti budov. Měření byla provedena metodou tlakového spádu, postupem podle ČSN EN ISO 13829 (3), měřicí metodou B. Převážnou část měřeného souboru tvoří samostatně stojící rodinné domy (10 budov), dále je zastoupen jeden řadový dům (měřena 1 krajní a 1 středová sekce) a jedna půdní vestavba. 6 budov z měřeného souboru bylo navrženo jako budovy s nízkou potřebou tepla na vytápění (5 nízkoenergetických a 1 pasivní dům), tyto budovy byly vybaveny mechanickým větráním se zpětným získáváním tepla. Ostatní budovy z měřeného souboru byly navrženy jako budovy s běžnou potřebou tepla na vytápění a nejsou vybaveny větracími systémy (přirozené větrání). Většina

z měřených budov jsou dřevostavby (realizované buď panelovou technologií nebo systémem 2x4). Pouze 3 budovy mají masivní stěny (zděné nebo betonované do tvarovek ztraceného bednění), střecha těchto budov je však vždy tvořena lehkou skládanou konstrukcí z dřevěných prvků a tepelné izolace z minerálních vláken. Výsledky měření jsou shrnuty na obr. 1.

4. Analýza výsledků měření

Naměřené hodnoty intenzity výměny vzduchu n_{50} leží v intervalu $0,6 \text{ h}^{-1}$ až $11,6 \text{ h}^{-1}$. Průměrná hodnota n_{50} je $4,0 \text{ h}^{-1}$. Naměřená data sice vykazují značný rozptyl, pohybují se však v podobných mezích jako hodnoty zjištěné na srovnatelných budovách v zahraničí. Přesto je zjištěná úroveň průvzdušnosti nedostatečná, neboť pouze 43 %



Obr. 1 – Výsledky měření celkové průvzdušnosti budov

A – běžné budovy, přirozené větrání

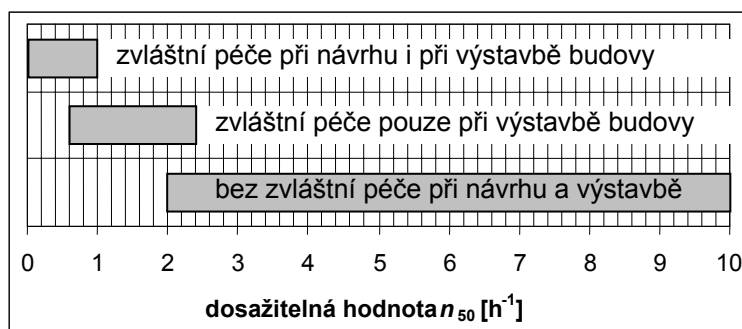
B – nízkoenergetické budovy, mechanické větrání + ZZT

C – pasivní dům, mechanické větrání + ZZT

mecké pasivní domy. Velmi nízké hodnoty n_{50} doporučené pro pasivní domy jsou přitom dosažitelné i v podmínkách České republiky -viz příklad budovy 12 na obr. 1.

Výsledky měření ukazují, že velmi nízkých hodnot n_{50} lze zřejmě snáze dosáhnout u budov s převahou masivních obvodových konstrukcí, než u budov, jejichž obálku tvoří výhradně lehké skládané konstrukce (dřevostavby). To však nevylučuje dosažení velmi nízké průvzdušnosti u dřevostaveb – v měřeném souboru budov jsou zastoupeny dřevostavby s n_{50} okolo $1,0 \text{ h}^{-1}$. Velký rozptyl hodnot n_{50} u dřevostaveb dokazuje jejich vysokou citlivost na riziko výskytu netěsností. Panelové dřevostavby vykazují v tomto ohledu lepší výsledky, než dřevostavby montované systémem 2x4. Střední hodnota n_{50} je u panelových dřevostaveb nižší než u dřevostaveb systému 2x4, rozptyl měření zjištěných hodnot je u panelových dřevostaveb rovněž menší.

přirozeně větraných budov a 33 % budov vybavených mechanickým větracím systémem splňuje doporučené hodnoty n_{50} podle ČSN 73 0540-2: 2002 (4). Nedostatečná je především vzduchotěsnost budov s předpokládanou velmi nízkou potřebou tepla na vytápění, vybavených mechanickým větracím systémem se zpětným získáváním tepla. Hodnoty n_{50} zjištěné na měřených českých budovách jsou většinou několikanásobně vyšší, než hodnoty typické pro rakouské a ně-



Obr. 2 – dosažitelná úroveň celkové průvzdušnosti při různých způsobech zohlednění problematiky průvzdušnosti v průběhu návrhu a výstavby.

pečlivého utěsnění všech spojů a prostupů, vykazují výrazně nižší hodnoty n_{50} , než budovy, u kterých této problematice nebyla věnována pozornost. Pro dosažení velmi nízkých hodnot n_{50} je, kromě velmi pečlivého provedení konstrukcí na stavbě, zapotřebí i koncepční návrh způsobu zajištění vzduchotěsnosti obálky a velmi podrobný návrh všech dílčích vzduchotěsnících opatření. Graf na obr. 2 ukazuje, jakou úroveň průvzdušnosti je možno očekávat v závislosti na přístupu k řešení problému.

5. Typické netěsnosti – popis a příčiny vzniku

Během měření celkové průvzdušnosti byl pomocí citlivého anemometru systematicky zaznamenáván výskyt netěsností v obálce měřených budov. Zjištěné netěsnosti byly rozříděny do několika typů. Výčet zjištěných typů netěsností může sloužit jako jednoduché vodítko při snaze o vyloučení výskytu netěsností:

- defekty hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (poškození – např. protržení fóliové parozábrany, nespojitě provedení v obtížně přístupných místech, neutěsněné spoje dílců hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (dále HVV) – typicky pásů fóliové parozábrany)
- netěsný styk obvodové stěny a podlahy na terénu
- netěsný styk obvodové stěny a vnitřního stropu (problém dřevostaveb a dalších budov s trámovými stropy)
- netěsná připojovací spára oken
- netěsné montážní otvory v panelech dřevostaveb
- netěsné elektroinstalační prvky a prostupy elektroinstalací hlavní vzduchotěsnicí vrstvou (pokud elektroinstalace nejsou vedeny v instalačním prostoru před HVV)
- netěsné prostupy konstrukčních prvků hlavní vzduchotěsnicí vrstvou
- netěsné prostupy rozvodů podlahou na terénu
- netěsné prostupy rozvodů obvodovými konstrukcemi
- netěsná funkční spára okna (zjištěno pouze u rekonstruovaných budov se starými okny)
- netěsné nadokenní roletové boxy
- netěsnosti v plášti vícevrstevných komínů

Z výčtu zjištěných typů netěsností vyplývá, že kritickými místy, kde dochází k nejčastějšímu výskytu netěsností, jsou veškeré prostupy obvodovými konstrukcemi,

Analýza naměřených výsledků ovšem ukazuje, že rozhodujícím faktorem pro dosažení nízké průvzdušnosti není volba typu konstrukce, ale péče věnovaná problematice průvzdušnosti během návrhu a výstavby budovy. Budovy, u kterých byly pečlivě provedeny vzduchotěsnicí vrstvy ve všech konstrukcích včetně

prostupy vzduchotěsníci vrstvami a styky několika stavebních konstrukcí nebo prvků. Přestože statistická analýza četnosti výskytu typických netěsností se ukázala jako nemožná, zjištěné výsledky jednoznačně potvrzují vysokou citlivost dřevostaveb na výskyt netěsností (četnost výskytu netěsností u dřevostaveb je výrazně vyšší než u budov s masivními obvodovými stěnami). Budovy s vysokými hodnotami n_{50} vykazují, v souladu s očekáváním, vyšší četnost výskytu netěsností než budovy s nízkými hodnotami n_{50} . To pochopitelně znamená, že snížením počtu netěsností v budově lze efektivně snížit její celkovou průvzdušnost.

Na základě dalších šetření prováděných při měření průvzdušnosti byly identifikovány chyby, které vedly k výskytu zjištěných netěsností a následně byly odhadnuty příčiny těchto chyb – jejich výpis je hierarchicky seřazen v dalším textu.

Při snaze o opravu netěsností nalezených v průběhu měření celkové průvzdušnosti bylo opakovaně potvrzeno, že chybná koncepční rozhodnutí učiněná během návrhu budovy projekčním týmem zpravidla již nelze napravit během výstavby (např. dílčími změnami konstrukčního řešení, velmi pečlivým provedením apod.).

5.1. chyby vznikající při návrhu budovy

chybná koncepce vzduchotěsnících opatření

- nevhodně zvolený materiál hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (např. vnitřní sádkartonový obklad)
- nevhodná poloha hlavní vzduchotěsnicí vrstvy ve skladbě konstrukce (např. fóliová parozábrana vložená těsně pod vnitřní obklad)
- nezajištění spojitosti hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (typicky nepřelepené spoje fóliové parozábrany)
- výskyt zbytečných prostupů hlavní vzduchotěsnicí vrstvou (např. prostup kleštin skladbou šikmé střešchy)
- použití netěsných výrobků (např. roletové boxy, komínová tělesa, apod.)

nedostatečná dokumentace navržených opatření

- nedostatečně podrobná výkresová dokumentace
- chybějící specifikace konkrétních výrobků navržených pro vzduchotěsnící opatření (typ lepicích pásek, manžet apod.)
- chybějící popis provedení vzduchotěsnících opatření (např. specifikace technologického postupu použití navržených výrobků - očištění a penetrace povrchů, stlačení spoje apod.)

5.2. příčiny chyb vznikajících při návrhu budovy

neznalosti členů projekčního týmu

- neznalost souvislostí - důsledků vysoké průvzdušnosti budov, stavebních dílů a konstrukcí
- neznalost konstrukčních principů pro zajištění vzduchotěsnosti (např. možnosti řešení konkrétního detailu)

- neznalost vhodných těsnicích výrobků (lepicích pásek, manžet apod.)

nerespektování technologie výstavby

- poloha vzduchotěsnicích vrstev nerespektuje sled stavebních prací, vzájemné napojení vzduchotěsnicích vrstev rozdílných prvků je komplikované nebo nemožné

chybějící koordinace statického řešení a koncepce vzduchotěsnicích opatření

- zbytečné prostupy konstrukčních prvků hlavní vzduchotěsnicí vrstvou
- vznik komplikovaných a obtížně přístupných detailů - zejména v okolí prostupujících konstrukčních prvků
- vznik nespojitostí vzduchotěsnicích vrstev ve styčných konstrukcích

chybějící koordinace řešení rozvodů TZB a koncepce vzduchotěsnicích opatření

- zbytečné prostupy rozvodů hlavní vzduchotěsnicí vrstvou
- vznik komplikovaných a obtížně přístupných detailů - koncentrace prostupů na malé ploše znemožňující jejich utěsnění

5.3. chyby vznikající při výstavbě budovy

nekvalitní provedení vzduchotěsnicích opatření

- vědomé zanedbání – pracovníci si jsou vědomi důležitosti kvalitního provedení vzduchotěsnicích opatření, přesto nevěnují jejich provedení potřebnou péči (nekvalitní provedení je zpravidla akceptováno)
- nevědomé zanedbání – pracovníci si nejsou vědomi důležitosti kvalitního provedení vzduchotěsnicích opatření

použití nevhodných výrobků pro vzduchotěsnicí opatření

- použití nevhodných typů lepicích pásek (často kancelářských)
- použití montážní PUR pěny jako těsnicího tmelu (vzhledem k otevřené struktuře pórů nemůže PUR pěna tuto funkci plnit – zejména po oříznutí přebytků)

chybná koordinace stavebních prací

- provedení některých stavebních konstrukcí přiléhajících k obvodovým konstrukcím před osazením hlavní vzduchotěsnicí vrstvy znemožňuje její souvislé provedení
- provedení rozvodů TZB před osazením hlavní vzduchotěsnicí vrstvy je příčinou zbytečných prostupů

nedodržení technologických předpisů

- neopatrná manipulace s materiálem hlavní vzduchotěsnicí vrstvy - poškození, protržení apod.
- neočištění lepených ploch
- zanedbání penetrace nasákavých a savých podkladů
- nedostatečné stlačení lepených povrchů

5.4. příčiny chyb vznikajících při výstavbě budovy*neznalosti pracovníků stavebních profesí*

- neznalost souvislostí - důsledků vysoké průvzdušnosti budov, stavebních dílů a konstrukcí
- neznalost konstrukčních principů pro zajištění průvzdušnosti (např. možnosti řešení konkrétního detailu)
- neznalost vhodných těsnicích výrobků (lepících pásek, manžet apod.)

chybně sestavený rozpočet stavebních prací

- rozpočet nezohledňuje náklady potřebné na kvalitní provedení vzduchotěsnicích opatření – subjekt pověřený realizací vzduchotěsnicích opatření odmítá kvalitní provedení, neboť materiál a zejména práce nejsou dostatečně zaplacené

neznalost (nepoučenost) pracovníků navazujících profesí (instalatéři, elektrikáři)

- neznalost souvislostí - důsledků vysoké průvzdušnosti budov, stavebních dílů a konstrukcí
- neznalost vhodných těsnicích výrobků (lepících pásek, manžet apod.)
- důsledek: zbytečné poškození vzduchotěsnicích vrstev např. při instalaci rozvodů TZB

nedostatečná kontrola kvality provedení vzduchotěsnicích opatření

- neprovedení vizuální kontroly vzduchotěsnicích vrstev před jejich zakrytím
- neprovedení kontrolního měření celkové průvzdušnosti budovy před zakrytím vzduchotěsnicích vrstev

6. Shrnutí – hlavní zásady pro dosažení nízké průvzdušnosti

Tento stručný výčet hlavních zásad vychází z vlastní metodiky návrhu a realizace systému vzduchotěsnicích opatření (dále SVO) vypracované na základě zkušeností z měření celkové průvzdušnosti budov – podrobnosti jsou uvedeny v (5).

6.1. Návrh systému vzduchotěsnicích opatření

Návrh SVO je integrální součástí projekční přípravy. Prolíná se všemi fázemi projekční přípravy a nelze jej oddělit nebo řešit nezávisle na ostatních dílčích úlohách. Pokud má být návrh SVO efektivní a úspěšný, je potřeba, v návaznosti na ostatní projekční práce, věnovat pozornost těmto problémům:

- řízení procesu návrhu (určení člena projekčního týmu znalého problematiky, který bude koordinovat návrh SVO ostatními projekčními pracemi – např. návrhem TZB – ve všech fázích projekční přípravy)
- stanovení požadavků na SVO (cílová hodnota n_{50} , parametry dílčích součástí SVO – např. difuzní vlastnosti fólií a lepících pásek, atd.)
- koncepce zajištění vzduchotěsnosti v ploše konstrukcí (zmírnění expozice budovy vůči působení větru, optimalizace tvaru budovy, vymezení části budovy, kde má být dosaženo cílové průvzdušnosti, určení vrstvy konstrukce, která má plnit funkci

hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (HVV), materiál pro jednotlivé HVV, poloha HVV v jednotlivých konstrukcích, způsob spojování HVV)

- identifikace problematických míst (vytipování potenciálně netěsných stavebních detailů)
- koordinace návrhu se specialisty (zejména statiky a projektanty TZB)
- podrobné řešení detailů
- kontrola před definitivním zakreslením řešení
- podrobná dokumentace řešení (podrobné výkresy, podrobná technická zpráva)

6.2. Realizace systému vzduchotěsnicích opatření

Realizace SVO je nedílnou součástí výstavby budovy. Realizace SVO je sice úkolem stavebních profesí, ale jeho výsledné vlastnosti mohou ovlivnit i ostatní účastníci výstavby, včetně navazujících a nestavebních profesí. I velmi kvalitní návrh SVO může být špatným přístupem během výstavby zcela znehodnocen. Z těchto poznatků vyplývají i základní podmínky úspěšné realizace SVO:

- poučení všech partnerů a pracovníků účastnících se výstavby
- správné smluvní a finanční vztahy (cílová hodnota n_{50} , rozpočet zohledňující kvalitní realizaci SVO)
- kvalitní provedení
- kontrola v průběhu výstavby (vizuální kontrola + měření celkové průvzdušnosti)

7. Poděkování

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

8. Literatura

- (1) ELMROTH, A., LEVIN, P. *Air infiltration control in housing - a guide to international practice*, Swedish council of building research, Stockholm, 1983
- (2) CEPHEUS - Projektinformation No. 7, *Luftdichte projektierung von passivhausern - eine planungshilfe*, Passivhaus Institut Darmstadt, 2. Auflage (korrigiert) 2000
- (3) ČSN EN ISO 13829 *Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method*
- (4) ČSN 73 0540-2: 2002 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*, ČNI, Praha, 2002
- (5) NOVÁK, J. *Průvzdušnost obvodových plášťů budov*, disertační práce, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2006

Mikroklima pasivních domů

Ing. Petr Morávek, CSc., Atrea s.r.o.

V Aleji 20, 466 01 Jablonec n.N.

tel: +420 483 368 111, fax: +420 483 368 112, e-mail: atrea@atrea.cz

1. Úvod

Složky vzduchového prostředí budov záměrně vytvářeného pro pobyt člověka v uzavřených prostorech lze podle (lit. 1) obecně charakterizovat jako interní mikroklima:

- 1.1 tepelně – vlhkostní
- 1.2 mikrobiální
- 1.3 ionizační
- 1.4 aerosolové
- 1.5 oděrové
- 1.6 toxické

Společným znakem všech výše uvedených složek vnitřního prostředí je vzduchové pole jejich existence a vzájemného ovlivnění. Příspěvek se tedy nezabývá speciálními problémy hluku, aerointového režimu, statické elektřiny a elektromagnetických polí.

Pasivní domy jsou dnes zcela specifickou kategorií staveb, z pohledu tradičních staveb až extrémní. Je tedy nezbytné, věnovat mikroklimatu těchto staveb podstatně vyšší pozornost než stavbám běžné produkce.

2. Rozbor a obecná charakteristika složek mikroklimatu pasivních domů

2.1. Tepelně – vlhkostní mikroklima

Patří k nejdůležitějším složkám pro zajištění vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, ale i ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov, výrobních technologií, atp.

Teplota a vlhkost vzduchu se v budovách úzce vzájemně ovlivňují a podmiňují.

Základními veličinami určujícími kvalitu tepelně – vlhkostního mikroklimatu v budovách jsou:

- t_a teplota vzduchu (ve $^{\circ}\text{C}$), měřená rtuťovým teploměrem (prakticky nezohledňuje tepelné sálání okolních ploch)
- t_g výsledná teplota (ve $^{\circ}\text{C}$), měřená kulovým teploměrem uprostřed místnosti, s registrací tepelného sálání ploch okolních stěn a oken. Je základní veličinou mikroklimatu
- t_o operativní teplota (vypočtená hodnota z parametrů t_r ; t_g ; w_a).
Pro $w_a < 0,2 \text{ ms}^{-1}$ lze nahradit pouze hodnotou t_g

w_a rychlost proudění vzduchu (v ms^{-1})

rh_i relativní vlhkost vzduchu v interiéru (uvádí se v procentech a udává stupeň nasycení vzduchu vodní parou)

x měrná vlhkost vzduchu, vyjadřuje obsah vodních par suchého vzduchu (g/kg s.v.)

t_r teplota rosného bodu (ve $^{\circ}\text{C}$) udává, kdy na povrchu konstrukce začíná kondenzovat vodní pára. Závisí na t_a , rh_i , t_s .

Zajištěním optimální teploty v místnostech se dosahuje tepelné rovnováhy při odvodu tepla z organismu člověka do okolního prostředí (s korekcí na dané roční období), při konkrétním vývinu metabolického tepla.

V obytných stavebách se doporučuje dodržet hodnoty dle tab. 1:

		topné období	letní období
operativní (výsledná) teplota t_o	$^{\circ}\text{C}$	18 – 24	20 – 28
rychlost proudění vzduchu w_a	m/s	$\leq 0,1$	0,1 – 0,2
rozdíl teplot ve výši 1,7 a 0,2 m	$^{\circ}\text{C}$	3	3
relativní vlhkost rh_i	%	30 – 70	30 – 70
teplota povrchu podlahy t_p	$^{\circ}\text{C}$	19 – 28	-

Pro dosažení pocitu tepelného komfortu platí obecně součtová rovnice:

$$t_o + t_s = 38 \text{ až } 40^{\circ}\text{C}$$

kde t_s značí průměrnou teplotu stěn v místnosti.

Pro pasivní domy s dokonalými obvodovými izolacemi je teplota povrchů stěn prakticky shodná s teplotou vzduchu (s rozdílem max. 0,5 K). Při nízkém rozsahu kvalitního zasklení pak není nutné ani zbytečně zvyšovat teplotu vzduchu nad 20°C , pro jinak nutnou eliminaci negativního sálání u běžných budov.

Zatímco se zajištěním optimálních teplot v budovách obecně nebyvají obtíže díky současným kvalitním regulacím pružných otopných soustav a zateplení obvodových stěn budov, často však bývá problematické dosáhnout vyhovující relativní vlhkosti, neboť je zde řada hledisek vzájemně si odporujících. Hygienicky doporučené vyšší relativní vlhkosti vzduchu v rozsahu 50 až 60 % zabraňující vysychání sliznic totiž mohou vést až ke vzniku plísní (např. rodu *Alternaria Aspergillus*), s nebezpečnými zárodky patogenních spór. Důsledkem pak je zvýšená nemocnost obyvatel, časté nevolnosti, alergie, záněty průdušek, dýchací potíže, bolesti kloubů a nervové potíže. Současně se při vyšších relativních vlhkostech vzduchu nad 60 % zvyšuje až na dvojnásobek procento přežívajících mikroorganismů (např. *Staphylococcus*, *Streptococcus*) vůči výskytu mikroorganismů při $rh_i = 30$ až 40 %. Při poklesu relativní vlhkosti se naopak snižuje výhodně počet roztočů v textíliích a výskyt následných alergií – astma.

Hlavní zdroje vlhkostí v budovách jsou uvedeny v tab. 2:

zdroj vlhkosti	produkce vodní páry
metabolismus člověka	50 – 250 g/hod/os. (podle druhu činnosti)
koupelny	700 – 2600 g/hod
kuchyně	600 – 1500 g/hod
sušení prádla	200 – 500 g/h/5kg

Pro průměrný byt tak dosáhne celková produkce vodní páry 10 až 15 kg/den, kdy nárazová množství vlhkosti jsou pohlcena sorbcí omítek, a postupně odvětrána s větším, či menším efektem vzduchotechnickým systémem, případně větráním okny.

V dokonale tepelně izolovaných pasivních domech tvoří podstatnou vnitřní zátěž teplo produkované osobami. Rozlišujeme tzv. bazální metabolické teplo, které se s věkem osob snižuje a lze uvažovat s hodnotou 45 W/m^2 povrchu těla, což při $1,9 \text{ m}^2$ povrchu těla činí asi 80 W/osobu .

Další složkou je tzv. metabolické teplo netto, závislé na fyzické aktivitě. Ve spánku je nulová hodnota, při odpočinku asi 35 W/os , u domácích prací však při energetickém výdeji člověka $70 - 150 \text{ W/m}^2$ dosahuje až $130 - 280 \text{ W/osobu}$.

2.2. Mikrobiální mikroklima

Je vytvářeno mikroorganismy bakterií, virů, plísní a spór, pylů, které se vyskytují v interiéru budov, s přímými účinky na člověka. Vážným problémem se dnes stávají alergické syndromy způsobené spory různých druhů, plísněmi a pylovými částicemi. Hlavními nositeli mikroorganismů jsou kapalné aerosoly a pevné aerosoly (prachy). Zvláště nebezpečné jsou pak bakterie tyčinkové – legionelly, vázané na kapalné aerosoly, způsobující až smrtelná zánětová onemocnění plic. Ve všech typech filtrů se zachycují především prachové částice, ale i všechny druhy mikroorganismů, které se při silném zašpinění, případně i vlhnutí filtrů intenzivně rozmnožují a pronikají zpětně do větracího vzduchu. Je proto velmi důležitá pravidelná kontrola a výměna filtrů v závislosti na druhu prostředí. Obdobně je nutné zabránit zvlhnutí usazeného prachu v uzavřených a těžko přístupných vzduchovodech (pomocí zpětných klapek, garantovaného přetlaku atd.) neboť zde hrozí výskyt virů i plísní s neomezenou životností. Kvalita mikrobiálního mikroklimatu se hodnotí podle únosné koncentrace mikrobů – pro obytná prostředí činí max. 200 až 500 mikrobů/m^3 , ve venkovním prostředí měst jsou koncentrace až 1500 mikrobů/m^3 . Dosud nejúčinnějším způsobem, jak snížit mikrobiální koncentrace v budovách je dokonalé větrání, s přívodem kvalitního venkovního vzduchu, dále lze výhodně použít deodorisace vzduchu proti hmyzu jako přenašeči mikrobů rozprašováním slabého roztoku oleje z himalájského cedru. Použití chemické a fyzikální sterilizace vzduchu (triethylenglykolem, těkavými rostlinnými fytoncidy, germicidními výbojkami, ionisací) je již speciálním úkolem instalovaných vzduchotechnických zařízení.

2.3. Ionizační mikroklima

Je charakterizováno toky ionizujícího záření z přírodních radionuklidů, případně umělých zdrojů. V běžných podmínkách bytových a občanských staveb se jedná převážně o zdroje ionizujícího záření ze stavebních hmot, např. radioaktivních popílků s obsahem radia (Gama záření udávané v jednotkách mikrosievert/hod) a emanaci radioaktivních plynů z podloží, případně ze stavebních hmot do interiérů budov. Hlavním představitelem je: radon ^{222}Rn , a následně rozpadem radiové nebo thoronové řady vzniklé dceřinné produkty ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB), ^{214}Bi (RaC), ^{214}Po (RaC) a ^{220}Rn . Samotný radon je inertní plyn, ale závažné jsou jeho dceřinné produkty vdechované spolu s nosnými pevnými či kapalnými aerosoly do plic, kde se usazují a zářením alfa ozařují plicní epitel, čímž vytváří potenciální riziko pro vznik plicního karcinomu. Jednotkou pro objemovou aktivitu radioaktivních látek je 1 Bq/m^3 , což udává jeden průměrný rozpad za sekundu v 1 m^3 látky, obdobně se udává měrná aktivita pro 1 kg látky. Jako přípustné se u nás uvádějí hodnoty EOAR (ekvivalentní objemové aktivity radonu) v interiéru:

- pro stávající budovy: 200 Bq/m^3 vzduchu
- pro nové budovy: 100 Bq/m^3 vzduchu

Obecně se udává i hodnota podle USA normy ASHRAE 1981 tj. 74 Bq/m^3 . Ve venkovním ovzduší je hodnota EOAR 7 až 12 Bq/m^3 .

Jako ochrana nových i modernizovaných staveb před účinky radonu se používá plynotěsná fólie pod základovou deskou, s dimensí dle oblasti radonového rizika, a použití certifikovaných stavebních hmot.

2.4. Aerosolové mikroklima

Aerosoly se v ovzduší vyskytují ve formě buď pevných částic (prachů), nebo kapalných částic (mlhy). Pevné aerosoly jsou původu organického, anorganického, popř. smíšeného, s elektrickým nábojem kladným či záporným, s velikostí 0,1 až 100 mikrometrů , která zároveň limituje rychlost jejich gravitačního usazování v ovzduší v rozsahu 30 dnů až 4 sec. Velikost částic menší než 10 mikrometrů je hranicí jejich respirability. Ve venkovním ovzduší velkoměst se spád prachu pohybuje v hodnotách až $1100\text{ t/km}^2/\text{rok}$, při běžné koncentraci 1 až 3 mg/m^3 . V čistém horském prostředí se vyskytují koncentrace od 0,05 do $0,5\text{ mg/m}^3$. Domovní prach, zvláště biologické částice pod 1 mikrometr jsou hlavní příčinou postižení astmatem. Jako přípustná hodnota v běžných budovách se uvádí koncentrace inertních pevných aerosolů 10 mg/m^3 .

2.5. Odérové mikroklima

Obecně jsou odéry plynné složky ovzduší, vnímané jako vůně, nebo zápachy, produkováné člověkem nebo jeho činností. Mimo běžné odéry (kouření, příprava jídel) se v interiéru dnes vyskytují i styreny, formaldehydy, odpary z nátěrů, dřívě neznámé. Z venkovního ovzduší do budov infiltruje řada dalších odérů, ve vnitřním prostředí pak vzniká při pobytu lidí hlavně CO_2 a tělesné pachy – antropotoxiny, které jsou obecně indikátorem kvality vnitřního vzduchu. Jako kritériální a exaktně měřitelná hodnota se

všeobecně udává koncentrace 0,10 % CO₂, pro odstranění pocitu vydýchaného vzduchu z produkce tělesných odérů pak 0,07 % CO₂, přičemž i podle standardu ASHRAE se připouští 20 % nespokojených respondentů s kvalitou interního ovzduší (1000 ppm = 0,1% = 1,8 mg/m³). Zásadním způsobem lze kvalitu odérového mikroklimatu v budovách ovlivnit pouze dostatečným přívodem čerstvého vzduchu, kdy jako základní a ve světě uznávaná hodnota intenzity větrání se udává 25 m³/hod. čerstvého venkovního vzduchu na jednu osobu pro odvedení běžných tělesných odérů.

Produkce CO₂ je zásadně závislá na fyzické aktivitě osob, v klidu (při produkci 40 Wm⁻²) činí 16 l CO₂/h/os, při běžné činnosti až 20 l CO₂/h/os. Vychází se z frekvence 12 -16 vdechů/min při kapacitě 500 ml/vdech, tj. 360-480 l vzduchu/h/os. Při obsahu CO₂ ve vydechaném vzduchu 3,5 % je produkce: $p_1 = 480 \times 0,035 = 16 \text{ l CO}_2/\text{h/os}$.

V grafu č. 1 je uveden průběh hladin CO₂ v průběhu dne v pasivním rodinném domě s obytným prostorem 350 m³, obývaném 4-člennou rodinou. Cirkulační teplovzdušné vytápění je doplněno nárazovým mechanickým větráním s rekuperací, automaticky spínaným při používání sociálních zařízení, vaření a cyklicky v noci. Při započítatelné produkci vlhkosti 7,8 kg/24 hod do interiéru přitom neklesá celoročně relativní vlhkost v interiéru pod hodnotu $rh_i = 35\%$. Pro dodržení limitních koncentrací CO₂ v hodnotě 1200 ppm postačuje souhrnná (bilanční) výměna vzduchu pouze $n = 0,18 \text{ h}^{-1}$!

Kvalitu vnímaného vzduchu však mohou negativně ovlivnit i další škodliviny, produkováné vybavením interiérů budov, které jsou označovány jako těkavé organické látky (TVOC). Jedná se hlavně o karcinogenní formaldehyd, organická rozpouštědla, izokyanáty, acrolein, benzeny, ftaláty a z tělesných pachů, např. aceton a izopren.

Je proto velmi žádoucí zcela eliminovat již při výběru vybavení interiéru případné zdroje těchto škodlivin, např. z koberců, apretury čalounění nábytku, atd. (V zahraničí již existuje kategorizace těchto výrobků dle intenzity produkce odérů do ovzduší interiéru). Jako limitní hodnota koncentrací TVOC v bytech se udává podle EUR 14449 EN 360 mikrogramů/m³ (580 mikrogramů/m³ pro adaptované osoby). Některé okrasné, trvale rostoucí, pokojové rostliny mohou významně snížit hladinu odérů v interiérech od acetonu, benzenu, formaldehydu, atd. Jedná se především o filodendron, azalku, lilie, dieffenbachie, atd.

2.6. Toxické mikroklima

Je vytvářeno podle toxickými plyny s patologickým účinky. Charakteristickými jsou zejména oxidy síry SO_x, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO, ozón O₃, smog, formaldehyd atd. V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem CO vznikající hlavně nedokonalým spalováním fosilních paliv při nevyhovujícím přívodu vzduchu, nebo špatném odtahu, únikem svítiplynu a kouřením. Při dlouhodobé expozici může dojít až k chronické otravě s poruchami paměti a psychiky. Obdobně vzniká ve špatně nebo cirkulačně větraných kuchyních s plynovými sporáky koncentrace oxidu

dusíku NO_2 až 60 mikrogramů/ m^3 , zatímco v jiných místnostech max. 30 mikrogramů/ m^3 .

Oxid dusičitý má přitom prokazatelně karcinogenní účinky. Z tohoto důvodu nelze pro pasivní domy doporučit instalaci plynových spotřebičů s otevřeným spalováním.

Formaldehyd způsobuje ve vyšších koncentracích dráždění očí a sliznic, současně je i alergenem a potenciálním karcinogenem. Zarážející je skutečnost, že i po 15 letech převyšují koncentrace formaldehydu v objektech typu OKAL ještě několikanásobně přípustné dlouhodobé limitní hodnoty NPK – P, podle doporučení WHO, tj. 60 mikrogramů/ m^3 .

Ekonomicky i technicky nejpříjemnějším řešením pro odstranění toxických plynů zůstává stále větrání, případně obtížná filtrace aktivním uhlím, nebo ionizace vzduchu.

3. Legislativa vnitřního prostředí

Je důležité si uvědomit, že v celém světě jsou normy týkající se vnitřního prostředí nezávazné (lit. 2). Týká se to i dříve citovaných norem ASHRAE, DIN, atd. Striktní nařízení a limity, pokud nejsou zákonnými normami, jsou považovány za porušení demokratických práv osobnosti.

Je však pravdou, že dodržování těchto "nezávazných" předpisů ze strany projektantů silně omezuje případné hrubé chyby při projektování systému pro zajištění vnitřního mikroklimatu budov.

Podle evropské direktivy (lit. 3), která bude základem pro směrnice o vnitřním prostředí v zemích EU se za hlavní zdravotní rizika obecně považují (dle závažnosti):

- nadměrná vlhkost
- toxické plyny
- pevné částice a vlákna
- radiace

Přestože pro obytné prostředí neexistuje exaktní zákonné přípustné limity toxických látek, doporučují se hodnoty NPK (nejvyšší přípustné koncentrace) v návaznosti na zákonné hodnoty na pracovištích (např. 10% NPK_{max}).

4. Větrání a vytápění pasivních domů ve vztahu k optimální relativní vlhkosti

4.1. Současný stav

V podmínkách teplovzdušně vytápěných a větraných domů v ČR se v řadě případů vyskytly problémy s udržení interiérové relativní vlhkosti v hygienicky doporučovaných hodnotách tj. $\text{rh}_i = 30 - 50 \%$ v topném a přechodném období. Při intenzivním nuceném větrání zde docházelo k poklesu těchto hodnot i pod 18%, což je již hygienicky zcela nepřípustné, vznikaly zdravotní problémy a došlo i k rozesychání nábytku a dřevěných podlah.

Průběh relativní vlhkosti rh_i v interiéru budov je závislý především na:

- celkové intenzitě větrání $n(h^{-1})$, tj. nucené a infiltrační výměně venkovního vzduchu
- absolutní vlhkosti venkovního větracího vzduchu x_e (g/kg s.v.)
- teplotě vzduchu v budově ($^{\circ}C$)
- započítatelné produkci vlhkosti do interiéru budovy (g/h; g/24 h)
- sorpční a desorpční charakteristice povrchů interiéru

Vzájemný vztah těchto veličin a jejich časový průběh lze vyjádřit pouze exponenciálními rovnicemi, ovšem za určitých zjednodušujících předpokladů (např. quasistacionární průběh sorpce a desorpce vlhkosti vnitřními povrchy místností).

4.2. Matematický model

Pro demonstraci konkrétních časových průběhů rh_i jsou dále uvedeny v časových grafech modelové varianty větrání rodinného domu $V_O = 350 \text{ m}^3$, s konstantní $t_i = +20^{\circ}C$, pro různé intenzity větrání „ n “, různé venkovní teploty (a tím průměrné hodnoty x_e), a různou produkci vlhkosti, s konstantní výchozí hodnotou $rh_i = 50\%$:

obr. 1.1: Intenzita větrání $n = 1,0 / h^{-1}$ tj. $V = 350 \text{ m}^3/h$, bez produkce vlhkosti:

Z průběhu poklesů jednotlivých křivek rh_i pro $t_e = -15^{\circ}C$ až $+10^{\circ}C$ je zřejmé, že výchozí relativní vlhkost klesá při venkovních teplotách $t_e < 0^{\circ}C$ výrazně k limitním diskomfortním hodnotám pod 20%, v čase pouze 5 hodin.

obr. 1.2: Intenzita větrání $n = 1,0 / h^{-1}$, ale s produkcí vlhkosti (přímo do interiéru) v množství 5,2 kg/24 h:

Průběh hodnot křivek rh_i je sice o 4% vyšší než v obr. 1.1, ale stále zcela nevyhovující z hygienických hledisek.

obr. 1.3: Intenzita větrání $n = 0,5 / h^{-1}$ tj. $V = 175 \text{ m}^3/h$, bez produkce vlhkosti :

Analogicky dle obr. 1.1 klesá rh_i pod 20%, ale až za 10 hodin provozu.

obr. 1.4: Intenzita větrání $n = 0,5 / h^{-1}$, s produkcí vlhkosti 5,2 kg/24 h:

Výsledná rh_i je cca o 4 % vyšší než pro intenzitu větrání $n = 1,0 / h^{-1}$, ale stále nevyhovující.

obr. 1.5: Intenzita větrání $n = 0,25 / h^{-1}$ tj. $V = 87 \text{ m}^3/h$, bez produkce vlhkosti:

Analogicky dle obr. 1.1 klesá rh_i opět pod 20%, ale až v čase 18 hodin.

obr. 1.6: Intenzita větrání $n = 0,25 / h^{-1}$, s produkcí vlhkosti 5,2 kg/24 h:

Průběh hodnot rh_i je již výrazně příznivější, kdy pro $t_e = 0^{\circ}C$ až $-5^{\circ}C$ je již dosaženo hygienicky optimálních, časově ustálených hodnot relativní vlhkosti $rh_i = 30\%$.

obr. 1.7: Intenzita větrání $n = 0,05 / h^{-1}$, tj. $V = 17,5 \text{ m}^3/h$, bez produkce vlhkosti:

Analogicky klesá rh_i až pod 20%, ale v čase přes 100 hodin.

obr. 1.8: Intenzita větrání $n = 0,05 / h^{-1}$, s produkcí vlhkosti 5,2 kg/24 h:

Intenzivní průběh všech křivek rh_i je dán přírůstkem relativní vlhkosti v interiéru nad výchozí hodnotu $rh_i = 50\%$, pro všechny zadané venkovní teploty. Intenzita větrání, odpovídající přibližně hodnotám přirozené infiltrace těsnými okny v rodinném domě, je hygienicky naprosto nevyhovující.

4.3. Diskuze výsledků

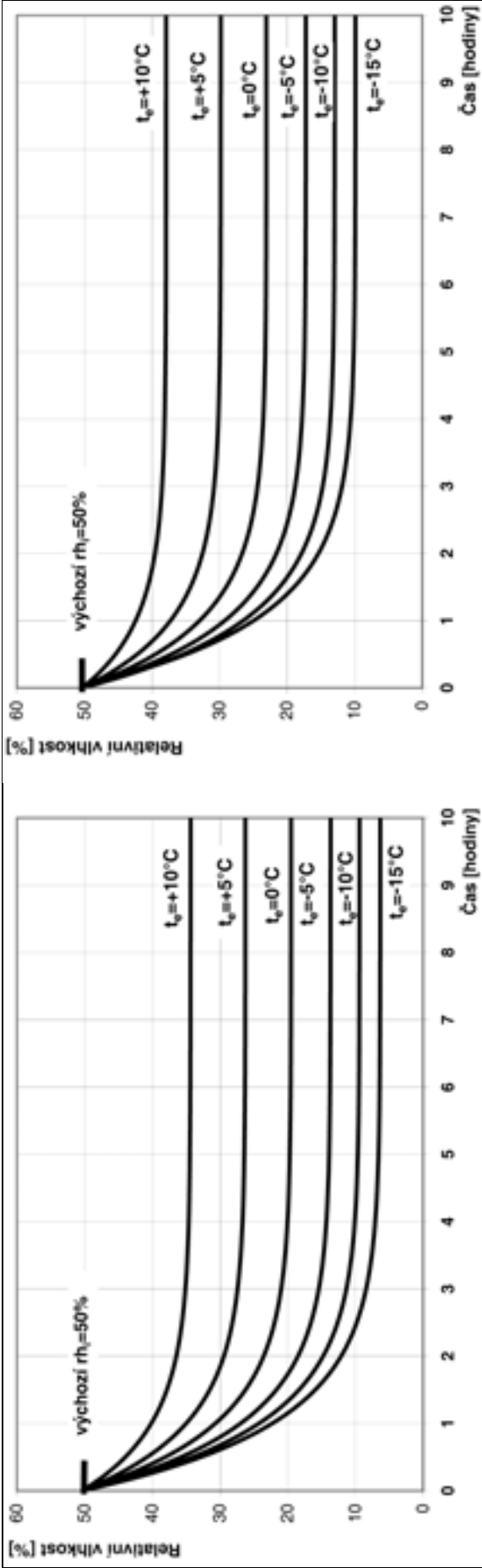
- a) Pro zadané parametry velikosti domu a produkce vlhkosti se jako optimální pro udržení rh_i jeví varianta podle 1.6, tj. s intenzitou větrání $n = 0,25 \text{ /h}^{-1}$, tj. $V = 87,5 \text{ m}^3/\text{h}$.
- b) Varianty 1.1 až 1.5 vedou k výraznému snižování rh_i v interiéru pod hygienicky přípustné hodnoty.
- c) Varianta 1.8 vede již k nepřijatelnému zvyšování rh_i a bude nutně docházet ke kondenzaci par a vlhkostnímu diskomfortu.
- d) Varianta 1.6 s výkonem větrání $V = 87,5 \text{ m}^3/\text{h}$ však již neodpovídá hygienickým požadavkům na množství čerstvého vzduchu pro 4-člennou rodinu, tj. 100 až 120 m^3/h .
- e) Varianta 1.6 je schopná přinést při klasickém rovnotlakém větracím (tj. zároveň i vytápěcím režimu) v pasivním domě topný výkon pouze 730 W (!), tedy zcela nedostatečný pro zadaný dům v topném období, navíc nelze zajistit náběh teplot po otopné přestávce dle požadavku ČSN 730560-2, a je nutno řešit dodatečný zdroj tepla.

5. Literatura

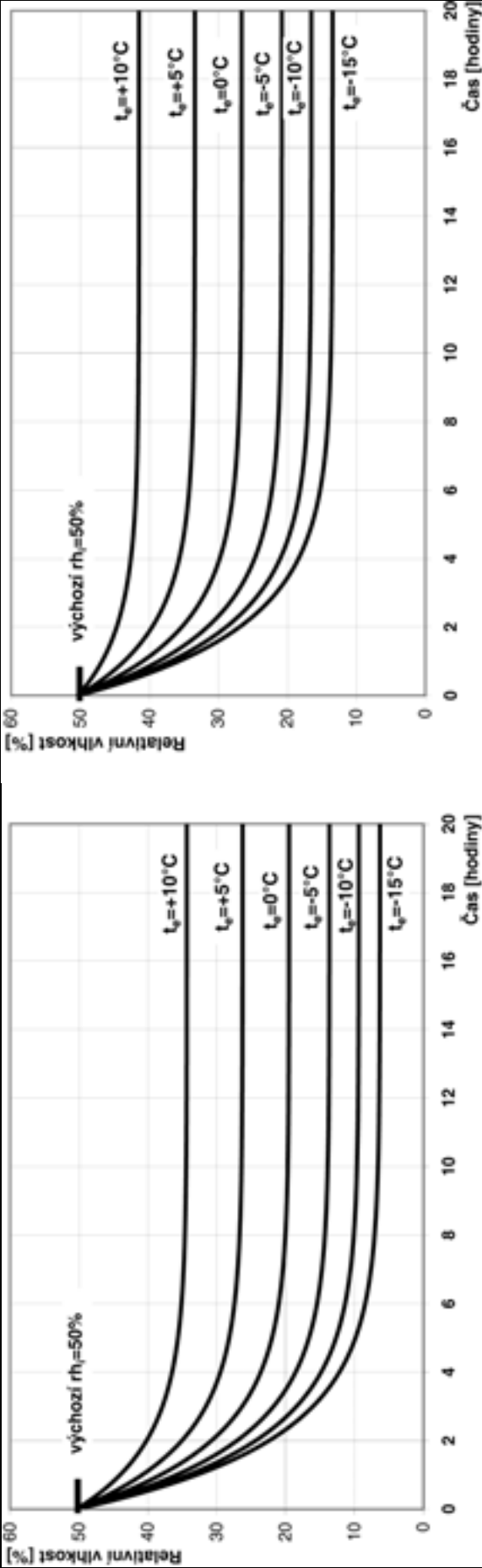
- /1/ JOKL, M.: Teorie vnitřního prostředí budov, Praha 1991
- /2/ DRAHOŇOVSKÁ: Požadavky hygieniků na kvalitu vnitřního prostředí, Praha 1995
- /3/ EUROPEAN DIRECTIVE ON CONSTRUCTION PRODUCTS

6. ABSTRACT

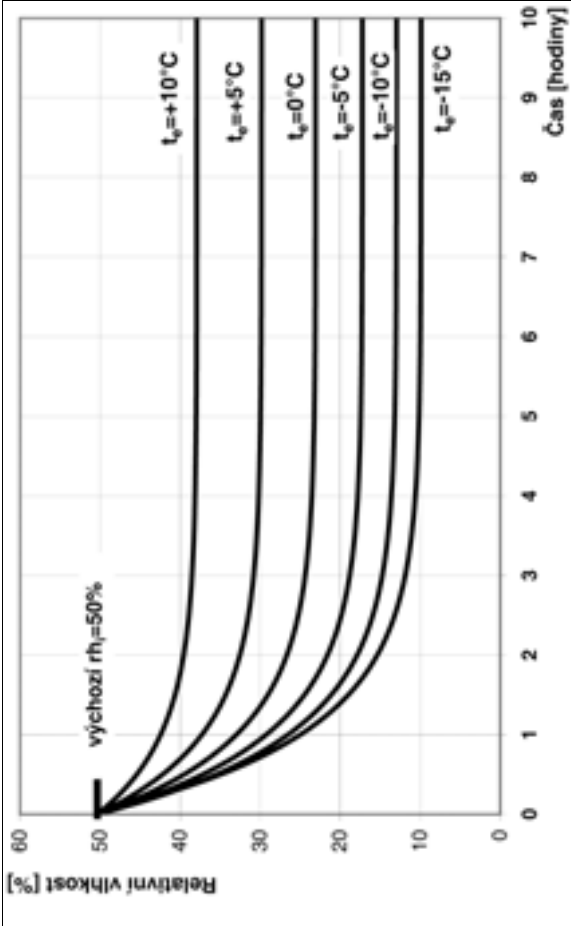
Analyse of passive buildings internal microclimate is described in this contribution. The article focuses on inside state from point of view of thermal – moisture, odour, aerosol or toxic assessment and its influence on inhabitants health. A separate section describes the inside moisture level during ventilation or passive buildings heating.



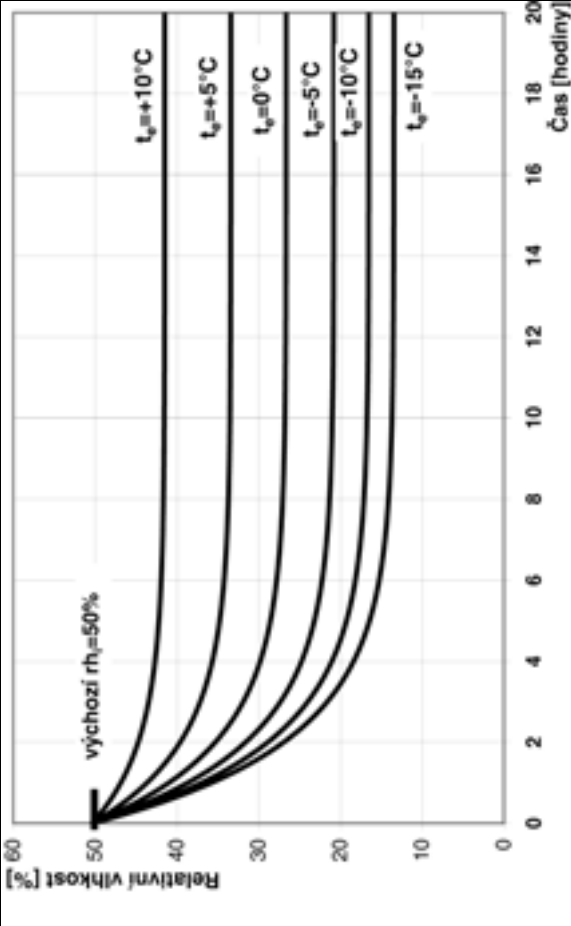
obr. 1.1 Časový průběh rh_i pro $n = 1 \text{ /h}^{-1}$ – bez produkce vlhkosti



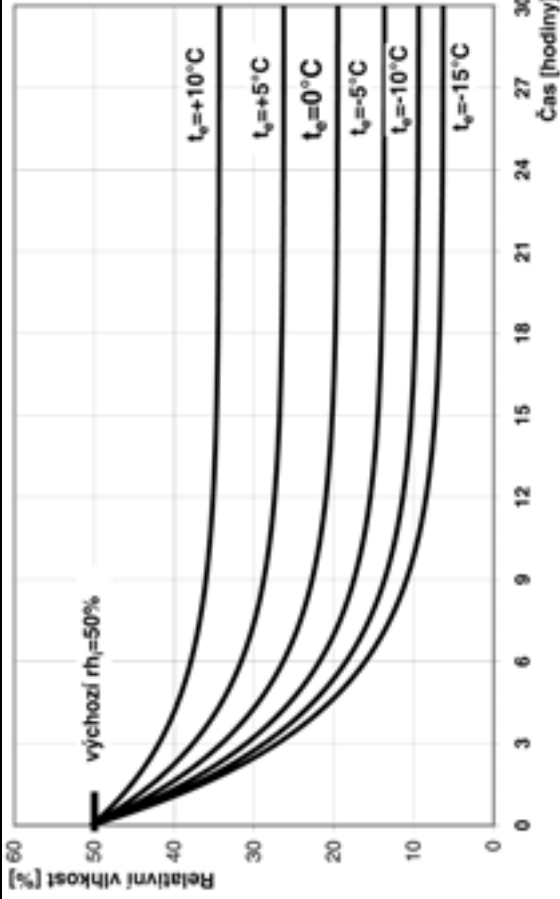
obr. 1.3 Časový průběh rh_i pro $n = 0,5 \text{ /h}^{-1}$ – bez produkce vlhkosti



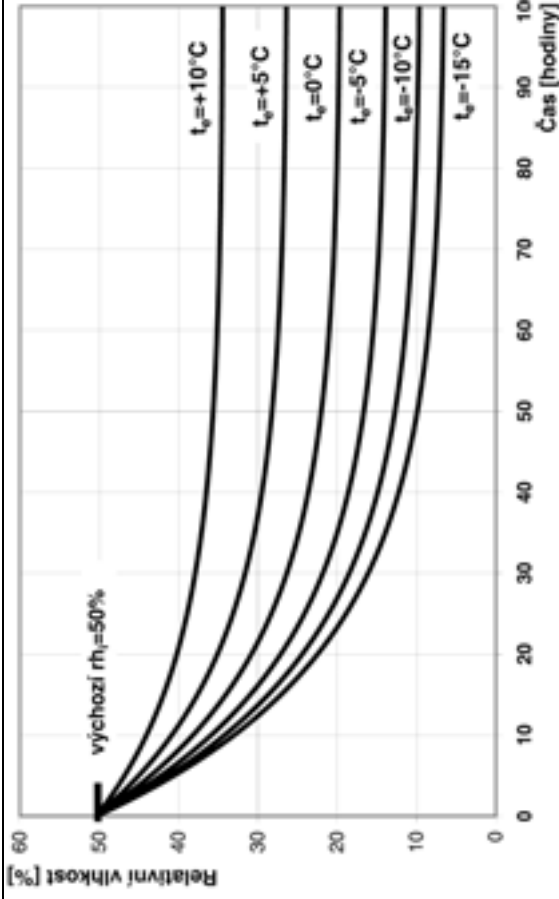
obr. 1.2 Časový průběh rh_i pro $n = 1 \text{ /h}^{-1}$ – s produkcí vlhkosti $5,2 \text{ kg/24 h}$



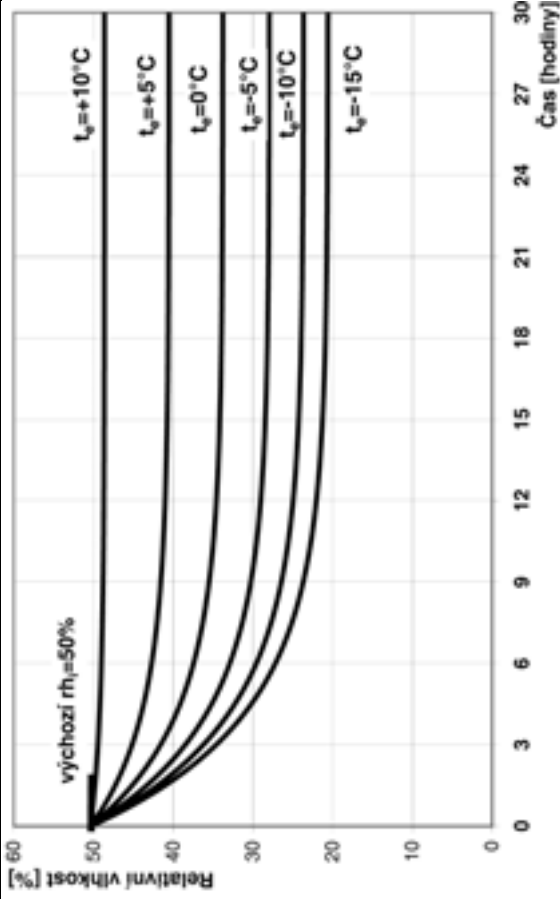
obr. 1.4 Časový průběh rh_i pro $n = 0,5 \text{ /h}^{-1}$ – s produkcí vlhkosti $5,2 \text{ kg/24 h}$



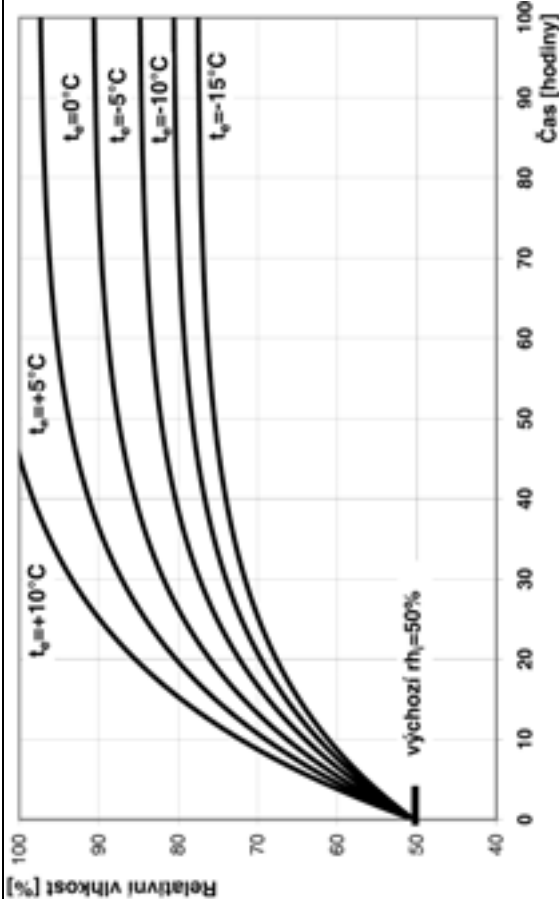
obr. 1.5 Časový průběh rh_i pro $n = 0,25 \text{ /h}^{-1}$ – bez produkce vlhkosti



obr. 1.7 Časový průběh rh_i pro $n = 0,05 \text{ /h}^{-1}$ – bez produkce vlhkosti



obr. 1.6 Časový průběh rh_i pro $n = 0,25 \text{ /h}^{-1}$ – s produkcí vlhkosti $5,2 \text{ kg/245 h}$



obr. 1.8 Časový průběh rh_i pro $n = 0,05 \text{ /h}^{-1}$ – s produkcí vlhkosti $5,2 \text{ kg/24 h}$

Wohnungslüftungsgerät mit Feuchteübertragung – ohne rotierende Teile!

Dipl.-Ing. Eberhard Paul, Paul Wärmerückgewinnung GmbH

Vettermannstr. 1-5, D-08132 Mülsen, Deutschland

Tel.: +49 (0)37601 390-0, Fax: +49 (0)37601 25845, e-mail: info@paul-lueftung.de

1. Medizinische Aspekte (1)

Die Luftbefeuchtung in raumluftechnischen Anlagen ist auch aus medizinischer Sicht zu einer unverzichtbaren Komponente geworden. Eine Feuchte unterhalb 40 % r.F. bewirkt unangenehme Austrocknungen im Bereich der Atemwege und der Schleimhäute. Damit verbunden ist auch ein erhöhtes Risiko für Erkältungskrankheiten. Vielfach kommt es auch zu Klagen über trockene und juckende Haut. Weitere Problemzonen sind Augen-, Mund- und Rachenraum. Die niedrige relative Luftfeuchte beeinträchtigt die Flimmerhaare in ihrer Funktion: Der Schleim wird eingedickt, kann nicht mehr abfließen und bleibt an den Schleimhäuten haften. Nur wenn Schleimmenge, Schleimqualität und Schleimtransport stimmen, bleiben Luftwege und Lunge gesund.

In vielen wissenschaftlichen Arbeiten über die Physiologie der Atmung wurde die große Bedeutung der Luftfeuchte für unsere Gesundheit nachgewiesen. Jetzt ist der Klimatechniker aufgefordert zu handeln und der Raumluf wieder den Stellenwert zu geben, den sie im Sinne des Behaglichkeitsgefühls hat. Behaglichkeit wird vom Menschen nur bei den optimalen Raumlufparametern von 19 bis 24 °C und 40 bis 50 % r.F. empfunden! Nur bei diesen Werten werden die Schleimhäute gepflegt und im Kampf gegen Infektionen gestärkt.

2. Trockene Raumluf?

→ Feuchterückgewinnung im Lüftungsgerät

Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung sorgen dafür, dass die Wärme aus der Abluf zur Vorwärmung der (im Winter) kalten Außenluf verwendet wird. Geräte mit einem Gegenstrom-Kanalwärmetauscher erreichen beim derzeitigen Stand der Technik den höchsten Wirkungsgrad ($\eta = 99 \%$).

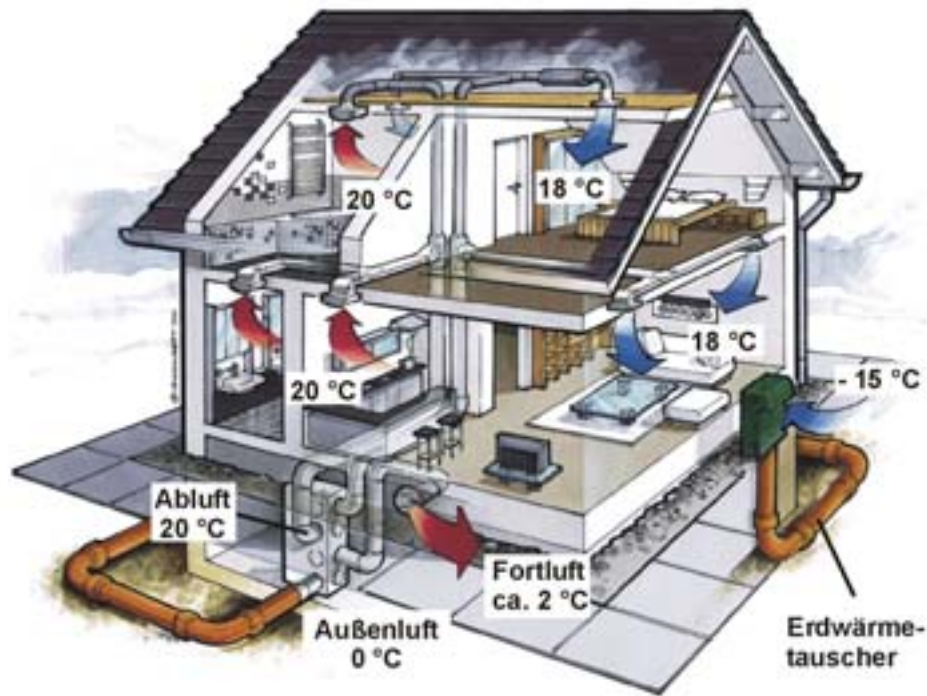


Abb. 1 Haus mit kontrollierter Wohnungslüftung und Erdwärmetauscher

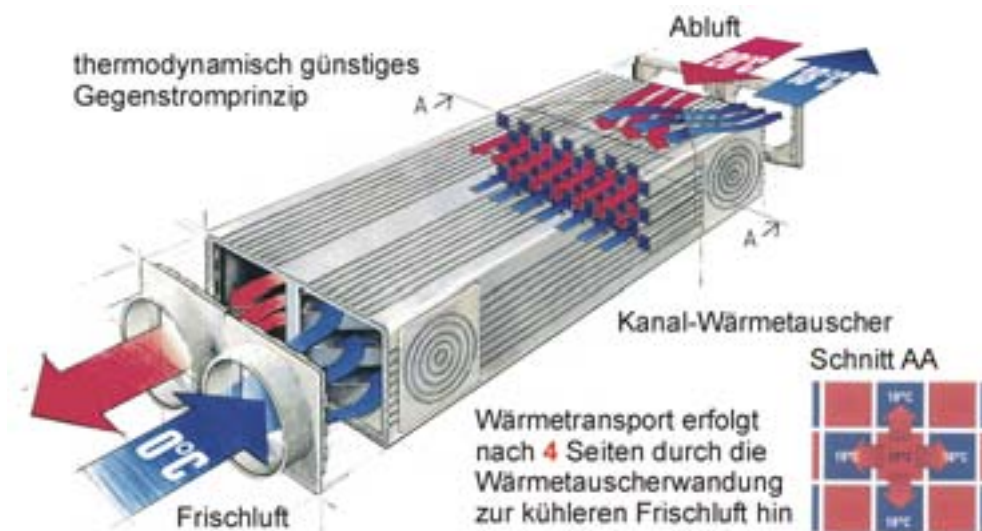


Abb. 2 Gegenstrom-Kanalwärmetauscher

Durch den hohen Wärmerückgewinnungsgrad mit effizienten Wärmetauschern (s. o.) wird die frische Luft auf ca. 18 °C aufgewärmt und in die Wohnräume eingebracht → das bedingt, dass Bewohner manchmal unbedacht solche Geräte mit höherer Ventilatorumdrehzahl laufen lassen als erforderlich, z. B. bei geringer Personenbelegung oder bei Abwesenheit im Haus. Die von außen angesaugte Außenluft ist im Winter trocken, wodurch es unter den o. g. Umständen in den Wohnräumen zu trocken werden könnte: relative Feuchte $\varphi < 30 \%$ ist zugerings!

Eine Innovation auf dem Lüftungsmarkt kann hier Abhilfe schaffen: ein Wärmetauscher, der neben der Wärme auch Feuchtigkeit aus der Abluft in den Frischluftstrom transportiert – ähnlich wie die wasserdampfdurchlässige Sportkleidung die Körperfeuchte von innen nach außen transportiert.

Dieses neue Prinzip arbeitet ohne rotierenden Wärmetauscher. Es werden kein Geruch und keine Mikroorganismen durch die spezielle Membran im Wärmetauscher hindurchgeleitet! Ein Teil der Feuchtigkeit gelangt so wieder in das Haus zurück. Der Vorteil: die Raumluft wird nicht zu trocken!

3. Wohnungslüftungsgerät mit Feuchteübertragung

Die neueste Generation von Wärmerückgewinnungsgeräten für Wohnungslüftung bietet neben einem hervorragenden Wärmerückgewinnungsgrad eine geniale Regulierung der Raumluftfeuchte und beherrscht damit den Spagat zwischen zu feuchter Luft (Schimmelpilzvermeidung) und zu trockener Raumluft.

Damit wird es möglich, dass einerseits die Feuchte aus den Wohnräumen (mit der Abluft) abgeführt wird, aber auch bei kaltem Wetter die Hereinführung sehr trockener Außenluft nicht zu einem trockenen Innenraumklima führt. Gesund ist eine relative Luftfeuchte in den Räumen von 35 bis 60 %.



Abb. 3 santos F 250 DC (Werkfoto Paul)

Mit dem Einsatz eines neuartigen Feuchte-Wärmetauschers (Enthalpietauscher) in dem Gerät „santos F 250 DC“ der Fa. Paul Wärmerückgewinnung GmbH kann neben der Abwärme auch ein großer Teil der Luftfeuchtigkeit aus der Abluft zurück gewonnen werden. Die Konstruktion als Plattentauscher mit getrennt geführtem Zu- und Abluftstrom gewährleistet einen auch langfristig hygienisch einwandfreien Betrieb.

Das Verfahren unterscheidet sich damit grundsätzlich von den ebenfalls zur Feuchterückgewinnung eingesetzten, hygienisch aber problematischen Wärmerädern oder Geräten mit Umluftbetrieb. Umgekehrt können sehr dichte Wohnungen mit kleinem Luftwechsel und regelmäßig hoher Feuchtigkeitsabgabe durch viele Pflanzen, Aquarien, intensives Kochen und Duschen eine zu hohe relative Luftfeuchtigkeit aufweisen mit dem Risiko von Wasserdampfkondensation und Schimmelpilzbildung an kühlen Außenwandbauteilen, etwa an Fensterrahmen. Für diese Fälle kann über die Feuchteregelung des Gerätes santos F 250 DC einer Überfeuchtung entgegen gewirkt werden.

Beim Feuchte-Wärmerückgewinner santos F 250 DC kann aber auch der Feuchte-Wärmetauscher entnommen und durch einen normalen Wärmetauscher (ohne

Feuchterückgewinnung) ersetzt werden. Es handelt sich dabei um einen Plattentauscher mit vollständig getrennten Luftströmen für Zu- und Abluft. Das Plattenmaterial ist undurchlässig für Mikroben aller Art. Dadurch ist die Hygiene auch beim Einsatz in Wohnungen gewährleistet, wo üblicherweise die Abluft aus Küche und Toilette über den Wärmetauscher geführt wird.

Gegenüber der Standardversion sinkt der Wirkungsgrad der sensiblen Wärmeübertragung etwas ab, der Gesamtwirkungsgrad steigt jedoch stark an.

Standardmäßig werden die Lüftungsgeräte mit dem normalen Wärmetauscher ausgeliefert. Der neue Feucht-Wärmetauscher wird dazu geliefert und kann bei Bedarf (im Winter) in das Gerät eingesetzt werden.

Wärmebereitstellungsgrad des santos F 250 DC mit Feuchte-Wärmetauscher bei Standardbedingungen:

	Standardtauscher		Feuchte-Wärmetauscher	
Wärmebereitstellungsgrad* 150 m³/h	Sensibel	95 %	Sensibel	86 %
	Latent	0 %	Latent	63 %
	Gesamt**	95 %	Gesamt**	127 %

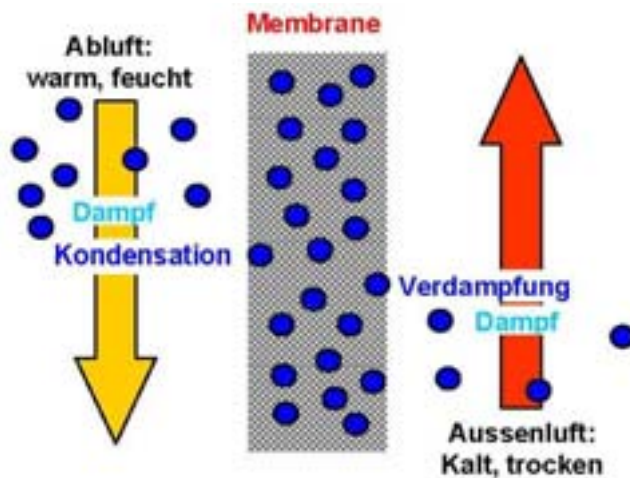
* Bei Abluft 22 °C/40 % rel. Feuchte, Außenluft 0 °C/75 % rel. Feuchte

** Bezogen auf die sensible Wärme im Abluftstrom

4. Merkmale Feuchte-Wärmetauscher:

- Neben der Wärme wird auch Feuchte zurück gewonnen – das erhöht den Komfort
- Wärmebereitstellungsgrad bis 127 %
- Hygienisch einwandfreier Plattentauscher
- Austausch des Standardtauschers durch den Feuchte-Wärmetauscher möglich
- Wenig bewegte Teile, geringe Reparaturanfälligkeit
- Unkritisches Verhalten auch bei schlechter Wartung
- Keine Einfriergefahr bei $t_{Au} \geq -10$ °C; Defrosterheizung oder Erdwärmetauscher kann entfallen
- Keine Geruchsübertragung auch nach vielen Betriebsjahren
- Günstiger Unterhalt
- Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis

5. Physik des Feuchtigkeits transports durch die Feuchte-Wärmetauscher-Membran



Beim Membran-Feuchte-Wärmetauscher wird Dampf aus der feuchten Abluft an der kühleren Oberfläche der Membran adsorbiert. Diese Art Kondensation findet wie bei einem Trockenmittel über der Taupunkttemperatur statt. Dabei wird latente Wärme frei. Die Membran enthält einen hohen Anteil Salz und saugt das Wasser wie ein Schwamm auf. Ähnlich dem Wassertransport in Pflanzen wandern die Wassermoleküle durch Osmose in flüssiger Form durch die Membran, angetrieben durch das Konzentrationsgefälle der Feuchtigkeit von der Abluft- zur Zuluftseite. Auf der Aussenluftseite verdunstet das Wasser an der Membranoberfläche und wird vom trockeneren Zuluftstrom aufgenommen. Der größte Teil des Salzes ist chemisch an das Membranmaterial gebunden und wird sich im Wasser nicht lösen und nicht wegspülen lassen.

6. Zuverlässige Barriere für Gerüche und Mikroorganismen

Die Membrane transportiert Wassermoleküle wegen deren hoher dielektrischer Konstante und kleinen Abmessungen. Im Betrieb verhält sie sich wie eine gesättigte Salzlösung, was die Absorption von nicht polaren Molekülen, wie Methan oder Hydrogensulfiden, minimiert. Sogar Methanol, ein ebenfalls starker Dipol, wird von der Membran nicht absorbiert. Kleine polare Verschmutzungen werden in der Membran zurückgehalten, sofern sie nicht in sehr großer Menge auftreten, was in der Wohnungsabluft aber nicht der Fall ist. Die Membran hat keine Poren, weshalb Gase kaum durch das Material diffundieren können. Mikroorganismen können wegen ihren im Vergleich zu Wasser großen Abmessungen nicht in die Membran eindringen.

Zusätzlich wirkt die hohe Salzionenkonzentration in der Membran antimikrobakteriell. Bakterien, Hefe, Schimmel und alle Mikroorganismen, die bisher getestet wurden, wachsen nicht auf dem Membranmaterial. Mikroorganismen sterben auf der Oberfläche innerhalb weniger Tage ab, trotz optimalen Wachstumsbedingungen von 80 % Feuchte und einer Lufttemperatur von 25 °C für die Pilztests respektive 35 °C für die

Bakterientests, sowohl auf neuer wie auch auf künstlich gealterter Membranoberfläche.

Das Verfahren ist langfristig getestet worden, ohne negative Hygiene-Erfahrungen.

Eine Filterung der Abluft an den Einsaugstellen (Küche, Bad, WC) mit Vorschaltfilter wird empfohlen. Die Reinigung des Feuchte-Wärmetauschers erfolgt trocken mit dem Staubsauger. Alterungstests lassen eine Lebensdauer des Tauschers von etwa 15 Jahren erwarten.

7. Literatur

(1) FGK Status-Report 1, S. 32

Větrací jednotka s přenosem vlhkosti – bez rotujících dílů!

překlad

1. Lékařská hlediska (1)

Zvlhčování vzduchu v zařízeních pro ventilaci místností je také z lékařského hlediska neodmyslitelnou součástí těchto technologií. Vlhkost vzduchu nižší než 40 % relativní vlhkosti způsobuje nepříjemné vysychání dýchacích cest a sliznic, což je spojeno také se zvýšením rizikem nemocí z nachlazení. Lidé si často také stěžují na suchou a svědicí pokožku. Dalšími problematickými zónami jsou oči, ústa a hltan. Nízká relativní vlhkost vzduchu ovlivňuje negativně funkci řasinek: hlen se zahušťuje, nemůže odtékat a ulpívá na sliznicích. Dýchací cesty a plíce zůstanou zdravé pouze tehdy, je-li množství hlenu, jeho vlastnosti a transport v pořádku.

V mnoha vědeckých pracích o fyziologii dýchání byla prokázána velká důležitost vlhkosti vzduchu pro naše zdraví. Nyní se na klimatizačním technikovi požaduje, aby zasáhl a aby vzduchu v místnosti vrátil hodnoty, které budou odpovídat pocitu pohody. Pocit pohody lidé mají pouze při optimálních parametrech vzduchu v místnosti o teplotě 19 až 24 °C a 40 až 50 % relativní vlhkosti vzduchu! Pouze tyto hodnoty jsou pro sliznice příznivé a při nich se posilují pro boj proti infekcím.

2. Suchý vzduch v místnosti?

→ Zpětné získávání vlhkosti ve ventilačním přístroji

Ventilační přístroje se zpětným získáváním tepla zajišťují, že se teplo z odpadního vzduchu v zimě používá pro předehřívání studeného vnějšího vzduchu. Přístroje s protiproudovým trubkovým výměníkem tepla dosahují při současném stavu techniky nejvyšší účinnosti ($\eta = 99 \%$).

[Grafika]

Obr. 1 Dům s kontrolovanou ventilací obytných prostor a se zemním výměníkem tepla

[Grafika]

Obr. 2 Protiproudový trubkový výměník tepla

Díky vysoké účinnosti rekuperace tepla účinnými výměníky tepla (viz výše) se čerstvý vzduch ohřívá na cca. 18 °C a poté je přiváděn do obytných místností → to vede k tomu, že uživatelé někdy neuváženě nechají takové přístroje běžet na vyšší počet otáček ventilátoru, než je zapotřebí, např. při nízkém počtu přítomných osob nebo při nepřítomnosti osob. Vzduch nasávaný zvenjšku je v zimě suchý, čímž se za výše uvedených podmínek vzduch v obytné místnosti může vysušovat: relativní vlhkost $\varphi < 30 \%$ je příliš nízká!

Novinka na trhu ventilační techniky zde může zjednat nápravu: výměník tepla, který z odpadního vzduchu vedle tepla do proudu čerstvého vzduchu předává také vlhkost – podobně jako sportovní oděvy propustné pro vodní páry, které tělesnou vlhkost transportují zevnitř ven.

Tento nový princip pracuje bez rotujících výměníků tepla. Speciální membránou výměníku tepla neprostupují ani pachy, ani mikroorganismy! Část vlhkosti se tak dostává zpět do domu. Výhoda: vzduch v místnosti nebude nikdy přesušený!

3. Přístroj pro větrání obytných prostor s přenosem vlhkosti

Nejnovější generace přístrojů pro rekuperaci tepla pro ventilaci bytu vykazuje vedle vynikajícího stupně rekuperace tepla geniální regulaci vlhkosti vzduchu v místnosti, a udržuje tak vlhkost na ideálních hodnotách, které garantují, že vzduch v místnostech nebude ani příliš vlhký (zabránění tvorbě plísní), ani příliš suchý.

Takto se umožní, aby byla vlhkost na jedné straně odváděna (s odpadním vzduchem) z obytných místností, ale také aby při chladném počasí nemohlo docházet k přivádění velmi suchého vnějšího vzduchu do suchého vnitřního klimatu. Za zdřavou lze označit relativní vlhkost vzduchu v místnostech v rozmezí od 35 do 60 %.

[Grafika]

Obr. 3 santos F 250 DC (fotografie závodu Paul)

Při používání nového výměníku tepla a vlhkosti (entalpický výměník) v přístroji „santos F 250 DC“ firmy Paul Wärmerückgewinnung GmbH lze z odpadního vzduchu vedle odpadního tepla zpětně získávat i velkou část vlhkosti vzduchu. Konstrukce jako deskový výměník s odděleně vedeným přívodem čerstvého a odvodem odpadního vzduchu garantuje i dlouhodobě hygienicky nezávadný provoz.

Technologie se tak zásadně liší od tepelných kol nebo přístrojů s cirkulací vzduchu, které se rovněž používají pro zpětné získávání vlhkosti, jejichž hygiena je však problematická. Naopak mohou velmi utěsněné byty s malou výměnou vzduchu a s pravidelně vysokým odevzdáváním vlhkosti mnoha květinami, akvárii, intenzivním vařením a sprchováním vykazovat příliš vysokou relativní vlhkost vzduchu s rizikem kondenzace vodních par a tvorby plísní na chladných částech vnějších stěnách, například na okenních rámech. Přístroj santos F 250 DC může v těchto případech díky své regulaci vlhkosti příliš vysoké vlhkosti zabraňovat.

U přístroje pro zpětné získávání vlhkosti a tepla santos F 250 DC se však může také výměník vlhkosti a tepla demontovat a lze jej nahradit běžným výměníkem tepla (bez zpětného získávání vlhkosti). Zde se jedná o deskový výměník s plně oddělenými proudy čerstvého a odpadního vzduchu. Materiál desek je nepropustný pro mikroby všeho druhu. Takto je garantována hygiena i při používání v bytech, kde obvykle bývá odpadní vzduch z kuchyně a toalety veden přes výměník tepla.

Oproti standardní verzi poněkud klesá účinnost přenosu citelného tepla, celková účinnost však silně vzrůstá.

Standardně se ventilační přístroje expedují s běžnými výměníky tepla. Jako součást dodávky lze získat nový výměník tepla a vlhkosti, který v případě potřeby (v zimě) může být vsazen do přístroje.

Účinnost výměníku tepla při rekuperaci tepla přístroje santos F 250 DC s výměníkem tepla a vlhkosti při standardních podmínkách:

	Standardní výměník		Výměník tepla a vlhkosti	
Účinnost výměníku tepla při rekuperaci tepla * 150 m³/h	Citelné teplo	95 %	Citelné teplo	86 %
	latentní teplo	0 %	Latentní teplo	63 %
	celkem **	95 %	Celkem **	127 %

* při odpadním vzduchu 22 °C a 40 % relativní vlhkosti vzduchu, vnějším vzduchu 0 °C a 75 % relativní vlhkosti vzduchu,

** vztaženo na citelné teplo v proudu odpadního vzduchu

4. Ukazatele výměníku tepla a vlhkosti:

- Vedle tepla se zpětně získává také vlhkost, což zvyšuje komfort
- Účinnost výměníku tepla při rekuperaci tepla přístroje až 127 %
- Hygienicky nezávadný deskový výměník
- Možná náhrada standardního výměníku tepla výměníkem tepla a vzduchu
- Málo pohyblivých dílů, nízká poruchovost
- Chování bez krizí i při špatné obsluze
- Bez nebezpečí zamrznutí při $t_{Au} \geq -10$ °C; odmrazovací topení nebo zemní výměník tepla mohou odpadnout
- Bez přenosu pachu i po mnoha letech provozu
- Příznivé provozní náklady
- Dobrý poměr ceny a výkonu

5. Fyzikální procesy při transportu vlhkosti membránou výměníku tepla a vlhkosti

[Grafika]

U membránového výměníku tepla a vlhkosti je pára z vlhkého odpadního vzduchu adsorbována na chladnějším povrchu membrány. Tento způsob kondenzace probíhá jako u sušícího prostředku přes teplotu rosného bodu. Přitom se uvolňuje latentní teplo. Membrána obsahuje vysoký podíl soli a nasává vodu jako houba. Obdobně jako u transportu vody v rostlinách procházejí molekuly vody v tekuté formě díky osmóze membránou, k čemuž jsou stimulovány koncentračním gradientem vlhkosti mezi stranou odpadního vzduchu a čerstvého vzduchu. Na straně vnějšího vzduchu se voda odpařuje na povrchu membrány a je přijímána proudem suchého čerstvého vzduchu. Největší díl soli je vázán chemicky na materiál membrány, nerozpouští se ve vodě, a není tudíž odplavován.

6. Spolehlivá bariéra pro pachy a mikroorganismy

Membrána transportuje molekuly vody díky jejich vysoké dielektrické konstantě a malým rozměrům. V provozu se chová jako nasycený solný roztok, což minimalizuje absorpci nepolarizovaných molekul, jako je metan nebo hydrosulfidy. Membrána neabsorbuje ani metanol, který je rovněž silným dipólem. Malé polarizované částice nečistot jsou membránou zadržovány, pokud se nevyskytují ve velmi velkých množstvích. To je případ, který u odpadního vzduchu z bytů nenastane. Membrána nemá póry, proto materiálem nemohou difundovat prakticky žádné plyny. Mikroorganismy nemohou do membrány vniknout kvůli velkým rozměrům, které mají ve srovnání s vodou.

Vysoká koncentrace iontů soli navíc v membráně působí antimikrobiálně. Bakterie, kvasinky, plísně a všechny mikroorganismy, které byly dosud testovány, se na materiálu membrány nepomnožují. Mikroorganismy na jejím povrchu během několika málo dní odumírají, a to i přes optimální podmínky růstu, totiž vlhkost 80 % a teplota vzduchu 25 °C u testů plísní, respektive 35 °C u testů bakterií, jak na novém, tak uměle stárnutém povrchu membrány.

Technologie byla dlouhodobě testována bez zjištění negativního ovlivnění hygieny.

Doporučuje se filtrování odpadního vzduchu v místech nasávání (kuchyně, koupelna, WC) s předsazeným filtrem. Čištění výměníku tepla a vlhkosti se provádí za sucha vysavačem. Podle testů stárnutí lze počítat s životností výměníku zhruba 15 let.

7. Literatura

- (1) FGK Status-Report 1, S. 32 (Stavová zpráva 1 Odborného ústavu pro klima v budovách - Fachinstitut Gebäude-Klima, s. 32)

Passivhaustechnik für Jedermann – „barrierefrei“

Reinhard Weiss Ing., drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme gmbh
Achstraße 42, A - 6960 Wolfurt, Austria
+43 5574 47895 – 0, e-mail: office@drexel-weiss.at

1. Einführung

Die Technologie des Passivhauses und des Kompaktgerätes als dessen Herz durchläuft eine bemerkenswerte Entwicklung. Bereits in sehr früher Phase, als an ein Massenprodukt noch nicht zu denken war, standen die ersten Kompaktgeräte zur Verfügung und konnten sich beweisen: hocheffizient – das zeigen heute noch Monitoring-Programme, die sich langjährig mit der Effizienz der Gebäude und der Geräte der ersten Generation beschäftigen – und praxistauglich. Heute ist diese Technologie Stand der Technik.

2. Erfahrungen und Erkenntnisse mit der Passivhaustechnik im Bereich Komfort und Effizienz

2.1. Beheizbarkeit

Die Beheizung bei ungünstigsten Außenbedingungen auf 20°C ist bei den allermeisten Passivhäusern unproblematisch – vorausgesetzt, die Gebäudehülle hält, was sie verspricht. In der Regel ist es auch gut möglich, 22 oder 23°C zu halten, allerdings nur, wenn in der Berechnung (die meist auf 20°C basiert), eine entsprechende Reserve berücksichtigt wurde. Ist dies nicht der Fall, wünscht sich der Bewohner oft nachträglich die Möglichkeit, eine geringfügig höhere Leistung einzubringen.

Augenscheinlich wird bei geringer Anwesenheit oft der Einfluss der internen Gewinne: steht die Wohnung tagsüber leer (kein Kochen, kein Licht, keine Personenabwärme, etc.), kann der Bedarf an Raumwärme durchaus einige hundert kWh höher sein, als bspw. im Familienhaushalt mit Kleinkindern. Nur bei extrem geringer Anwesenheit und gleichzeitiger hoher Heizlast kann das Fehlen von internen Gewinnen die Beheizbarkeit beeinträchtigen.

Die Erlaubnis zum Fenster öffnen darf mehr denn je jenen erteilt werden, die diesen Vorgang immer noch für ein KO-Kriterium für das Funktionieren eines Passivhauses halten. „Auch wenn das Fenster mal eine halbe Stunde geöffnet wird, unser Haus kühlt deswegen kein bisschen aus...“

2.2. Luftqualität

In aller Regel wird nichts so ausnahmslos und nachhaltig positiv bewertet, wie die Luftqualität. Es handelt sich um eine neue Dimension des Wohnkomforts. Aufgrund der fehlenden Temperaturunterschiede im Haus (kalte Fensterflächen, warme Radiatoren) ist auch die Luftbewegung geringer als gewohnt. Die durch die Komfortlüftung verursachte Strömung ist mit wenigen cm/s weit unterhalb der Wahrnehmungsgrenze anzusiedeln.

2.3. Akustik

Bei fachgerechter Planung und Ausführung ist die Komfortlüftung praktisch nicht zu hören. Achtung jedoch bei Kompaktgeräten im Wohnbereich – Schalldruckpegel im Aufstellraum von 40-45 dB(A) sind kaum zu unterschreiten, dementsprechend wichtig ist eine akustische Trennung von zumindest 20 dB zwischen Aufstell- und Wohnraum einzuplanen. Telefonieschall wird auf wirkungsvolle Art und Weise unterbunden.

2.4. Luftfeuchtigkeit

Was ebenso bei fachgerechter Planung und Ausführung gilt: die relative Luftfeuchtigkeit wird von der Komfortlüftungsanlage nicht relevant beeinflusst. Der aus hygienischen Gründen erforderliche Luftwechsel (im Winter mit entsprechender Abfuhr von Feuchtigkeit verbunden) steht der Feuchtelast in der Wohnung gegenüber, unabhängig davon, ob der Luftwechsel mechanisch, oder via Fensterlüftung erfolgt. Wichtig ist natürlich, dass der Luftwechsel nicht zu hoch gewählt wird – negative Erfahrungen in diesem Bereich gibt es genug. Bei Einhaltung aller Richtlinien ist in der kältesten Zeit mit Raumluftfeuchten zwischen 30 und 40% zu rechnen. Dies wird von Hygienikern begrüßt, da in diesem Klima Schimmelsporen und Hausstaubmilbe nicht überleben können. Grundsätzlich ist die Komfortlüftung auch dazu da, um den „Schadstoff“ Feuchtigkeit abzutransportieren. Richtig geplante und Komfortlüftungen führen nicht zu zu trockener Luft wie dies oft fälschlicherweise behauptet wird.

2.5. Warmwasser

Die Kompaktgeräte beinhalten einen 200 Liter Speicher, welcher hocheffizient mit der Kleinstwärmepumpe erwärmt wird. In der klassischen Passivhaustechnik wird dabei auf das energetische Potential der Abluft zurückgegriffen. Die Enthitzungswärmeverluste (Abfallprodukt einer Wärmepumpe) werden bei den aerosmart Geräten zur Gänze im Warmwasser genutzt.

Das Volumen von 200 Liter, das vorrangig nacherwärmt wird, ermöglicht je nach Zapfprofil Tages-Schüttleistungen von 300 Liter und mehr.

2.6. Steuerung

Es gibt Kunden, die ein solches System ein mal einstellen und danach nur noch wohnen wollen. Und es gibt Kunden, die täglich die Betriebsstundenzähler ablesen und die aktuellen Systemtemperaturen abfragen wollen. Beide Bedürfnisse müssen befriedigt werden – im Anbieten eines sehr einfachen, analogen Bediengeräts, aber auch eines digitalen Geräts mit Display und allen Funktionen ist dies ermöglicht.

2.7. Energieeffizienz

Hohe Energieeffizienz ist zuallererst eine Frage der Verlustminimierung. Auch hier gilt das Motto „just in time“: die Wärmeerzeugung sollte möglichst zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort, also möglichst ohne Speicher-, Übertragungs-, Transport- und Verteilverluste erfolgen. Das bestätigt zunächst das ursprüngliche Konzept des

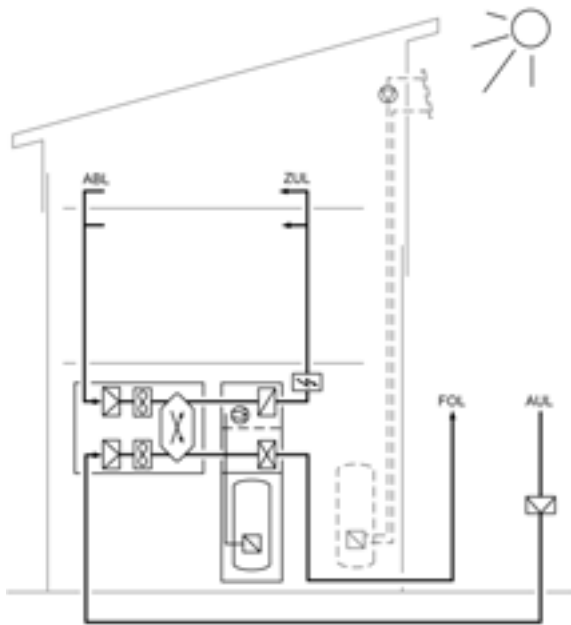
Kompaktgerätes. Die Beweisführung erfolgte in hunderten Gebäuden eindrucksvoll. Auch die Gegenüberstellung mit bspw. zentralen Wärmeerzeugungen fiel deutlich zugunsten des Kompaktgerätes aus. Geringfügige Verbesserungen waren jedoch im Bereich des Wärmepumpenkreises, des rekuperativen Wärmerückgewinners, sowie der Ventilatoren möglich.

2.8. Funktionsweise des Kompaktgeräts

Die Abluft, deren Wärme in der Wärmerückgewinnung der Lüftung bereits teilweise auf die Zuluft übertragen wurde, enthält immer noch nutzbare Energie. Durch den (erforderlichen) Einsatz eines Erdwärmetauschers bleibt auch das Temperaturniveau der Abluft mit 5 bis 10°C so hoch, dass diese noch vorhandene Energie mit Hilfe der Kleinstwärmepumpe nutzbar ist.

Diese Energie wird nun vorrangig dem Warmwasser (im 200-Liter-Speicher) zugeführt, wofür die Wärmepumpe jedoch nur wenige Stunden täglich benötigt. Der große Rest steht für die Raumheizung in Form von erwärmter Zuluft zur Verfügung. Die Wärmepumpe arbeitet dabei mit zwei in Serie schaltbaren Kondensatoren, einer davon als doppelwandiger Wärmetauscher direkt im Warmwasser, der andere als luftdurchströmter Wärmetauscher in der Zuluft. Bei reiner Warmwasserbereitung ist nur der erste Kondensator durchströmt; bei Heizbetrieb werden beide Kondensatoren in Serie betrieben, was im Warmwasser die wertvolle Enthitzungswärme des Heißgases nutzbar macht. Dies ermöglicht Warmwasser-Temperaturen, die oberhalb der Kondensationstemperatur liegen, was die Gesamteffizienz des Systems deutlich erhöht.

Auf der Raumheizungsseite sind nun die Möglichkeiten vielfältig: eine mehr oder weniger große Grundlast wird immer durch die Wärmepumpe abgedeckt. Im klassischen Passivhaus genügt dies zusammen mit einer kleinen elektrischen Nachheizung im Zuluftrohr, um die gesamte erforderliche Wärmemenge einzubringen; in manchen Fällen ist eine kleine Zusatzheizung in einem oder mehreren Räumen sinnvoll; als weitere Möglichkeit steht ein Pellet- oder Stückholzofen als Zusatzheizung zur Verfügung. Die Systemauswahl erfolgt in Abhängigkeit des Gebäudes, bzw. nach den individuellen Kundenwünschen.



2.9. Die klassische Passivhaustechnik

Für Gebäude im Passivhaus-Standard konzipiert, stellt dieses System das einfachste Konzept dar. Reicht eine Heizleistung von ca. 10 W/m^2 aus, um das Gebäude warm zu halten, werden keinerlei Zusatzheizungen benötigt.

Die für gute Luftqualität ohnehin erforderliche Frischluftmenge wird über einen Erdwärmetauscher auf $4\text{-}10^\circ\text{C}$ vorgewärmt und dann der statischen Wärmerückgewinnung zugeführt. So kann die Wärme der verbrauchten Abluft auf einfachste Art und Weise genutzt werden. Durch die hohe Effizienz des Gegenstrom-

Plattentauschers wird die frische Luft ohne Energieeinsatz bereits annähernd auf Raumtemperatur erwärmt. Die Abluft hingegen kühlt sich auf ca. $5\text{-}10^\circ\text{C}$ ab, so dass ihr noch weitere Wärme entzogen werden kann, und zwar mit Hilfe der Kleinst-Wärmepumpe. Diese kühlt die Abluft weiter ab (auf bis zu -5°C) und führt die Wärme dem Brauchwasser, bzw. der Zuluft zu. Die Innovation dabei: durch Nutzung der Entthitzungswärme im Brauchwasser wird sozusagen ein Abfallprodukt des Heizbetriebs verwendet, was die gesamthafte Effizienz des Systems weiter erhöht. Die kleine elektrische Spitzenlast-Abdeckung sitzt deshalb nicht im Boiler, sondern raumseitig (im Zuluftrohr oder in einzelnen Räumen).

Als optionale Ergänzung bietet sich eine solare Stromerzeugung (Photovoltaik) an – eine Fläche von ca. 10 m^2 erntet mit etwa 900 kWh/a jenen Beitrag, der via Wärmepumpe das Brauchwasser für das ganze Jahr liefert.

3. Charakteristik des Kompaktgerätes

Passivhaustaugliche Geräte für Lüftung, Wärmerückgewinnung, Heizung und Warmwasserbereitung – kurz Kompaktgeräte – leben von Ihrer Einfachheit: Wärme wird möglichst dort erzeugt, wo sie benötigt wird; ohne Übertragungs- und Zirkulationsverluste; mit minimierten Speicherverlusten (in der Regel innerhalb der thermischen Gebäudehülle). Der Verlustminimierung wird ebenso viel Beachtung geschenkt wie der Effizienz-Optimierung einzelner Komponenten. Auf diese Art und Weise ist es möglich, den gesamten für die Haustechnik eingesetzten Strom wesentlich niedriger zu halten, als bei vergleichbaren, modular aufgebauten Konzepten, auch wenn Komponenten dieses Systems im einzelnen höhere Effizienzen aufweisen (bspw. Leistungsziffer einer Erdreichwärmepumpe vs. Kleinstwärmepumpe).

Dieselbe Einfachheit sorgt aber auch für schlanke und übersichtliche Konzepte. Der damit verbundene Kostenvorteil wird mit größer werdendem Markt und ansteigenden Stückzahlen an Bedeutung gewinnen.

Das Kompaktgerät in der bekannten Konzeption stößt beim Verlassen des klassischen Passivhauses an seine Grenzen. Die über die Zuluft einbringbare Wärmemenge ist ebenso beschränkt, wie das energetische Potenzial der Abluft. Leistungs- und damit verbundene Luftmengenerhöhungen zugunsten der Beheizbarkeit haben fatale Folgen, weshalb das Kompaktgerät in so mancher missbräuchlicher Anwendung auch durchaus Schiffbruch erlitt.

3.1. Das Bedürfnis

Das Passivhaus hat sich als Speerspitze des energieeffizienten Wohnbaus mittlerweile etabliert. Gleichzeitig fanden aber zwei weitere Entwicklungen statt:

Einerseits hat sich das Klientel des Passivhauses verändert, es ist breiter, heterogener geworden. Raumtemperaturen von 23 oder 24°C sind kein Tabu mehr; die hochkompakte Bauweise wird nicht mehr als die einzige Bauform angenommen; Passivhäuser werden teilweise größer und individueller. Im speziellen bei großzügigen Gebäuden mit geringer Personendichte ist die Sinnhaftigkeit des klassischen Kompaktgerätes zu hinterfragen.

Andererseits hat das Passivhaus eine neue Dynamik in den Fortschritt des Bauens gebracht: wer vor einigen Jahren noch ambitioniert an ein „Energiesparhaus“ mit einem HWB von 60 kWh/m²a gedacht hat, tut sich heute leicht, ein Gebäude mit dem halben Bedarf zu errichten. Dementsprechend ist auch der Leistungsbedarf mit 2 bis 3 kW gering – oft auch für das kleinste konventionelle Produkt zu gering.

Das sich daraus ableitende Bedürfnis ist die geringfügig höhere Leistungsfähigkeit der Kleinst-Wärmepumpe bei Beibehaltung der Vorteile (Verlustminimierung, schlankes Konzept).

3.2. Die Lösung und Ergänzung

Im neuen Kompaktgerät aerosmart XLS arbeitet eine Kleinst-WP mit einer maximalen Leistung von 3 kW. Die Wärmeeinbringung erfolgt nur noch zu einem Teil über die Zuluft; rund zwei Drittel werden in Form von Niedertemperatur-Wärme über statische Flächen abgegeben. Weiters wird nicht auf das erschöpfte Energie-Potenzial der Abluft zurückgegriffen, sondern auf jenes des Erdreichs. Gewonnen wird diese Wärme via Sole-Kreis, der aufgrund der verhältnismäßig geringen Leistung entsprechend klein und kostengünstig gestaltet werden kann.

Und weil mit dem Sole-Kreis bereits ein taugliches Medium zur Verfügung steht, wird auch die Außenluft auf diese Art und Weise vorgewärmt, um den Wärmeübertrager frostfrei zu halten. Angenehmer Nebeneffekt: Effiziente Kühlung der Zuluft im Sommer durch den vergleichsweise großzügigen Sole-Kreis bei gleichzeitiger Regeneration des Erdreichs.

Diese hocheffiziente Technik mit breiter Anwendbarkeit eröffnen dem PH-Profi, aber auch den Vorsichtigen, den Zweiflern und den Abwartenden neue Lösungen. Die Passivhaustechnik wird, was den hocheffizienten Wohnbau anlangt, „barrierefrei“.

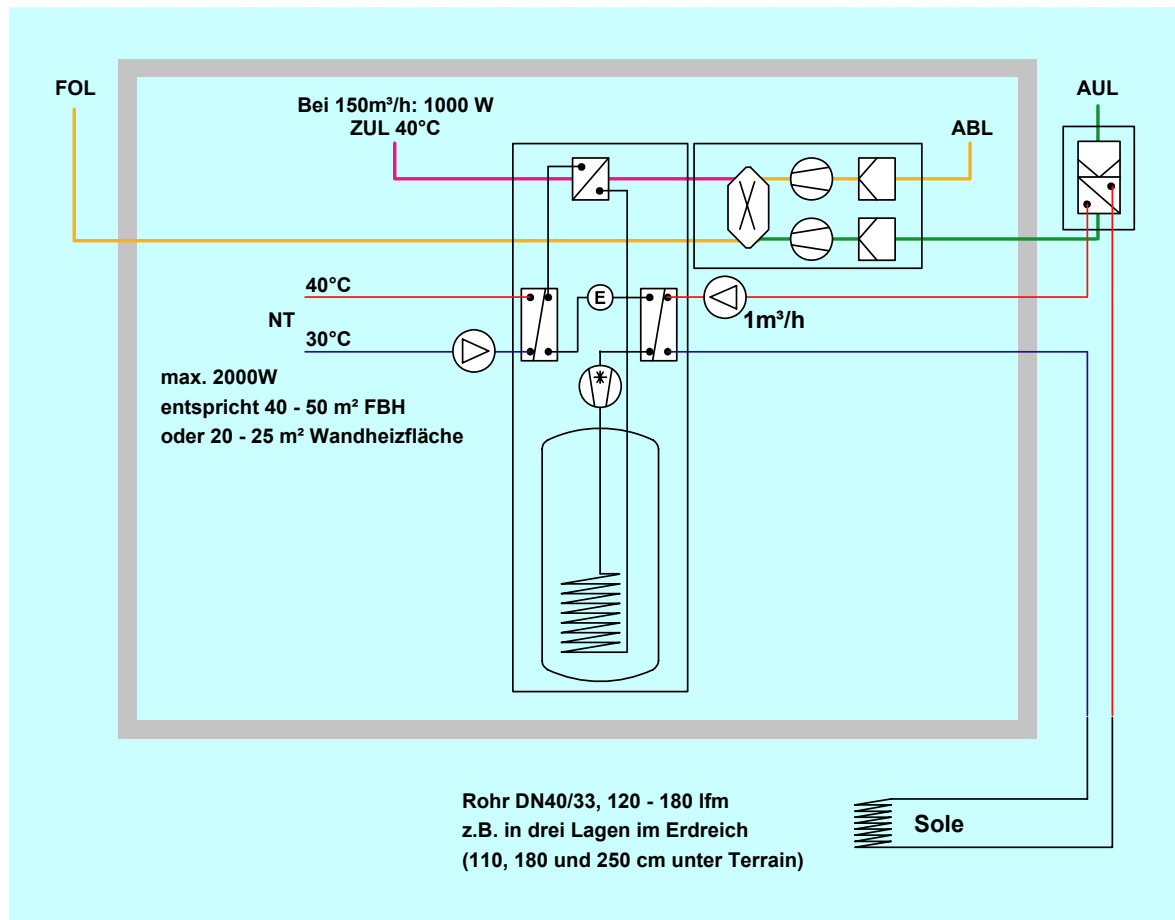


Abb 1 Schematische Darstellung der patentierten Kompaktgeräte- Systemlösung

Technologie pasivního domu pro každého – „bez bariér“

překlad

1. Úvod

Technologie pasivního domu a kompaktního přístroje jakožto jeho srdce zažívá pozoruhodný vývoj. Již ve velmi rané fázi, kdy se ještě nedalo na masový produkt ani pomyslet, byly k dispozici první kompaktní přístroje, které se osvědčily jako vysoce účinné a vhodné pro praxi. Ještě dnes to dokazují monitorovací programy, které se po dlouhá léta zabývají účinností budov a přístrojů první generace. Dnes tato technologie představuje stávající stav techniky.

2. Zkušenosti a poznatky s technologií pasivního domu s ohledem na komfort a účinnost

2.1. Schopnost vytopit pasivní dům

Vytápění při nepříznivých vnějších podmínkách na 20° C je u podstatné většiny pasivních domů bez problémů za předpokladu, že budou splněny slibované vlastnosti obvodového pláště budovy. Zpravidla je také dobře možné udržet teplotu na 22 nebo 23 °C, avšak pouze tehdy, byla-li v kalkulaci vzata v úvahu odpovídající rezerva. Kalkulace však většinou vycházejí z 20° C. Pokud tak nebylo učiněno, stává se často, že si uživatel následně přeje mírné zvýšení výkonu.

Při malé přítomnosti osob se také projevuje vliv vnitřních zisků: je-li byt přes den prázdný (žádné vaření, světlo, teplo produkované lidmi, atd.), může být potřeba připravovaného tepla pro místnosti docela dobře o několik stovek kWh vyšší, než například potřeba pro rodinný dům s malými dětmi. Pouze při extrémně nízké přítomnosti a současně vysoké topné zátěži může absence interních zisků negativně ovlivnit schopnost zařízení vytopit dům.

Povolení otevírat okna by mělo být uděleno spíše těm osobám, které tento postup stále ještě považují za součást kritérií pro fungování pasivního domu. „I když bude okno otevřeno jen na půl hodiny, teplota v našem domě zase tolik neklesne ...“

2.2. Kvalita vzduchu

Zpravidla nebývá nic tak bez výjimky a dlouhodobě pozitivně hodnoceno jako kvalita vzduchu. Jedná se o nový rozměr komfortu bydlení. Z důvodu absence teplotních rozdílů v domě (studené okenní plochy, teplé radiátory) je také pohyb vzduchu menší, než jak jsou lidé zvyklí. Proudění vzduchu v řádu několika málo centimetrů za vteřinu způsobené komfortním větráním je hluboko pod hranicí vnímání.

2.3. Akustika

Odborný projekt a odborné provedení garantují, že komfortní větrání bude prakticky neslyšitelné. Pozor se však musí dávat na kompaktní přístroje v obytných prostorech – hodnoty hladiny zvukového tlaku v místnosti, v nichž je tento přístroj postaven, se

pohybují kolem 40 - 45 dB(A) a s nižší hlučností téměř nelze počítat. Z toho důvodu je důležité provést akustické oddělení minimálně v řádu 20 dB mezi místností, kde je přístroj postaven, a obytným prostorem. Hluk vznikající přenosem zvuku z jedné místnosti do druhé potrubním systémem vzduchotechnického zařízení je účinným způsobem potlačen.

2.4. Vlhkost vzduchu

Při odborném projektu a odborném provedení rovněž platí, že komfortní větrací zařízení neovlivňuje relevantním způsobem relativní vlhkost vzduchu. Výměna vzduchu nutná z hygienických důvodů (v zimě spojená s odpovídajícím odvodem vlhkosti) je v rozporu se zátěží vlhkem v bytě nezávisle na tom, zda se výměna vzduchu provádí mechanicky nebo větráním oknem. Samozřejmě je důležité, aby nebyla zvolena příliš vysoká výměna vzduchu – negativních zkušeností v této oblasti je dostatek. Při dodržení všech směrnic je nutno v nejstudenějším období počítat s vlhkostmi vzduchu v místnostech mezi 30 a 40 %. Tyto hodnoty hygienici vítají, protože v takovém prostředí nemohou přežívat spory plísní, ani roztoči z domácnostního prachu. Zásadně slouží komfortní větrání také k odvodu „škodliviny“ vlhkost. Správně vyprojektované komfortní větrání nezpůsobují příliš suchý vzduch, jak se často chybně tvrdívá.

2.5. Teplá voda

Kompaktní přístroje jsou vybaveny zásobníkem vody o objemu 200 litrů, který je s vysokou účinností zahříván miniaturním tepelným čerpadlem. V klasické technologii pasivního domu se přitom využívá energetického potenciálu odpadního vzduchu. Ztráty při odvádění tepla (odpadní produkt tepelného čerpadla) se u přístrojů typu aerosmart plně využívají pro ohřev teplé vody.

Objem 200 litrů, který se musí přednostně dodatečně ohřát, umožňuje v závislosti na profilu čerpání denně ohřev 300 litrů a více.

2.6. Řízení

Existují zákazníci, kteří chtějí tento systém jednou nastavit a pak už jen bydlet. A jsou také zákazníci, kteří chtějí denně odečítat měřidla provozních hodin a zjišťovat aktuální teploty v systému. Oba požadavky musí být uspokojeny, a proto nabízíme jak velmi jednoduchý analogový obslužný přístroj, ale také digitální přístroj s displejem a všemi funkcemi.

2.7. Energetická účinnost

Vysoká energetická účinnost je v prvé řadě otázkou minimalizace ztrát. I zde platí heslo „just in time“: příprava tepla musí probíhat pokud možno ve správný okamžik na správném místě, tedy pokud možno bez ztrát způsobených akumulací, přenosem, přepravou a rozdělováním. To potvrzuje původní koncepci kompaktního přístroje. Jako přesvědčivé důkazy slouží stovky budov. I srovnání s například centrálním přípravou tepla vyšlo výrazně ve prospěch kompaktního přístroje. Mírné optimalizace

byly však možné v oblasti okruhu tepelného čerpadla, rekuperátoru tepla a ventilátorů.

2.8. Způsob funkce kompaktního přístroje

Odpadní vzduch, jehož teplo již bylo v rekuperaci tepla částečně přeneseno na přiváděný čerstvý vzduch, obsahuje vždy ještě využitelnou energii. Použitím (potřebného) zemního tepelného výměníku zůstává i teplota odpadního vzduchu na úrovni 5 až 10 °C tak vysoká, že tuto ještě zbývající energii lze využít pomocí miniaturního tepelného čerpadla.

Tato energie se přednostně přivádí k teplé vodě (v nádobě o objemu 200 l), pro což však tepelné čerpadlo potřebuje jen několik hodin denně. Převážná část energie je dispozici pro vytápění místností formou zahřátého přiváděného čerstvého vzduchu. Tepelné čerpadlo přitom pracuje se dvěma sériově zapojitelnými kondenzátory, z nichž jeden je jako dvoustěnný výměník tepla přímo v teplé vodě a druhý jako výměník tepla, jímž protéká vzduch, v přívodu čerstvého vzduchu. Při pouhém ohřevu teplé vody prochází vzduch jen prvním kondenzátorem; při provozu s vytápěním jsou provozovány oba kondenzátory v sérii, což umožňuje využití cenného odváděného tepla horkého plynu pro ohřev teplé vody. To umožňuje ohřev vody na teploty, které leží nad teplotou kondenzace, což výrazně zvyšuje celkovou účinnost systému.

Na straně ohřevu místností jsou nyní různé možnosti: větší či menší základní zátěž bude vždy pokryta tepelným čerpadlem. V klasickém pasivním domu to postačuje spolu malým dodatečným topením v trubce přívodu čerstvého vzduchu pro zajištění potřebného množství tepla; někdy je rozumné instalovat v jedné nebo ve více místnostech malé dodatečné topení; jako další možnost dodatečného vytápění jsou k dispozici kamna na spalování pelet nebo kusového dřeva. Výběr systému závisí na vlastnostech budovy, případně na individuálních přáních zákazníka.

[Grafika]

2.9. Klasická technologie pasivního domu

Pro budovy ve standardu pasivního domu představuje tento systém nejjednodušší koncepci. Je-li topný výkon cca. 10 W/m² postačující pro udržení odpovídající teploty v budově, není zapotřebí žádných dodatečných topení.

Množství čerstvého vzduchu, které je tak či onak zapotřebí pro dobrou kvalitu vzduchu, je predehříváno v zemním výměníku tepla na 4 – 10 °C a poté přiváděno do statického zařízení pro rekuperaci tepla. Takto lze nejjednodušeji využívat teplo ze spotřebovaného odpadního vzduchu. Díky vysoké účinnosti protiproudového deskového výměníku se čerstvý vzduch již ohřívá bez spotřeby energie na teplotu blízkou pokojové teplotě. Odpadní vzduch se naproti tomu zchladí na cca. 5 – 10 °C, takže je možné z něj odebírat další teplo, a to pomocí miniaturního tepelného čerpadla. Toto čerpadlo opět odpadní vzduch zchladí (až na –5 °C) a přivádí teplo do ohřevu užitkové vody, případně k ohřevu přiváděného čerstvého vzduchu. Inovace spočívá v tom,

že se využitím odváděného tepla v užitkové vodě takřikajíc recykluje odpadní produkt topného provozu, což opět zvyšuje celkovou účinnost systému. Malé elektrické zařízení pro pokrytí potřeby ve špičce tudíž není instalováno v bojleru, nýbrž na straně místnosti (v trubce přívodu čerstvého vzduchu nebo v jednotlivých místnostech).

Jako volitelné doplnění se nabízí získávání elektřiny v solárních zařízeních (fotovoltaika) – plocha cca. 10 m² získá přibližně 900 kWh/a, což je výkon který dodá užitková voda přes tepelné čerpadlo za celý rok.

3. Charakteristika kompaktního přístroje

Přístroje pro ventilaci, rekuperaci tepla, topení a přípravu teplé užitkové vody vhodné pro pasivní dům – označované krátce jako kompaktní přístroje – žijí ze své jednoduchosti: teplo se pokud možno vyrábí tam, kde je ho zapotřebí; bez ztrát při přenosu, cirkulaci, s minimalizovanými ztrátami způsobenými akumulací (zpravidla v rámci tepelného pláště budovy). Minimalizaci ztrát se věnuje stejná pozornost jako optimalizaci účinnosti jednotlivých komponent. Takto je možno udržet celkové množství proudu, jehož je zapotřebí pro technické zařízení budovy, oproti srovnatelným modulárně konstruovaným koncepcím na podstatně nižší úrovni, i když jednotlivé komponenty tohoto systému vykazují vyšší účinnosti (například ukazatel výkonu zemního tepelného čerpadla oproti miniaturnímu tepelnému čerpadlu).

Tatáž jednoduchost však také s sebou přináší úsporné a přehledné koncepce. Význam výhodnosti nákladů s tím spojené bude růst spolu se zvětšujícím se trhem a nárůstem počtu vyrobených kusů.

Kompaktní přístroj známé koncepce naráží při opuštění klasického pasivního domu na své hranice. Množství tepla, který lze přívodem čerstvého vzduchu dodat, je stejně omezené jako energetický potenciál odpadního vzduchu. Zvyšování výkonu a s ním spojené zvyšování množství vzduchu ve prospěch vytápění mají fatální důsledky a bylo důvodem případů, kdy kompaktní přístroj vlivem neodborného používání naprosto ztroskotál.

3.1. *Potřeba*

Pasivní dům se postupem času etabloval jako vzor energeticky účinných staveb. Vývoj se však současně ubíral dvěma dalšími směry.

Na jedné straně se změnila klientela zájímající se o pasivní domy, je širší, a více heterogenní. Teploty v místnosti 23 nebo 24 °C již nejsou tabu; vysoce kompaktní technologie výstavby se již nepředpokládá jako jediný typ konstrukce; částečně se pasivní domy také zvětšují a zvyšuje se i jejich individualita. Zvláště u velkorysých budov s nízkým počtem obyvatel je nutno důkladně ověřovat smysl využití klasického kompaktního přístroje.

Na druhé straně vnesl pasivní dům do inovací staveb novou dynamiku: kdo před několika roky ještě ambiciózně uvažoval o „energeticky úsporném domu“ s potřebou přípravy tepla pro vytápění ve výši 60 kWh/m²a, si dnes dokáže snadno pořídit budo-

vu s polovičními nároky. Podle toho je také příkon 2 až 3 kW nízký – často i pro nejmenší konvenční produkt příliš nízký.

Potřeba, kterou z toho lze odvodit, je poněkud vyšší výkonnost miniaturního tepelného čerpadla při zachování výhod (minimalizace ztrát, úsporná koncepce).

3.2. Řešení a doplnění

V novém kompaktním přístroji aerosmart XLS pracuje miniaturní tepelné čerpadlo o maximálním výkonu 3 kW. Čerstvým vzduchem je teplo přiváděno již jen částečně; zhruba dvě třetiny jsou odevzdávány ve formě nízkopotenciálního tepla statickými plochami. Dále se nevyužívá vyčerpaný energetický potenciál odpadního vzduchu, nýbrž energetický potenciál půdy. Toto teplo je získáváno pomocí okruhu s roztokem soli, který díky relativně nízkému výkonu může být malý a cenově výhodný.

A protože okruh s roztokem soli již představuje vhodné médium, může být tímto způsobem předehevříván i vnější vzduch, abychom výměník tepla udrželi bez zamrznutí. Příjemným vedlejším efektem je účinné chlazení přiváděného čerstvého vzduchu v létě díky srovnatelně velkorysému okruhu roztoku soli při současné regeneraci půdy.

Tato vysoce účinná technologie se širokým polem využití otevírá odborníkům na stavbu pasivních domů, ale také opatrným investorům, pochybovačům a těm, kteří vyčkávají, nová řešení. Technologie pasivního domu se stává, pokud jde o stavbu energeticky vysoce účinných domů, „bezbariérovou“.

[Grafika]

Obr. 1 Schématické zobrazení patentovaného kompaktního přístroje – systémové řešení

Das Passivhausfenster – Die Heizung der Zukunft!

Franz Freundorfer, OPTIWIN der Fensterpakt

Wildbichlerstraße 1, A-6341 Ebbs

Tel: 0043/5373/46046-12, freundorfer@optiwin.net

1. Einführung

Das Passivhaus stellt neue Anforderungen an das Bauteil Fenster und verleiht dem „low interest product“ Fenster einen völlig neuen Stellenwert. Das größte Wärmeloch wird plötzlich, dank der passiv-solaren Energiegewinne, zur Teilheizung im energieeffizienten Passivhaus.

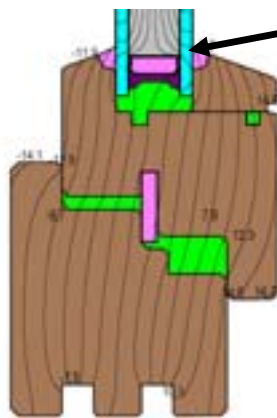
Der Wärmedurchgangskoeffizient (U_w -Wert) des Fensters konnte in den letzten 30 Jahren um den Faktor acht verbessert werden. Während man heute für einen Quadratmeter Fensterfläche mit Einfachverglasung $U_w = 5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ in Mitteleuropa mehr als 20,- Euro an Heizkosten pro Jahr ausgeben müsste, übernehmen Passivhausfenster nicht nur in Wohngebäuden, je nach Orientierung und Verteilung der Fensterflächen, bis zu 60% der Heizkosten. Diese passiv-solare Heizenergie ist nicht nur gratis, sondern erhöht ganz wesentlich die Behaglichkeit für die Bewohner. Selbst bei strengstem Frost sinkt die Oberflächentemperatur der Scheiben auf der Rauminnenseite nicht unter 17 Grad ab und die früher für das Wohlbefinden der Nutzer notwendigen kostenintensiven Heizkörper unter den Fenstern gehören der Vergangenheit an.

2. Ausschnitte aus der Präsentation

Status Quo: Es gibt 3 Gruppen

Die veralteten Konstruktionen: IV68, Holz-Alu, PVC... $U_w = 1,6 - 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Die Grauzone: Besseres Glas + kaum veränderte Rahmen? $U_w = 0,9 - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	Das Passivhausfenster: $U_{w \text{ eingeb.}} = < 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$

Das gute alte IV68 (Euroookna)



3,7 Grad Celsius

(bei -15 Außentemperatur)



Bei einem Wohnzimmer mit 30m² fällt leicht ein viertel Liter Tauwasser an.

Die Strahlungstemperaturasymmetrie als Komfortkriterium

- Unser Behaglichkeitsempfinden wird von den Differenz der Oberflächentemperaturen der uns umgebenden Wände maßgeblich beeinflusst.

linker Halbraum

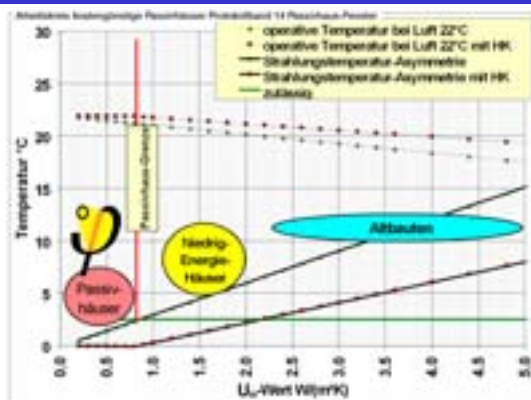


rechter Halbraum

$U_w < 0,85$
W/m²K 2,5K

Liegt diese Temperaturdifferenz unter 2,5 K spricht man heute von behaglichem Wohnklima.

Strahlungstemperatur-Asymmetrie < 2,5K



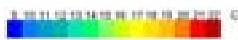
Ohne Heizkörper an der Außenfassade ist die Strahlungstemperaturasymmetrie ab $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K} > 2,5\text{K}$. Daher das Dogma der Zentralheiztechnik **Heizkörper gehören an die Außenfassade.**

Die Temperaturschichtung: Ein weiteres Komfortkriterium

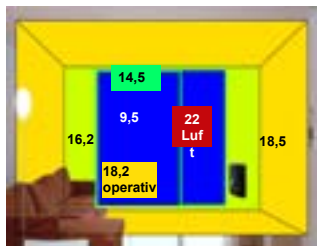
- Temperaturdifferenz zwischen Fußbodennähe (0,1m) und Kopfhöhe einer sitzenden Person (1,1m), gemessen 50cm vor dem Fenster.
- Ein Maß für die Gefahr kalter Füße

Liegt diese Temperaturdifferenz unter 1,5 K spricht man wieder von behaglichem Wohnklima.

Behaglichkeit: Strahlungstemperatur - Asymmetrie



Altbau



Kalte Bauteiloberflächen führen in schlecht gedämmten Häusern zu unsymmetrischen Strahlungstemperaturen.

- 10°C
Außen-
Luft

Passivhaus



Anders im Passivhaus: Hier sind alle Umfassungsflächen gleich - mäßig warm, auch die Fenster. Es resultiert ein angenehmes Strahlungsklima.

Quelle: Helmut Krapmeier

Fazit

Bezüglich der Komfortparameter
Empfindungstemperaturdifferenz,
Strahlungstemperaturasymmetrie und
Lufttemperaturschichtung
ergeben sich bei mitteleuropäischem Klima stets
behagliche
thermische Bedingungen im gesamten
Aufenthaltsbereich nur dann,
wenn der U-Wert des Fensters höchstens 0,85 W/(m²K)
beträgt.

Quelle: Hiwin PHI
Mai 2003

Fenster Schlüsselfunktion im Passivhaus

- Hohe Qualitäten sind hier gefordert, damit auch ohne Heizkörper die Behaglichkeit in der Nähe der Fassade sehr gut beurteilt wird.
- Gleichsam als Nebeneffekt werden diese Fenster selbst zu Heizkörper für den Raum

Wolfgang Feist

Dezember 1998

Die zwei Kriterien für die Verglasung

- Behaglichkeitskriterium Verglasung:

$$U_g < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Energiekriterium Verglasung

$$U_g - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} \times g < 0$$

Heute am häufigsten eingesetzt $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (EN673) und $g = 52\%$ (EN410).

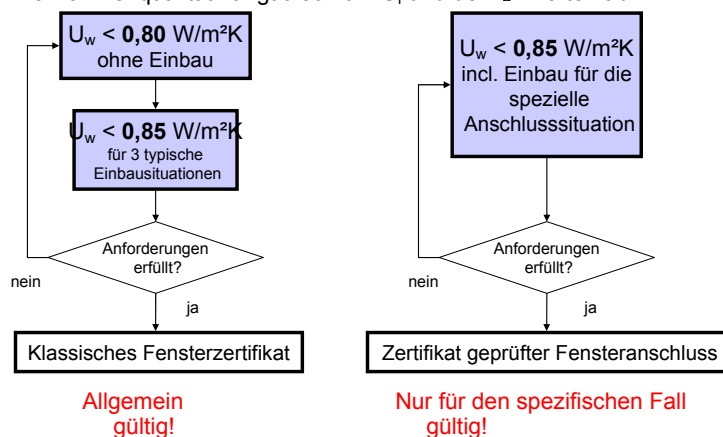
Energiekriterium $0,6 - (1,6 \times 0,52) = -0,23 < 0$

Dies eröffnet die Möglichkeit auch im Kernwinter südseitig einen positiven

Energieeintrag zu realisieren.

Die zwei verschiedenen Zertifikate für den Rahmen

1. Für eine vergleichende Beurteilung der thermischen Qualität von Fensterrahmen wird einheitlich mit einer Verglasung von $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet.
2. Die Rahmenqualität hängt also vom U_f und den Ψ -Werten ab.



U_w -Wert bei Fenstern

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_{\text{Glas}} + U_f \cdot A_{\text{Rahmen}} + \Psi \cdot L_{\text{Randverbund}}}{A_{\text{Fenster}}}$$

Ψ Der lineare Wärmedurchgangskoeffizient
oder die lineare **Wärmebrücke**

Ψ ist **keine** Stoffkonstante sondern von der
jeweiligen Einbausituation abhängig [W/mK]

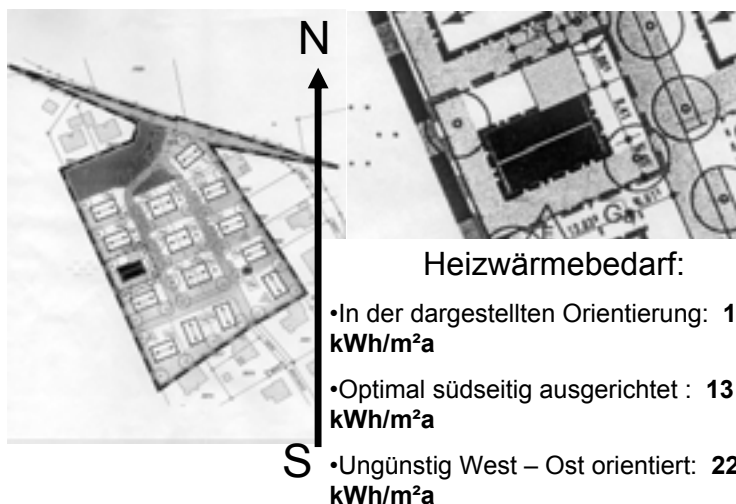
Gebäudebilanzierung zur Vermeidung von Überhitzung

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	165,23 m ²		
Verwendet:	Jahresverfahren		
Energiekennwert Heizwärme:	15 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	✓
Drucktest-Ergebnis:	0,40 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	92 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	24 kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m ² a)		
Heizlast:	11,7 W/m ²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0,0% über 25 °C		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	237,4 m ²		
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	17,0 kWh/(m ² a)	40 kWh/(m ² a)	✓

Nach Lothar Rouvel (Mü) sprechen wir von Überhitzung, wenn die
Übertemperaturhäufigkeit > 10% ist.

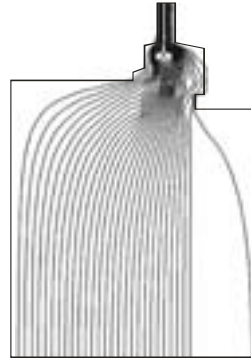
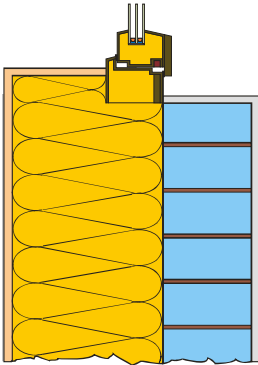
Geben wir der Sonne eine Chance!



Empfohlener Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,005 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{w, \text{eff}} = 0,78 \text{ W/(mK)}$$

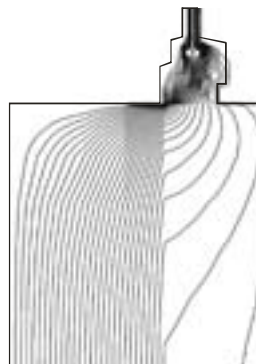
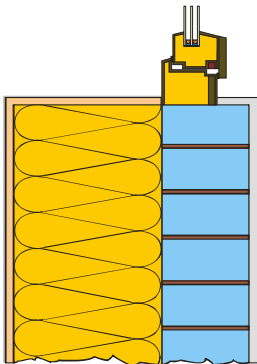


Quelle: [PHI]

Extrem ungünstiger Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,15 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{w, \text{eff}} = 1,19 \text{ W/(mK)}$$



Quelle: [PHI]

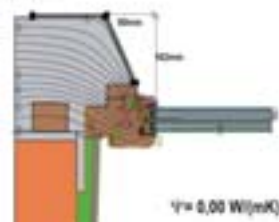
Alltag bei der Gebäudesanierung in Europa!

Datentakt Zweischicht Altbau Ziegel mit 20cm WDVS ohne Überdämmung des Rahmens:



Berechnung: Wand: Hochleistungsfaser WDVS 20cm
Fenster ohne Überdämmung des Fensterrahmens. Der \Psi-Wert des eingesetzten Fensters beträgt nur 0,05 auf 1,32 W/(mK).

Datentakt Zweischicht Altbau Ziegel mit 20cm WDVS:



Berechnung: Wand: Hochleistungsfaser WDVS 20cm
Fenster: Glasfaser mit Dämmverglasung.

Quelle: [PHI]

3. Zusammenfassung

Das Passivhaus setzt, wie in allen Bereichen, so auch beim Fenster umfangreiches Detailwissen voraus. Insbesondere beim Fenstereinbau ist integrale Planungsarbeit Grundvoraussetzung.

Unter www.passiv.de steht eine umfangreiche Auswahl an zertifizierten Produkten bereit. Der riskante Weg, Produkte ohne Zertifikat einzusetzen, ist somit nicht mehr empfehlenswert. In der Rubrik „Zertifizierung-Fensterrahmen“ finden Sie Produkte aller Rahmenmaterialgruppen mit dem „klassischen Fensterzertifikat“ des Passivhausinstitutes in Darmstadt. Eine noch wenig bekannte, bei richtiger Anwendung aber kostengünstigere Variante, finden Sie in der Rubrik „Wand und Bausysteme“. Das Zertifikat „geprüfter Fensteranschluß“ weist die Passivhaustauglichkeit eines Fensters bei einer ganz bestimmten Einbausituation nach und darf nicht verallgemeinert werden. Die innovativen Hersteller von Passivhausfenstern bieten daher mehr und mehr Wärmebrückenkataloge für ihre zertifizierten Systeme an und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Erstellung kostengünstiger Passivhäuser.

4. Literatur

- (1) Feist, Wolfgang; Fenster: Schlüsselfunktion für das Passivhaus-Konzept; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Protokollband Nr. 14, Darmstadt 1998.
- (2) Feist Wolfgang; **HIWIN** Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand Anhang zum Teilbericht A (Bauphysikalische Untersuchungen und Optimierung des Baukörperanschlusses) Teilbericht Passivhaus Institut
- (3) Schnieders, Jürgen: Bestimmung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten **und Modelle, Diskretisierung, Randbedingungen, Programme**; Protokollband Nr. 16, Wärmebrückenfreies Konstruieren, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 1999.

Okna pasivních domů - topení budoucnosti!

překlad

1. Úvod

Pasivní dům klade nové požadavky na komponent okno, přičemž klade na tento „low interest product“ zcela nový důraz. Z největší tepelné díry se najednou, díky pasivním solárním energetickým ziskům, stává částečné topení v energeticky účinném pasivním domě.

Součinitel prostupu tepla (hodnota U_w) okna se během posledních 30 let zlepšil o faktor osm. Zatímco dnes bylo ve střední Evropě třeba utratit za jeden čtvereční metr okenní plochy s jednoduchým zasklením $U_w = 5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ více než 20,- Eur na nákladech za topení ročně, tak okna pasivních domů ušetří, podle orientace a rozdělení okenních ploch, až 60 % nákladů na topení, a to nejen v obytných budovách. Tato pasivní sluneční energie je nejen zdarma, nýbrž rovněž podstatnou měrou zvyšuje pocit pohodlí pro obyvatele. Dokonce ani při nejtuzším mrazu neklesne povrchová teplota skel na vnitřní straně místnosti pod 17°C a drahá otopná tělesa umístěná pod okny, která byla dříve pro odpovídající komfort uživatelů nutná, již patří minulosti.

2. Ukázky z prezentace

Status Quo: Existují 3 skupiny

**Zastaralé
konstrukce:**

IV68, dřevo-
hliník, PVC...

$U_w = 1,6-$

Šedá zóna:

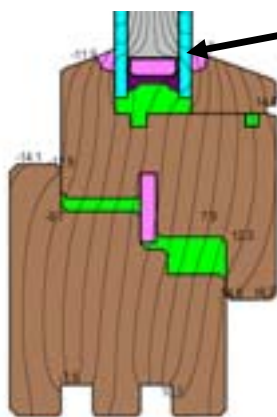
Lepší sklo +
nepatrně
upravené rámy?

$U_w = 0,9-$
 $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Okno
pasivního
domu:**

$U_w \text{ osazeno} =$
 $< 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stará dobrá IV68 (Eurookna)



3,7 °C

(při vnější teplotě -15)



Na obývací pokoj o velikosti 30 m² snadno připadá čtvrt litru kondenzační vody.

Asymetrie jasové teploty jako kritérium komfortu

- Náš pocit pohody je podstatnou měrou ovlivňován rozdílem povrchových teplot stěn, které nás obklopují.

Levý
poloprostor

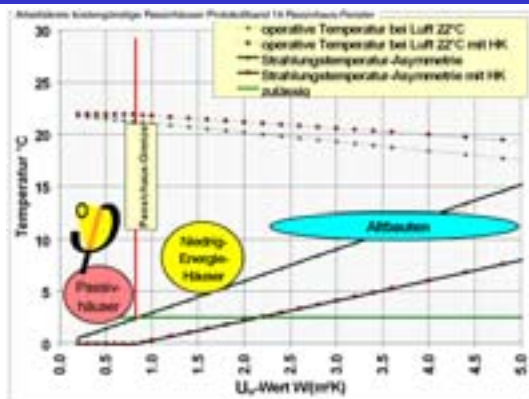


Pravý
poloprostor

$U_w < 0,85$
 W/m^2K 2,5K

Je-li tento teplotní rozdíl menší než 2,5 K, pak hovoříme o příjemném klimatu v místnosti.

Asymetrie jasové teploty < 2,5K



Bez otopného tělesa na vnější fasádě je asymetrie jasové teploty od $U_w=0,8W/m^2K > 2,5K$

Dogma techniky ústředního topení proto zní: **otopná tělesa patří na vnější fasádu.**

Vrstvení teplot: další kritérium komfortu

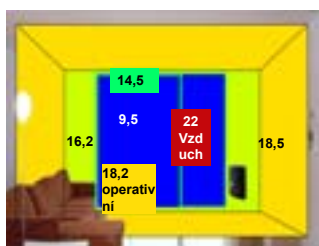
- Teplotní rozdíl mezi vzdáleností blízkou k podlaze (0,1 m) a výškou hlavy sedící osoby (1,1 m), měřeno 50 cm před oknem.
- Signál nebezpečí studených nohou

Je-li tento teplotní rozdíl menší než 1,5 K, pak opět hovoříme o příjemném klimatu v místnosti.

Pohoda: asymetrie jasové teploty

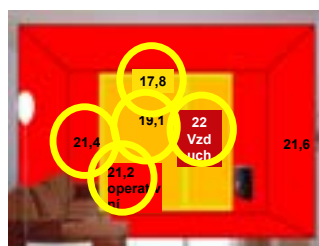


Stará stavba



Studené povrchy komponentů mají u domů se špatnou izolací za následek asymetrii jasových teplot.

Pasivní dům



U pasivního domu je tomu jinak: zde jsou veškeré obvodové plochy rovnoměrně teplé, včetně oken. Z toho vyplývá příjemné klima v prostoru.

Zdroj: Helmut Krapmeier

Shrnutí

S parametry komfortu, jako jsou vnímaný teplotní rozdíl, asymetrie jasových teplot a vrstvení teploty vzduchu, souvisí v případě středoevropského klimatu příjemné tepelné podmínky v celém obytném prostoru vždy pouze v případě, činí-li U hodnota okny maximálně $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Okna - klíčová funkce v pasivním domě

- Je zde vyžadována vysoká kvalita, aby pocit pohody v blízkosti fasády mohl být hodnocen jako velmi dobrý i bez přítomnosti otopných těles.
- Tato okna se zároveň, jako vedlejší efekt, stávají sama o sobě otopným tělesem pro prostor.

Wolfgang Feist

Prosinec 1998

Dvě kritéria zasklení

- Zasklení - kritérium pohody:

$$U_g < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Zasklení - energetické kritérium:

$$U_g - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} \times g < 0$$

Dnes se nejčastěji používá $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (EN673)

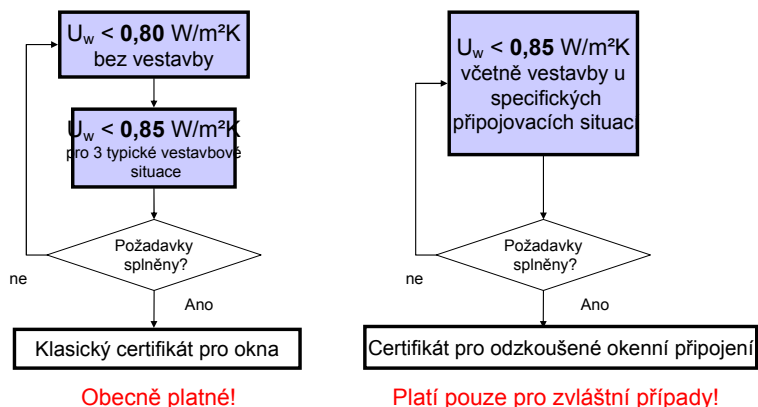
a $g = 52 \%$ (EN410).

Energetické kritérium $0,6 - (1,6 \times 0,52) = -0,23 < 0$

To dává možnost dosáhnout pozitivních energetických zisků na jižní straně i v tuhé zimě.

Dva různé certifikáty pro rám

1. Pro srovnávací posouzení tepelné kvality okenních rámců se jednotně počítá se zasklením $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
2. Kvalita rámu tedy závisí na hodnotách U_f a Ψ .



Hodnota U_w u oken

$$U_w = \frac{U_g^* A_{\text{sklo}} + U_f^* A_{\text{rám}} + \Psi^* L_{\text{okrajová vazba}}}{A_{\text{okno}}}$$

Ψ Lineární součinitel prostupu tepla
nebo lineární **tepelný most**

Ψ **není** látková konstanta, nýbrž závisí na
konkrétní vestavbě [W/mK]

Bilance budovy za účelem minimalizace přehřívání

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	165,23	m ²	
Verwendet:	Jahresverfahren		PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) ✓
Drucktest-Ergebnis:	0,40	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹ ✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	92	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) ✓
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	24	kWh/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)	
Heizlast:	11,7	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	0,0%	über 25 °C	
Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	237,4	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	17,0	kWh/(m ² a)	Anforderung: Erfüllt? 40 kWh/(m ² a) ✓

Podle Lothara Rouvela (Mü) hovoříme o přehřívání, přesahuje-li četnost výskytu nadměrné teploty > 10 %.

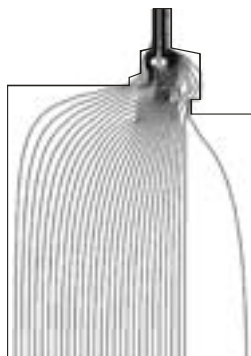
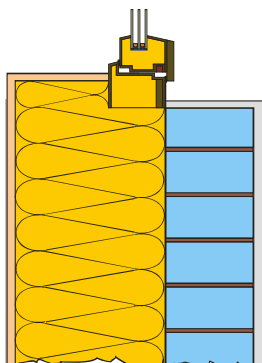
Dejme slunci šanci!



Empfohlener Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,005 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{w, \text{eff}} = 0,78 \text{ W/(mK)}$$

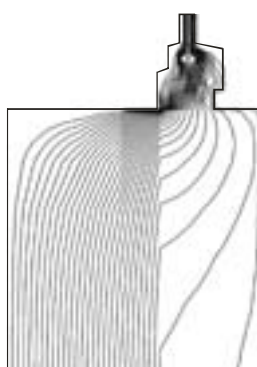
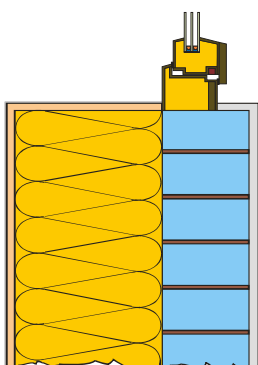


Zdroj: [PHI]

Extrem ungünstiger Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,15 \text{ W/(mK)}$$

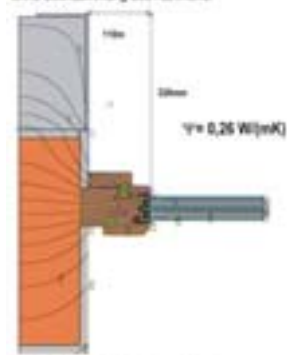
$$U_{w, \text{eff}} = 1,19 \text{ W/(mK)}$$



Zdroj: [PHI]

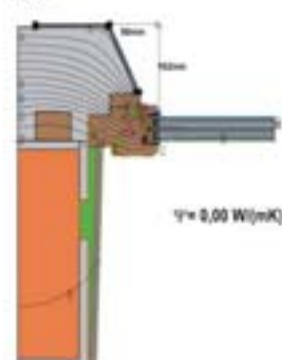
Všední den při sanaci budov v Evropě!

Datentiert ZweuZholz Altbau Ziegel mit 20cm WDVS ohne Überlappung des Rahmens:



Beschreibung: Wand-Hochlochziegel WDVS 20cm. Fenster ohne Überlappung des Fensterrahmens. Ziel: U_w Wert des eingebauten Fensters liegt von 0,80 auf 1,20 W/(mK).

Datentiert ZweuZholz Altbau Ziegel mit 20cm WDVS:



Beschreibung: Wand-Hochlochziegel WDVS 20cm. Fenster (ZweuZholz) mit Rahmenlage.

Zdroj: [PHI]

3. Shrnutí

Pasivní dům u okna předpokládá, stejně jako v ostatních oblastech, rozsáhlé a podrobné znalosti. Integrální projektové práce jsou základním předpokladem zejména při vestavbě oken.

Na adrese www.passiv.de je uveden rozsáhlý výběr certifikovaných výrobků. Riskantní cestu používání výrobků bez certifikátu již tedy nemůžeme dále doporučovat. V rubrice „Certifikované okenní rámy“ naleznete výrobky všech materiálových skupin s „klasickým okenním certifikátem“ Ústavu pro výzkum pasivních domů v Darmstadtu. Jednu dosud méně známou variantu, která je však při správném použití cenově výhodnější, naleznete v rubrice „Stěna a stavební systémy“. Certifikát „Odzkoušené okenní připojení“ prokazuje vhodnost okna pro použití v pasivním domě ve zcela konkrétních montážních situacích a nelze jej zevšeobecňovat. Inovativní výrobci oken pro pasivní domy proto nabízí pro své certifikované systémy stále více a více katalogů tepelných mostů, čímž podstatnou měrou přispívají ke stavbě cenově výhodných pasivních domů.

4. Literatura

- (1) Feist, Wolfgang; Fenster: Schlüsselfunktion für das Passivhaus-Konzept; pracovní skupina pro cenově výhodné pasivní domy, fáze II, svazek č. 14, Darmstadt 1998.
- (2) Feist Wolfgang; **HIWIN** Hochwärmedämmende Fenstersysteme: Untersuchung und Optimierung im eingebauten Zustand Anhang zum Teilbericht A (stavebně-fyzikální zkoušky a optimalizace připojení tělesa stavby), dílčí zpráva Ústavu pro výzkum pasivních domů
- (3) Schnieders, Jürgen: Bestimmung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten **und Modelle, Diskretisierung, Randbedingungen, Programme**; svazek č. 16, Wärmebrückenfreies Konstruieren, pracovní skupina pro cenově výhodné pasivní domy, fáze II, Ústav pro výzkum pasivních domů, Darmstadt, červen 1999.

Neues bei Wärmedämmverbundsystemen

PASSIVHAUSDETAILS IN DER PRAXIS

DI Jan Kircher, Architekt

Schöberl & Pöll OEG, Ybbsstraße 6/30, 1020 Wien

Tel.: +43 / 1 / 726 45 66, www.schoeberlpoell.at

Übersicht

- Bauvorhaben Utendorf-gasse
- Kenndaten
- Sockeldetail
- Dachanschluss
- Attikaausbildung
- Brandschutz

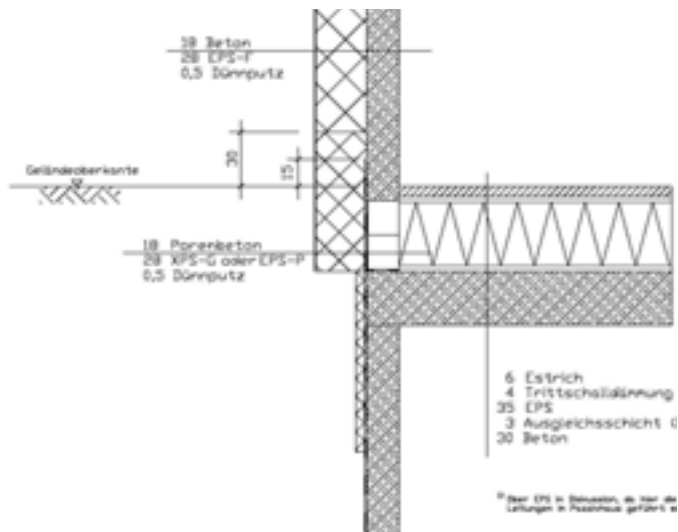
1. Bauvorhaben Utendorf-gasse

Das Demonstrationsgebäude "Utendorf-gasse" ist ein Vorzeigebispiel für sozialen Wohnbau in Passivhausbauweise in Österreich. Der besondere Stellenwert dieses Projekts sind die sehr niedrigen Baukosten trotz höchster Ansprüche bezüglich des Passivhausstandards. Dies wurde durch die Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachrichtungen in einem integralen Planungsprozess erreicht. Der Einsatz umfassender dynamischer Simulationsverfahren ermöglichte die ganzheitliche Beurteilung der technischen Ausführungen für Lüftung, Heizung und Baukonstruktion. Unterschiedliche Aspekte wie Wohnungsbelegung, NutzerInnenverhalten, Raumklima und Energieversorgungssicherheit wurden berücksichtigt. Da neueste Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in diesem Projekt umgesetzt werden, hat die international zusammengesetzte "Haus der Zukunft"-Jury dieses Vorhaben als ein international richtungweisendes "Haus der Zukunft" Demonstrationsprojekt ausgewählt.

2. Kenndaten

- Heizlast $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- Luftdichtheit $n_{50} \leq 0,6/\text{h}$
- Primärenergiebedarf $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Heizwärmebedarf gem. Klimadaten der MA25 $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Heizlast aller einzelnen Wohnungen $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- Bauliche Mehrkosten 4%

3. Sockeldetail: Porenbeton



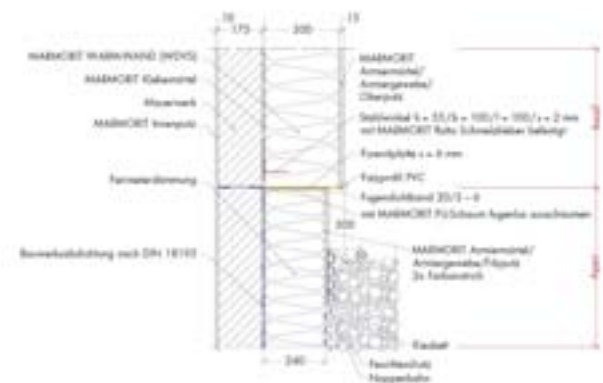
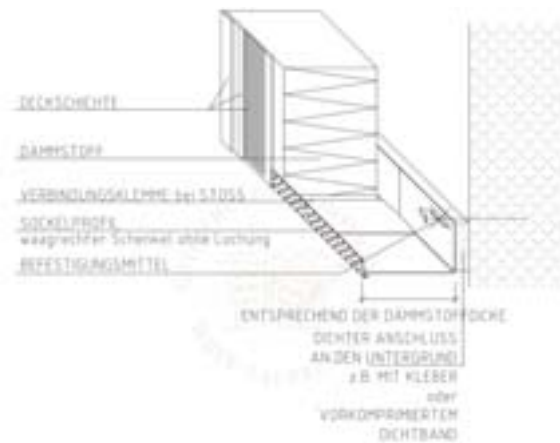
$$\Psi_{\text{Porenbeton}} = 0,0001 \text{ W/mK}$$

wärmebrückenfrei ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta_{\text{HWB ohne Entkoppelung zu Porenbeton}} = 3,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Abb.: BV Utendorf, Schöberl & Pöll

4. Sockelanschluss WDVS



$$\Psi_{\text{Sockelprofil}} = 0,365 \text{ W/mK}$$

$$\Psi = 0,004 \text{ W/mK}$$

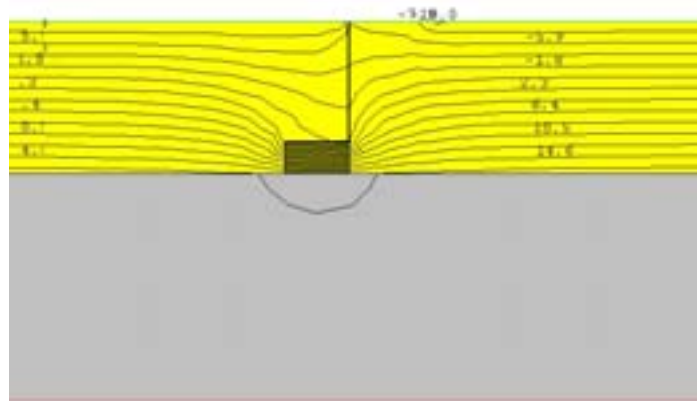
wärmebrückenfrei ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta_{\text{HWB}} = 1,03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

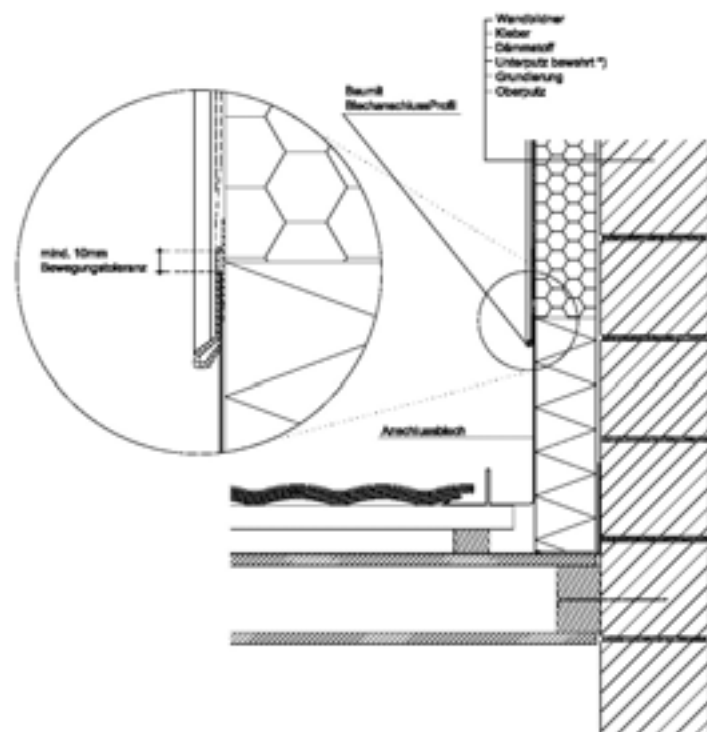
Abb.: WDVS-Fachbetriebe, Marmorit, $\Psi_{\text{Sockelprofil}}$ ebök



5. Dachanschluss: Blechanschluss ohne und mit Putzprofil



$$\Psi_{\text{Blech ohne Holz}} = 0,29 \text{ W/mK}$$



$$\Psi = 0 \text{ W/mK}$$

wärmebrückenfrei (< 0,01 W/mK)

$$\Delta_{\text{HWB}} = 0,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Abb.: Schöberl & Pöll; Baunit

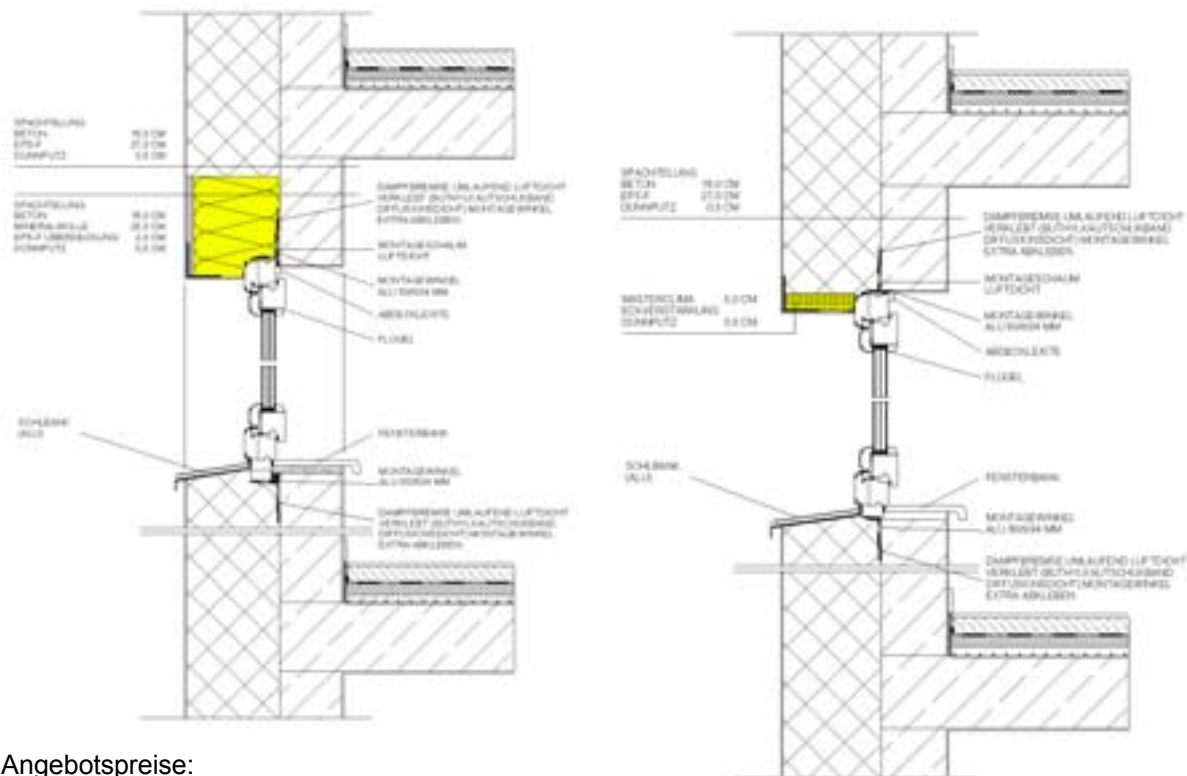
8. Brandschutz: Südansicht mit Brandschutzriegeln



SEIDENSCHUTZ HALB 1, HALB 2

Abb.: BV Utendorfgasse, Arch. Kuzníc

9. Brandschutzriegel: Mineralwolle oder Kalziumsilikatplatte



Angebotspreise:

6 – 35 Euro/lfm Riegel

Inkl. EPS-Überdeckung 7 – 36 Euro/lfm Riegel

Angebotspreise:

2 – 135 Euro/m² Platte

Abb.: BV Utendorfg., Arch. Kuzmich

10. Literatur

- (1) Schöberl, H., Bednar, T., u.a.: „Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau“, Endbericht 5/2004, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2004; auch erschienen im Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2004 ISBN 3-8167-6634-X

Novinky v kontaktním zateplovacím systému

PODROBNOSTI TÝKAJÍCÍ SE PASIVNÍCH DOMŮ V PRAXI

překlad

Přehled

- Stavební záměr Utendorfgasse
- Identifikační údaje
- Detail soklu
- Napojení střechy
- Provedení atiky
- Protipožární ochrana

1. Stavební záměr Utendorfgasse

Ukázková budova "Utendorfgasse" je příkladem sociální bytové výstavby s konstrukcí pasivního domu v Rakousku. Mimořádnou předností tohoto projektu jsou velmi nízké stavební náklady i přes maximální nároky kladené na standard pasivního domu. Těchto výsledků bylo dosaženo díky spolupráci nejrozličnějších odborných směrů v rámci integrálního procesu projektování. Aplikace rozsáhlých dynamických simulačních postupů umožnila komplexní posouzení technického provedení větrání, topení a samotné konstrukce stavby. Přitom byly zohledněny různé aspekty, jako např. obsazení bytů, chování uživatelů, prostorové klima a spolehlivost zásobování energiemi. A protože v rámci tohoto projektu byly aplikovány nejnovější výsledky výzkumů a vývojových projektů, tak porota s mezinárodním složením "Dům budoucnosti" vybrala tento záměr jako demonstrační projekt "domu budoucnosti", který bude v mezinárodním měřítku udávat směr.

2. Identifikační údaje

- Topná zátěž $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- Vzduchotěsnost $n_{50} \leq 0,6/\text{h}$
- Primární spotřeba energie $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Spotřeba tepla k vytápění podle klimatických údajů MA25 $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Topná zátěž všech jednotlivých bytů $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- Vícenáklady stavby 4 %

3. Detail soklu: pórobeton

[Grafika, fotografie]

$\Psi_{\text{Pórobeton}} = 0,0001 \text{ W/mK}$

Bez tepelných mostů ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

Δ Spotřeba tepla k vytápění bez oddělení k pórobetonu = $3,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Obr.: BV Utendorfg., Schöberl & Pöll

4. Napojení soklu WDVS

[Grafika]

$$\Psi_{\text{Profil soklu}} = 0,365 \text{ W/mK}$$

$$\Psi = 0,004 \text{ W/mK}$$

[Fotografie]

Bez tepelných mostů ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta \text{ Spotřeba tepla k vytápění} = 1,03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Obr.: odborné podniky WDVS, marmorit, $\Psi_{\text{Profil soklu}}$ ebök

5. Napojení střechy: plechové napojení s profilem omítky a bez

[Grafika]

$$\Psi_{\text{Plech bez dřeva}} = 0,29 \text{ W/mK}$$

$$\Psi = 0 \text{ W/mK}$$

[Grafika]

Bez tepelných mostů ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta \text{ Spotřeba tepla k vytápění} = 0,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Obr.: Schöberl & Pöll; Baunit

6. Provedení atiky s ocelovými úhelníky nebo jako dřevěná konstrukce

[Grafika]

[Grafika]

$$\Psi_{\text{Atika bez izolačních pásů}} = 0,249 \text{ W/mK}$$

$$\Psi = -0,030 \text{ W/mK}$$

Bez tepelných mostů ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta \text{ Spotřeba tepla k vytápění} = 0,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

7. Protipožární ochrana: východní pohled s protipožárními závorami

[Grafika]

Obr.: stavební záměr Utendorfgasse, arch. Kuzmich

8. Protipožární ochrana: jižní pohled s protipožárními závory

[Grafika]

Obr.: stavební záměr Utendorfgasse, arch. Kuzmich

9. Protipožární závory: minerální vata nebo deska z křemičitanu vápenatého

[Grafika]

[Grafika]

Nabídkové ceny:

Nabídkové ceny:

6 – 35 Euro / běž. m závory

2 – 135 Euro / m² desky

Včetně zastřešení EPS - 7 – 36 EUR/běž. m závory Obr.: stavební záměr Utendorfg., arch. Kuzmich

10. Literatura

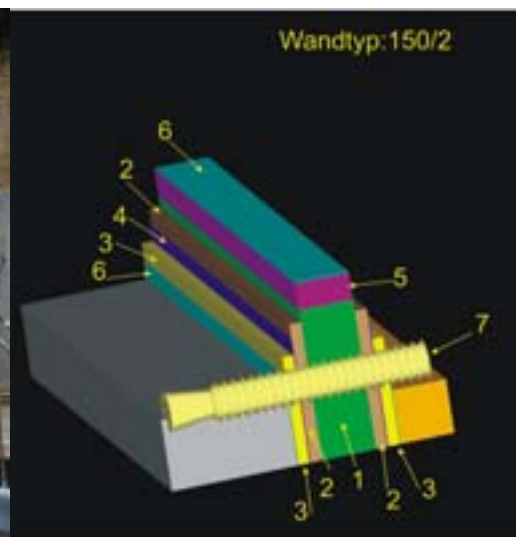
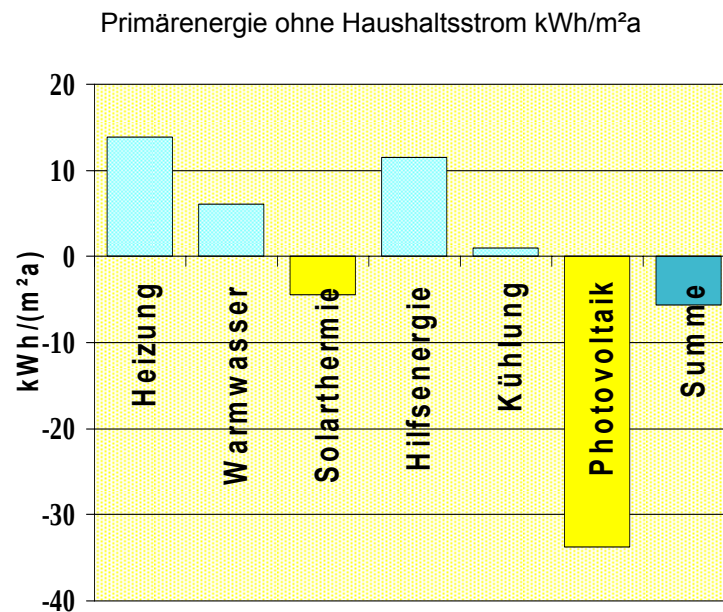
- (2) Schöberl, H., Bednar, T., a jiní: „Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau“, konečná zpráva 5/2004, Spolkové ministerstvo dopravy, inovací a technologií, Spolkové ministerstvo hospodářství a práce, Vídeň 2004; vyšlo rovněž v Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2004 ISBN 3-8167-6634-X

Werkbericht Vakuumgedämmtes Nullheizenergiehaus in Elementbauweise

Martin Forstner, Architekturbüro Forstner

Weinberger Strasse 24, D-92318 Neumarkt

Tel: +49 9181 / 460361, e-mail: forstner-architektur@t-online.de



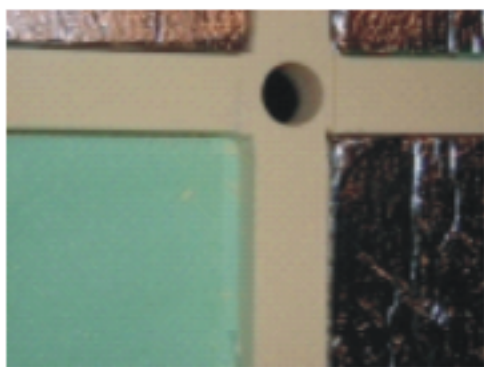
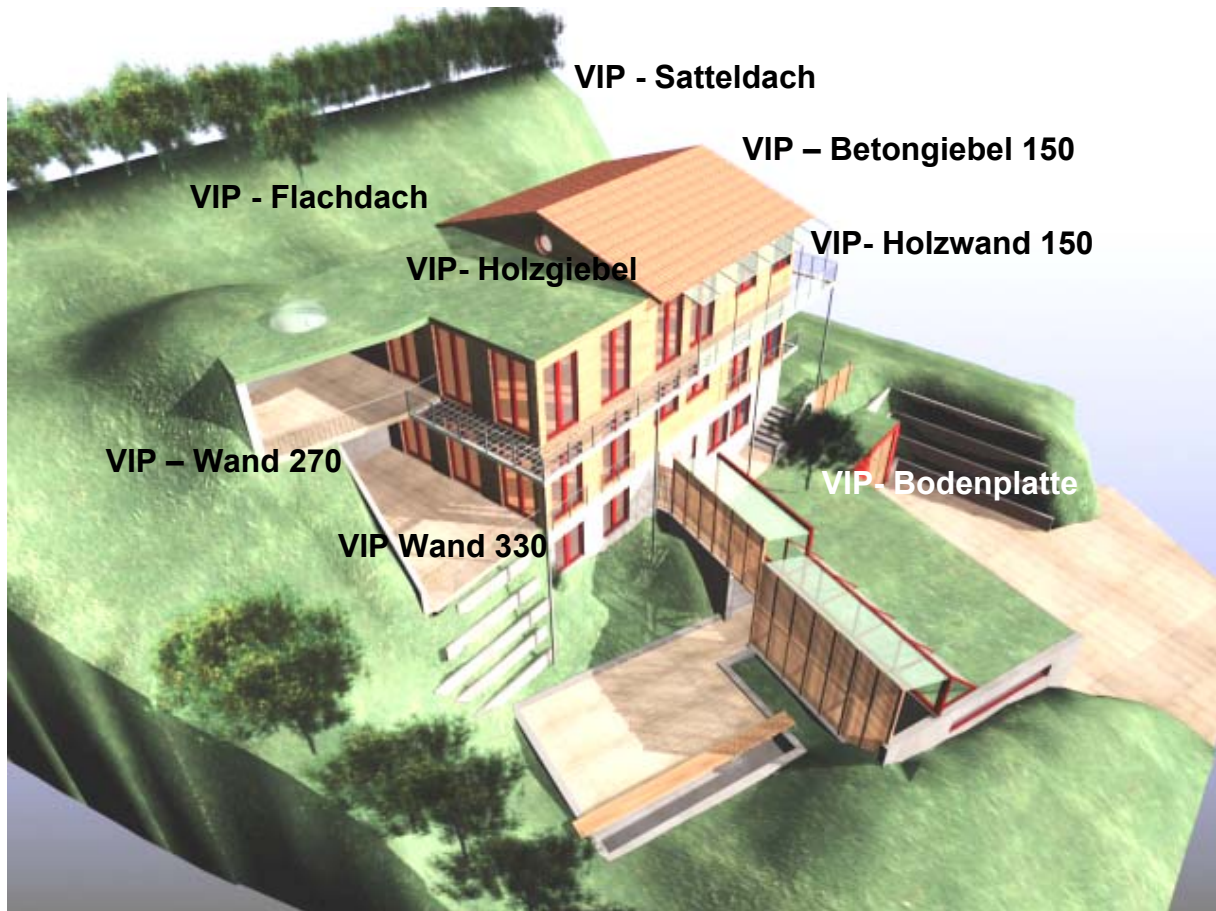
1. Nullheizenergiehaus Voggenthal



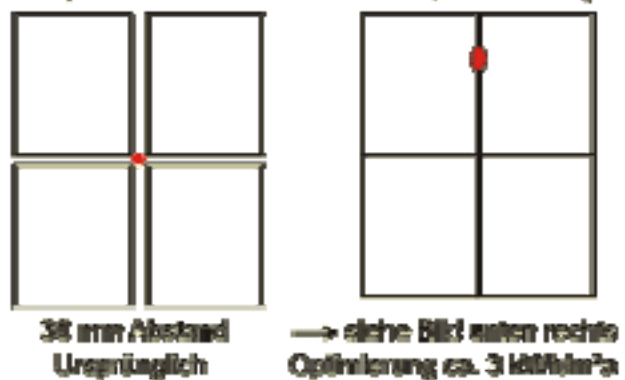
Tiefe bis Sohle 16 m
- Doggersandstein bis 30 m Tiefe



2. Qasa Bauelemente



Basistoptimierung mit statischem Verfahren (PFP)
Beispiel Abstand VIP-Elemente im Qasa-Bauzeil (BE)



Das Weglassen der PUR-Stege und ein fugenloses Aneinanderstoßen der VIP-Elemente innerhalb der **Qasa**-Großelemente bedeutet: **95 %** Kompensation des Verlustfaktors. Der Fugenflächenanteil verringert sich somit pro 2,70 x 5,50 m Wandelement um ca. 0,8 m², also ca. 5 % der Wandfläche. Bei einer Gebäudehüllfläche von ca. **665 m²** sind dies **33,5 m²** Wärmebrücken-Reduzierung!



Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstr. 44/46
D-64283 Darmstadt

Zertifikat

Das Passivhaus Institut bescheinigt dem Gebäude
Einfamilienhaus, Im Voggenthal 21, D-92318 Neumarkt

Bauherr: **VARIOTEC GmbH & Co. KG**
Weißmarterstr. 3, D-92318 Neumarkt/Oberpfalz

Architekt: **Forstner Architekturbüro**
Adolf-Menzel-Str. 4, D-92318 Neumarkt

Haustechnik: **Viatherm Heizung & Sanitär Vertriebs GmbH**
Johann-Mois-Ring 46, D-92318 Neumarkt

das Zertifikat

qualitätsgeprüftes Passivhaus

Die Planung des Gebäudes erfüllt die vom Passivhaus Institut vorgegebenen Kriterien für Passivhäuser. Bei sachgemäßer Bauausführung genügt es den folgenden Anforderungen:

- Das Gebäude hat einen rundum ausgezeichneten Wärmeschutz und bauphysikalisch hochwertige Anschlußdetails. Der sommerliche Sonnenschutz wurde bedacht. Der Heizwärmebedarf ist begrenzt auf

15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr

- Die Gebäudehülle besitzt eine gemäß ISO 9972 geprüfte, sehr gute Luftdichtheit, die eine Zugluftfreiheit und einen niedrigen Energieverbrauch ermöglicht. Der Luftwechsel über die Gebäudehülle wird bei 50 Pascal Druckdifferenz begrenzt auf

0,6 je Stunde, bezogen auf das Gebäudeluftvolumen

- Das Haus verfügt über eine kontrollierte Wohnlüftung mit hochwertigen Filtern, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und niedrigem Stromverbrauch. Dadurch werden eine hohe Innenluftqualität und zugleich ein niedriger Energieverbrauch erreicht.
- Der gesamte jährliche Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom zusammen beträgt bei Standard-Nutzung nicht mehr als

120 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr.

Das Zertifikat ist nur in Verbindung mit dem Zertifizierungsheft zu verwenden. Hieraus gehen die genauen Werte für dieses Gebäude hervor.

Passivhäuser bieten eine sehr gute Behaglichkeit im Sommer und im Winter. Sie können mit geringem Aufwand beheizt werden, z.B. durch eine Nachheizung der Zuluft. Die Gebäudehülle von Passivhäusern ist auf der Innenseite gleichmäßig warm; die Temperaturen der inneren Oberflächen unterscheiden sich kaum von der Raumlufttemperatur. Durch die hohe Dichtheit sind Zugerscheinungen bei normaler Nutzung ausgeschlossen. Die Wohnungs Lüftungsanlage stellt eine gleichbleibend gute Innenluftqualität sicher. Die Heizkosten in einem Passivhaus sind sehr gering. Wegen des niedrigen Energieverbrauchs bieten Passivhäuser eine hohe Sicherheit bei künftigen Energiepreisssteigerungen oder Energieverknappungen. Darüber hinaus wird die Umwelt optimal geschützt, da Energieressourcen sehr sparsam eingesetzt und nur geringe Mengen von Kohlendioxid (CO₂) und von Luftschadstoffen emittiert werden.

ausgestellt:
Darmstadt, den 20. September 2005

Dr. Wolfgang Feist

n-50 = 0,33 bei 700m Fugenanteil

3. KKS – Komfort Klima System

Grundlagen – Einsatzbereiche – Systemkriterien – Komponenten

Deckentauscherflächen-



KKS- Kühl-/Wärmezisterne



Wandtauscherflächen-

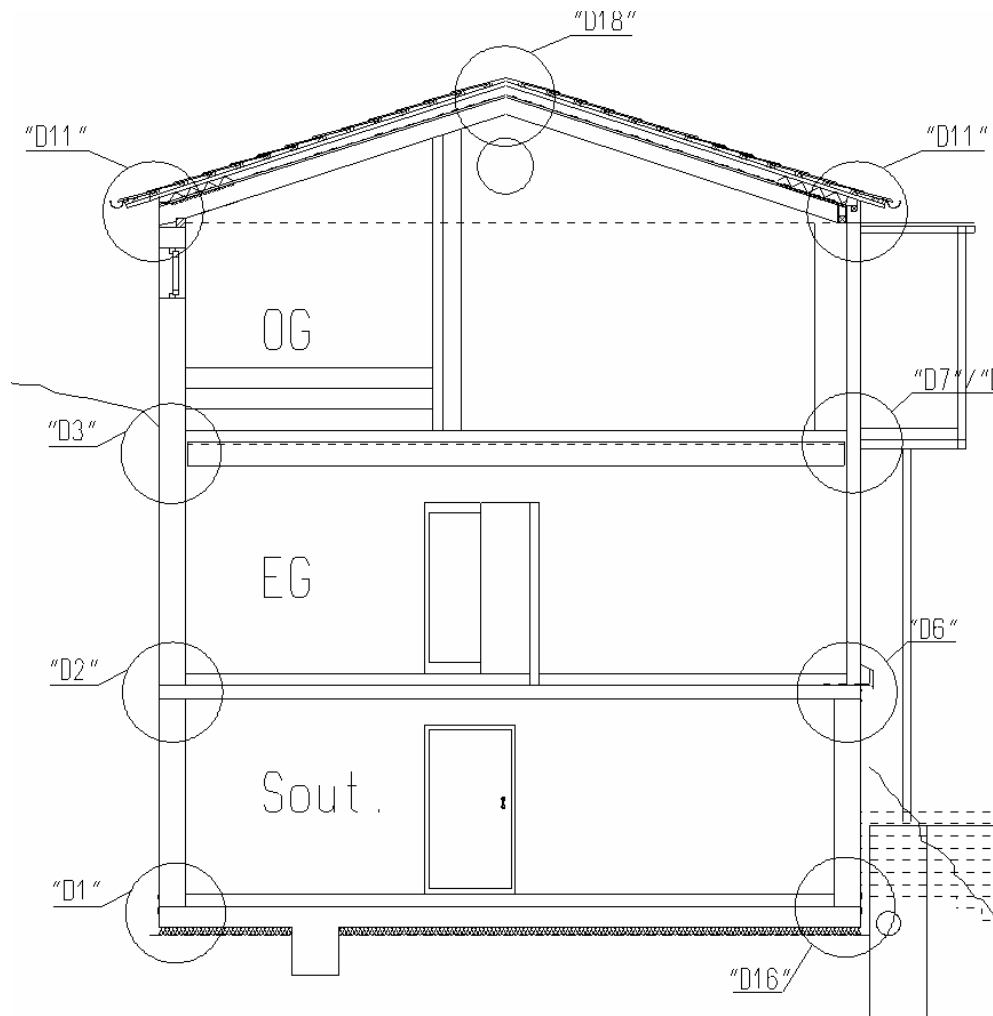


Pumpenbaugruppe für Geschossweises Heizen +
Kühlen



... für Strahlungskühle/Wärme

Raumweise Gradgenaues Heizen und/oder Kühlen



Nutzerbezogenes Behaglichkeitsklima

4. Detaillösungen der Innovation **Wand 270**

Vakuumdämmstoff als Baustoff für den Planer in Werkbericht

Beton-Fertigteile Wandtyp 270

Die Wände Typ 270 werden als Vollfertigteile auf der Baustelle eingebaut.

Die Maßtoleranzen sind wie bei Typ 330 identisch.



Wanmontage TYP 270 mit Transportanker



Wandmontage Typ 270 auf Typ 330 im linken Bildrand sichtbar der Drainagekontrollschacht für die übereinander liegende Drainage

Zpráva o díle – dům s nulovou spotřebou energie s vakuovou izolací a s modulární konstrukcí

překlad

Primární energie bez proudu pro domácnost kWh/m²a

[Grafika]

[Fotografie]

1. Dům s nulovou spotřebou energie Voggenthal

[Fotografie]

[Fotografie]

Hloubka po podklad 16 m

- Jurský pískovec do hloubky 30 m

[Fotografie]

[Fotografie]

2. Stavební prvky Qasa

[Grafika]

[Fotografie, grafika]

Vypuštění můstků PUR a spojení prvků VIP beze spár v rámci velkých elementů **Qasa** znamená: **95%ní** kompenzace ztrátového faktoru. Podíl spárových ploch se tedy snižuje u každých 2,70 x 5,50 m stěnového prvku o cca 0,8 m², tedy o zhruba 5 % plochy stěny. U plochy pláště budovy o velikosti zhruba **665 m²** se jedná o snížení tepelných mostů na ploše **33,5 m²**!

[Grafika]

n-50 = 0,33 u podílu spár 700 m

3. KKS – komfortní klimatický systém

Základy – oblasti použití – systémová kritéria – komponenty

Stropní výměňkové plochy -

KKS - chladicí / tepelná cisterna

[Fotografie]

[Fotografie]

Stěnové výměňkové plochy -

Čerpadlová konstrukční skupina pro vytápění +
chlazení pro jednotlivá podlaží

[Fotografie]

[Fotografie]

... pro sálavý chlad / sálavé teplo

Vytápění a / nebo chlazení jednotlivých prostor s přesností na stupně

[Grafika]

Komfortní klima ve vztahu k uživateli

4. Podrobná řešení inovace Stěna 270

Vakuový izolační materiál jako stavební materiál pro projektanta ve zprávě o díle

Betonové prefabrikované díly, typ stěny 270

Stěny typu 270 se montují na staveništi jakožto plnohodnotné hotové díly.

Rozměrové tolerance jsou shodné s typem 330.

[Fotografie]

Montáž stěny typu 270 s transportní kotvou

[Fotografie]

Montáž stěny typu 270 na typ 330 v levém okraji obrázku; lze vidět drenážní kontrolní šachtu pro vzájemně se překrývající odvodnění.

Sichere VIP-Planungs und Bauprozesse mit Qasa

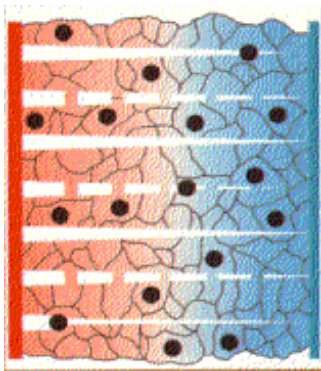
Martin Forstner, Architekturbüro Forstner

Weinberger Strasse 24, D-92318 Neumarkt

Tel: +49 9181 / 460361, e-mail: forstner-architektur@t-online.de

1. Grundlagen

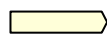
Wie funktioniert ein VIP?



- IR-Trübungsmittel

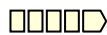


Struktur der pyrogenen Kieselsäure



Festkörperleitung

Die kleine Kugelform der Pyrogenen Kieselsäure reduziert die Wärmeübertragung durch Festkörperleitung, da zwischen den einzelnen Teilchen nur eine punktförmige Berührung besteht.



Infrarot-Strahlung

Ein IR-Trübungsmittel als Zuschlagstoff verringert die Infrarot-Durchlässigkeit und minimiert somit den Wärmeübertrag durch Strahlung. Siliciumcarbit-Moleküle wirken wie winzige Spiegel, die die IR-Strahlung reflektieren



Konvektion

Beim Evakuieren sinkt die Anzahl der Luftmoleküle im VIP Element. Die verbliebenen Luftmoleküle stoßen seltener zusammen. Jeder Stoß überträgt Bewegungsenergie und sorgt so für den Wärmetransport. Wärme ist nichts anderes als Teilchenbewegung

2. VIP-Technische Spezifikation

Dichte	150 - 300 kg/m ³
Wärmeleitfähigkeit	< 0,004 W/(mK) bei 22,5°C mittlerer Temperatur, "Innendruck < 5 mbar" < 0,008 W/(mK) inkl. Alterungszuschlag < 0,019 W/(mK) bei 22,5°C "Umgebungsdruck" (z. B. belüftetes VIP)
Temperaturbeständigkeit	Stützkörper ist nicht brennbar und erfüllt nach IMO FTPC und DIN ISO 4102 die Anforderungen der Baustoffklasse A1. Nach DIN EN 13501-1, Einstufung in Brandverhaltensklasse A1
Feuchtebeständigkeit	Benetzende Flüssigkeiten zerstören die mikroporöse Struktur des Stützkörpers

	→ daher doppelt diffusionsdichte Einhausung in "Qasa"
Innendruck	1 - max. 5 mbar Produktionsbereich
Simulation ca. 50 Jahre	50 mbar λ -Wert-Verschlechterung auf ca. 0,008 bei ungeschütztem VIP Qasa mit Doppelhülle λ 0,008 inkl. WB als Langzeitrechnungswert
Druckbelastbarkeit variiert nach Dichte	200 kg/m ³ 0,8 N/mm ²
max. VIP-Format	1250 x 3000 m als Qasa Bauteil bis 3 x 12 m
Temperaturwechsel beständigkeit	Unempfindlich gegen Wärme- und Kälteschock

3. Blick in die VARIOTEC-VIP-Produktion



VIP-Platten sind dämmtechnisch sehr effiziente Produkte die stets einer sorgfältigen Behandlung bedürfen! ...so eine Herstellerangabe auf dem Datenblatt

→ und da diese Voraussetzungen am Bau selten gegeben sind, haben wir "Qasa" entwickelt!

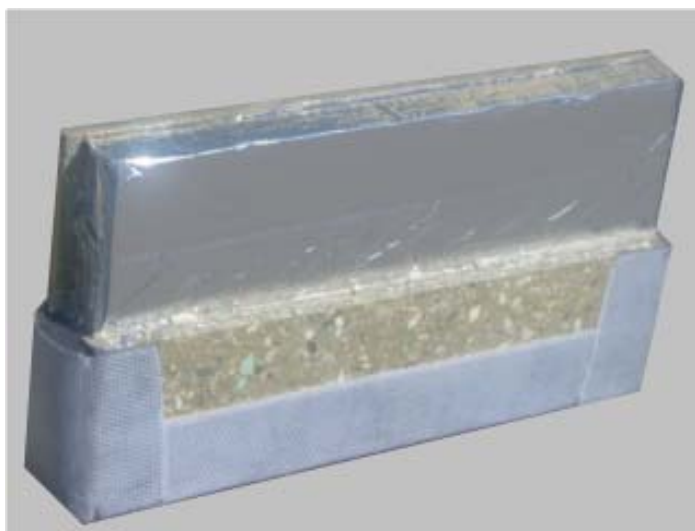
- beidseitiger Flächenschutz
- Durchdringungen möglich
- geschützter und gedämmter Kantenbereich ermöglicht flexible, wärmebrückenreduzierte Elementstöße λ 0,008



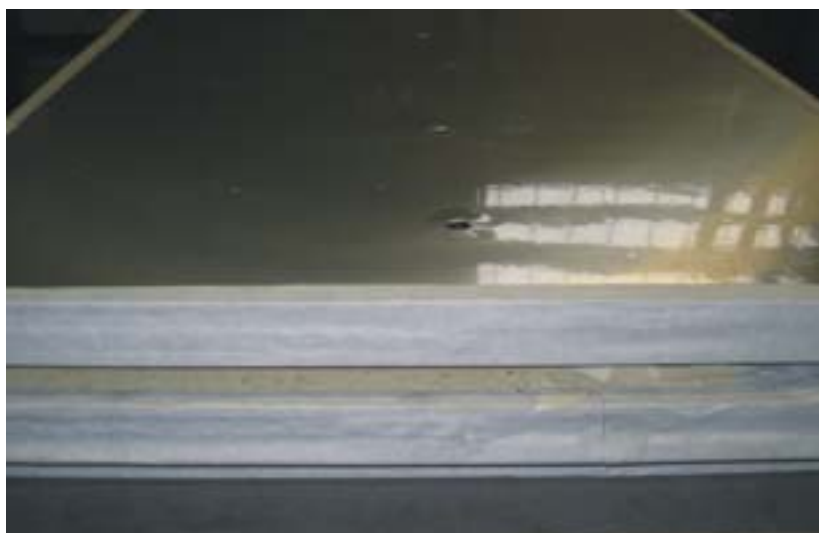
VIP-Ankerdurchdringung



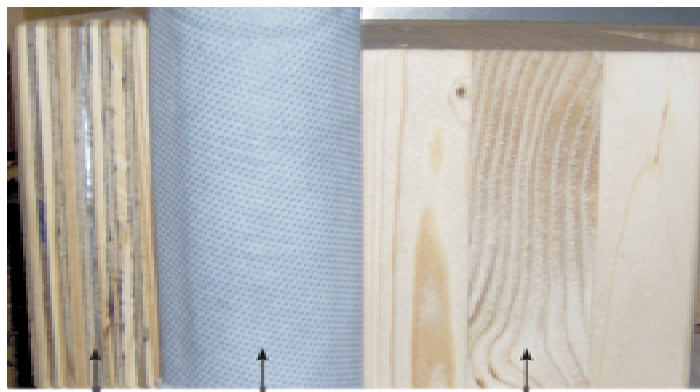
Qasa-light



Qasa-Sandwich



Qasa Großflächen-Sandwich



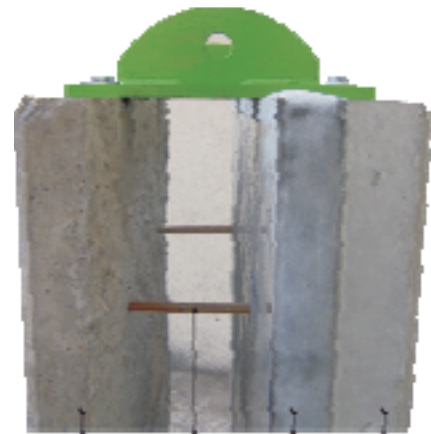
Kerto

Qasa

KLH

Aufbau Holzwand- oder Dachelement

Details von Qasa-Bauteilen



Beton: 70 mm Glasfaseranker Qasa Beton: 80 mm

VIP-Ortbeton-Sandwich



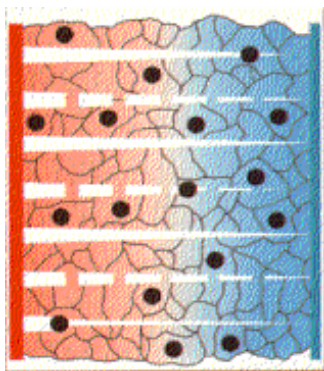
Ein Qasa-Sandwichelement mit Glasfaseranker.

Bezpečné VIP plánovací a stavební procesy se systémem Qasa

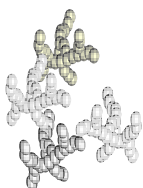
překlad

1. Základy

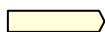
Jak funguje VIP?



- IR-Trübungsmittel

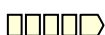


Struktur der pyrogenen Kiesel-säure



Vedení pevných těles

Malý kulovitý tvar pyrogenní kyseliny křemičité snižuje přenos tepla díky vedení pevných těles, protože mezi jednotlivými částicemi dochází pouze k bodovému dotyku.



Infračervené záření

IR kalidlo používané jako přísada redukuje propustnost infračerveného záření, čímž minimalizuje přenos tepla zářením. Molekuly karbidu křemíku působí jako drobné zrcadlo odrážející infračervené záření.



Konvekce

Při odsávání klesá počet molekul vzduchu v prvku VIP. Zbylé molekuly vzduchu se sráží méně často. Každý náraz přenáší kinetickou energii, čímž zajišťuje přenos tepla. Teplo není nic jiného než pohyb částic.

2. VIP - technická specifikace

Hustota	150 - 300 kg/m ³
Tepelná vodivost	< 0,004 W / (mK) při střední teplotě 22,5 °C, "vnitřní tlak < 5 mbar" < 0,008 W / (mK) včetně připočtení stárnutí < 0,019 W / (mK) při "okolním tlaku" 22,5 °C (např. větraný VIP)
Teplotní odolnost	Opěrné těleso je nehořlavé a splňuje příslušné požadavky materiálové třídy A1 podle IMO FTPC a DIN ISO 4102. Podle normy DIN EN 13501-1 - zařazení do požární třídy A1
Vlhkostní odolnost	Smáčející kapaliny ničí mikroporézní strukturu opěrného tělesa → Proto dvojitý difúzně těsný zabudovaný prvek u

	systemu "Qasa"
Vnitřní tlak	1 - max. 5 mbarů ve výrobní oblasti
Simulace cca 50 let	50 mbarů, zhoršení hodnoty λ na cca 0,008 v případě nechráněného prvku VIP Qasa s dvojitým pláštěm λ 0,008 včetně tepelných mostů jako dlouhodobá vypočtená hodnota
Tlaková zatížitelnost se mění podle hustoty	200 kg/m ³ 0,8 N/mm ²
Max. formát VIP	1250 x 3000 m jako komponent Qasa do 3 x 12 m
Odolnost vůči teplotním výky- vům	Odolné vůči teplotním a chladovým šokům.

3. Pohled do výroby VARIOTEC-VIP

VIP desky jsou z hlediska technické izolace velmi kvalitní výrobky vyžadující vždy pečlivé zpracování! ...viz údaj výrobce v technickém listu.

→ A protože jsou tyto požadavky na stavbě zaručeny pouze zřídka, tak jsme vyvinuli systém "Qasa"!

- Oboustranná plošná ochrana
- Možnost průniků
- Chráněná a izolovaná oblast hran umožňuje flexibilní styky prvků s redukcí tepelných mostů λ 0,008.

Nová stavební koncepce pro pasivní domy

RNDr. Jindra Svobodová Ph.D., svobodova@ped.muni.cz, PdF MU, Poříčí 7, Brno

Jitka Nováková, jitulen@email.cz, Brno, FA VUT, Poříčí 5, Brno

RNDr. Jiří Svoboda, DSc., svobj@ipm.cz, ÚFM AVČR, Žižkova 22, Brno

1. Úvod

Pasivní dům by již podle svého názvu měl dosahovat nízkých provozních nákladů hlavně pasivními prostředky tj. výbornou tepelnou izolací obálky a slunečními zisky okny o vhodné orientaci a velikosti. Postupem času však u řady projektů zjišťujeme tendence pasivní dům „vylepšovat“ řadou aktivních systémů přinášejících další úspory energie a částečně tak suplovat potřebu výborně tepelně izolující obálky. O tom, že je problém konstrukce obálky systematicky opomíjen, svědčí i fakt, že na trhu stále neexistuje vhodný stavební systém pro pasivní domy a tudíž se nelze divit, že mnohý projektant odmítá pasivní domy projektovat a běžná stavební firma nechce pasivní domy stavět. Jednoduchými výpočty lze dokázat, že prostup tepla neprůhlednou obálkou je i u domu postaveného podle standardu pasivního domu dominantní a tedy je to hlavně neprůhledná obálka domu co rozhoduje o jeho energetické kvalitě.

2. Současný stav na našem trhu

Stávající stavební a zateplovací systémy trpí jedním společným nešvarem. Ač výrobci tepelně izolačních hmot prodávají tyto hmoty za asi 600 Kč/m^3 – minerální vata a za asi 1000 Kč/m^3 – pěnový polystyren, cena kubického metru zabudované tepelné izolace je mnohonásobně vyšší; drtivá většina stavebních systémů použití izolací větších tloušťek vůbec neumožňuje anebo je nárůst ceny astronomický. O neutěšeném stavu na našem trhu svědčí i fakt, že stavba prakticky každého pasivního domu je zatím pionýrský čin nutící odvážného projektanta používat atypická řešení.

3. Nový stavební systém pro pasivní domy

Obvodové stěny a střešní konstrukce pro pasivní domy by měly splňovat řadu kritérií:

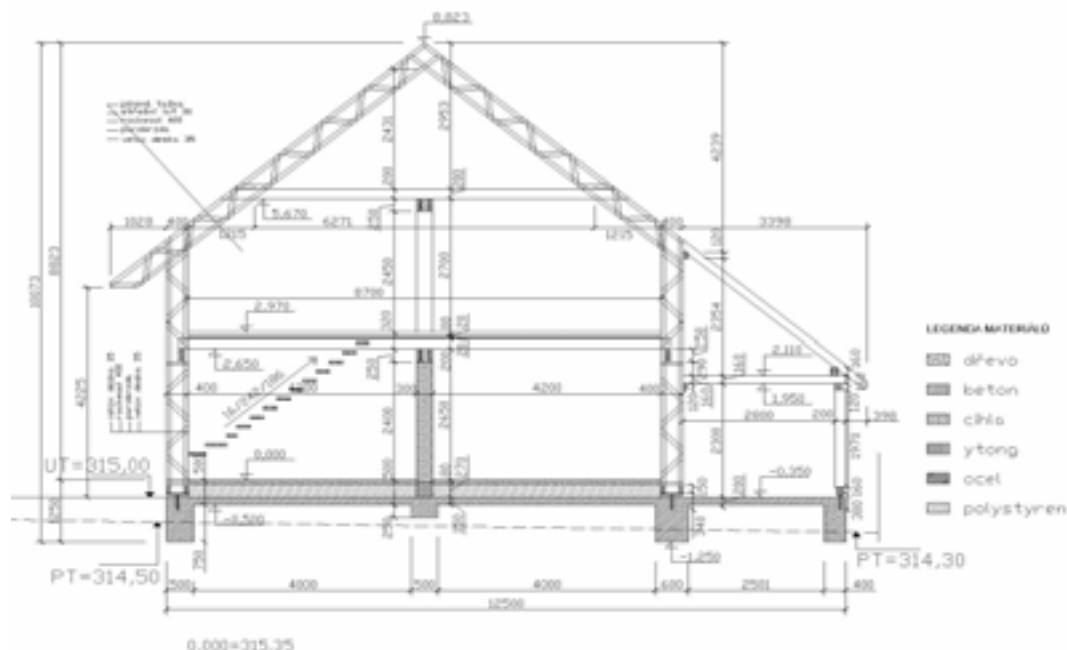
1. být nosnými,
2. zajistit jednoduché uložení levné izolace v tloušťce kolem 40 cm,
3. být o přijatelné celkové tloušťce nejlépe do 50 cm,
4. být dostatečně levné a při aplikaci málo pracné a komplikované.

Dřevo je vyzkoušený materiál pro stavbu nosných obvodových stěn domů. Dřevěné a ocelové příhradové konstrukce jsou demonstrací důvtipu, jak lze efektivně využít mechanických vlastností materiálů ke stavbě objektů s vysokou únosností a tuhostí. Dřevěné příhradové prvky o výšce 40 cm jsme využili v novém projektu pasivního rodinného domku ke konstrukci obvodových stěn i střechy – viz. Obr.1. Příhradová konstrukce je vyrobena ze čtyř hranolů o průřezu $35 \times 70 \text{ mm}$ a příčníků o průřezu $20 \times 80 \text{ mm}$. Spoje jsou lepeny a staženy svorníky; tak lze vyrábět příhradové prvky do délky 9 m. Pro pultové střechy lze vyrobit příhradové prvky s větší výškou a

s klínovitým tvarem, čímž je pomocí jediného konstrukčního prvku vyřešeno vyspádování střechy a současně vznikne dostatečný prostor pro umístění tepelné izolace i provětrávané mezery.

Skelet obvodových stěn i nosná konstrukce střechy z příhradových prvků vytvoří prostor pro umístění izolace o tloušťce 40 cm. V tomto případě se nemusí tepelná izolace kotvit a povrchově upravovat, není proto důvod k výraznému navýšení ceny při jejím zabudování.

Cena materiálu včetně hotových příhradových prvků na 1 m² obvodové stěny či střechy s $U=0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ je kolem 1000 Kč, což je méně než řada standardních stavebních systémů s podstatně horšími tepelně-izolačními vlastnostmi.



Obr. 1: Příklad konstrukce domu s obvodovým pláštěm z příhradových nosníků

4. Další úsporná opatření a aktivní systémy

Máme-li vzbudit zájem veřejnosti o nízkoenergetické stavění, je třeba poskytnout zákazníkům širokou nabídku vybavenosti domu počínaje zcela jednoduchým vybavením, jaké bývá u běžných domů, až po vybavení řadou aktivních systémů zvyšujících komfort bydlení a snižujících spotřebu energie na provoz domu. Je třeba překonat mýtus, že mezi obyčejným domem a nízkoenergetickým či pasivním domem je propastný rozdíl v nákladech na stavbu a v náročnosti vybavení aktivními systémy. Pokud provedeme výpočty rentabilnosti jednotlivých opatření zjistíme, že vybavení domu okny s trojitým zasklením, ventilačním systémem s rekuperací či slunečními kolektory je na hranici rentabilnosti. O požití těchto prvků ve stavbě by měl rozhodnout na základě objektivních údajů sám zákazník. Každopádně lze doporučit nezavírat vrátka a některé rozvody provést již při stavbě. Pak už nezbývá než bydlet a čekat, s jakým příjemným překvapením přijdou výrobci na trh.

5. Závěr

Desítky pasivních domů stavěných díky nadšení projektantů a investorů nemohou vyvážit desetitisíce komerčně stavěných velmi špatných domů, které zcela zbytečně dlouhodobě zatíží naše životní prostředí i peněženky bydlících nadměrnou spotřebou energie. Za hlavní příčinu tohoto stavu lze považovat divergenci akademického výzkumu o nízkoenergetickém stavění a stavební praxe. Místo toho, aby výzkum hledal jednoduchá, dostatečně levná a lehce reprodukovatelná řešení výstavby, ze kterých by mohl vzniknout stavební systém pro pasivní domy, hledá stále dokonalejší leč komplikovanější a dražší řešení. Věřme, že akademická obec přehodnotí priority svého výzkumu a významnou měrou přispěje k zavedení cenově dostupných stavebních systémů pro pasivní domy na náš trh.

Efektivita zemního výměníku tepla (ZVT)

Karel Srdečný, EkoWATT

B. Smetany 19, České Budějovice, 37001

Tel: 383839924, e-mail: karel.srdecny@ekowatt.cz

Zemní výměník tepla (ZVT) je na první pohled geniální low-tech zařízení: roura zahrabaná v zemi. Co od ní můžeme čekat?

1.1. Přínos pro vytápění

U domů běžné velikosti (okolo 100 m² podlahové plochy) se používá ZVT s délkou 20 až 40 m a průměrem cca potrubí DN 200. U takto velkého ZVT je přínos energie v zimním období 500 až 1000 kWh/rok. U konvenční výstavby by to byla zanedbatelná položka, u pasivního domu je to významný přínos.

Absolutní energetický přínos se příliš nemění s objemem větracího vzduchu, resp. intenzitou větrání. Jsou-li ve větrání přestávky, zemina se „regeneruje“ a po zapnutí větrání jsou zpočátku teploty vzduchu ze ZVT vyšší, než při trvalém provozu.

Pokud však omezíme větrání (jsou i domy s intenzitou větrání 0,15/hod.), klesne absolutní spotřeba tepla na ohřev větracího vzduchu. Protože energie ze ZVT je téměř konstantní, roste relativní přínos ZVT.

1.2. Přínos pro chlazení

Pokud vyjdeme z teze, že dobře navržený obytný dům v ČR nepotřebuje aktivní letní chladicí systém, pak je přínos ZVT nulový. To, že ZVT zajišťuje chladnější vzduch, přičteme pouze k vyššímu komfortu v domě. To je výhodné, neboť po návratnosti komfortních opatření se nikdo neptá.

Pokud však dům má aktivní chlazení, pak můžeme uvažovat letní přínos 300 až 500 kWh. Při běžném chladicím faktoru klimatizačních zařízení 2 až 3 (resp. topném faktoru 3 až 4) to znamená úsporu 100 až 250 kWh.

1.3. Ekonomický přínos

Zásadní roli hraje cena paliva. Ceny v tabulce jsou orientační, liší se regionálně a podle dodavatele. Energie ze ZVT pochopitelně snižuje jen variabilní náklady, fixní (stálé platby, např. za jistič) se nemění. Úspora za zimní přínos (1000 kWh/rok) je zhruba 700 až 1700 Kč.

zemní plyn	0,94 Kč/kWh
elektřina přímotop	1,70 Kč/kWh
elektřina akumulace	1,10 Kč/kWh
dřevěné peletky	0,68 Kč/kWh

Při započtení letní úspory pro chlazení je možno počítat s cenou elektřiny, kterou ušetříme v klimatizační jednotce, od 1,10 Kč/kWh (přímotopné sazby) až 4,50

Kč/kWh (běžná sazba pro domácnost). Roční úspora 250 kWh pak znamená úsporu cca 300 až 1100 Kč.

1.4. Investiční náklady

Mnohý investor počítá s tím, že při novostavbě se náklady na ZVT „ztratí“ v celkových nákladech. Pokud se ale na ZVT podíváme jako na investici, můžeme použít následující čísla:

zemní práce – výkop a zasypání	500 až 1000 Kč/m
potrubí vč. tvarovek (kanalizační)	200 až 500 Kč/m
nasávací hlavice + filtry	3000 Kč
celkem 40 m ZVT	cca 30 až 60 tis. Kč

ZVT lze sestavit i ze speciálního potrubí firmy REHAU, v tom případě je přibližná cena materiálu 45 tis. Kč, zemní práce a montáž zvýší cenu cca na 70 tis. Kč.

1.5. Návratnost

náklady	cca 30 až 60 tis. Kč
zimní úspora	700 až 1700 Kč
letní úspora	300 až 1100 Kč.
návratnost pouze při zimním provozu	18 až 86 roků
návratnost při celoročním provozu	11 až 60 roků

Rozpětí návratnosti investice je značné. Fyzická životnost ZVT je 40 až 80 roků, morální životnost je maximálně dvě lidské generace (cca 40 let).

1.6. Závěr

Projektant by měl investora upozornit nejen na specifika provozu ZVT, ale i na jeho cenu. Ekonomický přínos je v každém domě individuální. Za pozornost stojí i fakt, že ZVT snižuje efektivitu případné rekuperace tepla z odpadního vzduchu. Tím, že zvyšuje teplotu přiváděného vzduchu, snižuje teplotní spád využitelný výměníkem. ZVT vyžaduje občasný dohled a jistou údržbu, bez ní se může stát přinejmenším zdrojem zápachu a nezdravého prostředí. Má-li být přínos ZVT co nejvyšší, je třeba použít kvalitní regulaci, což zvyšuje investiční náklady.

Efektivitu investice do ZVT můžeme porovnávat třeba s teplovzdušným kolektorem, kde lze čekat přínos v zimě 100 až 200 kWh/m², při nákladech okolo než 10 tis. Kč/m².

Tepelný přínos ZVT můžeme zvýšit (až na dvojnásobek) tím, že budeme monitorovat teploty v potrubí, v exteriéru a venku. Pokud to bude mít na starosti trvale zapnutý počítač s příkonem 200 W, získáme za topnou sezónu dalších 1 000 kWh tepla!

K energetickému přínosu zemního výměníku tepla

Ing. Pavel Kopecký, ČVUT, Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel: +420 224 354 473, e-mail: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz

Abstrakt: V našem podnebném pásu je přirozené, že budovy potřebují během roku vytápět či chladit. Pro předehřev a chlazení čerstvého vzduchu přiváděného do budovy je možné využít zemní výměník tepla (ZVT). Příspěvek obsahuje zhodnocení energetického přínosu zemního výměníku tepla na příkladu skutečného pasivního domu větraného systémem nuceného větrání s rekuperací (zpětným získáváním tepla) a předřazeným ZVT. Pro hodnocení byla využita data získaná z dlouhodobého provozního sledování uvedeného domu. Výsledky ukazují na podstatný rozdíl mezi předehřevem a chlazením vzduchu. Předehřev vzduchu v zemním výměníku tepla je možné chápat jako jistou konkurenci velmi účinné rekuperace, a proto systém sdružující ZVT a rekuperaci představuje pouze malý přínos v porovnání se samotnou rekuperací. Přínos chlazení k udržení kvalitního vnitřního prostředí je naproti tomu velmi závislý na stavebně-energetickém řešení domu.

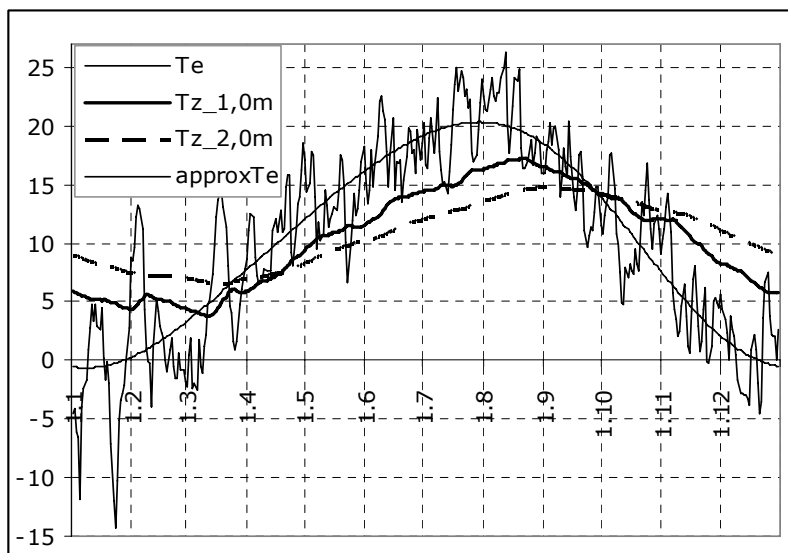
Abstract: It is rather natural that buildings have to be heated up or cooled down in a mild climate. The earth-to-air heat exchanger (EAHX) is a device which can be used for pre-heating and pre-cooling of fresh air. The paper deals with energy evaluation of particular EAHX connected with mechanical ventilation system equipped by heat recovery for a passive house. Measured data collected from extensive monitoring were used for evaluation of the EAHX. The air pre-heating in the EAHX keeps down building energy demand but with competitive relationship of the EAHX with heat recovery. Hence, the total effect of the EAHX in series with heat recovery is not significantly higher than the effect of heat recovery itself, especially for very high efficiencies of heat recovery. The benefit of air cooling in the EAHX is strongly dependent on the overall building-energy concept.

1. Úvod

Pro předehřev a chlazení čerstvého vzduchu přiváděného do budovy je v domech větraných pomocí systému nuceného větrání často využíván zemní výměník tepla (ZVT). Principem ZVT je využití relativně stálé teploty zeminy v určité hloubce pod povrchem země. V období, kdy je teplota vstupujícího vzduchu vyšší než teplota okolní zeminy, je procházející vzduch ochlazován. V období, kdy je teplota vstupujícího vzduchu nižší než teplota okolní zeminy, je procházející vzduch ohříván. Na obr. 1 je znázorněn příklad možného průběhu průměrné teploty vnějšího vzduchu T_e a průběhu teploty v zemině T_z v hloubce 1 a 2 m pro lokalitu ležící v mírném podnebném pásu. Povšimněme si, že teplota v zemině v obvykle používaných hloubkách uložení ZVT není konstantní, ale v průběhu zimních měsíců mírně klesá (minimum přibližně v březnu) a naopak v průběhu léta mírně stoupá (maximum přibližně v září). V souvislosti s větráním budov je zajímavé, že zatímco předehřívát větrací vzduch

potřebujeme prakticky celé otopné období, potřeba chlazení je často omezena pouze na několik velmi teplých vln letního období.

Simulace [1,2] nebo provozní měření reálných ZVT jsou možnostmi jak sledovat tepelně vlhkostní chování ZVT. To je závislé (bez pořadí důležitosti) na průtoku vzduchu přes ZVT, konvektivním přestupu tepla mezi proudícím vzduchem a stěnou potrubí, teplosměnné ploše (ta je závislá na délce, průměru a počtu potrubí), na teplotě v zemině (ta je závislá na vlastnostech zeminy, hloubce, ročním průběhu teploty zemského povrchu a předchozím provozu ZVT), teplotě a relativní vlhkosti vzduchu vstupujícího do ZVT.

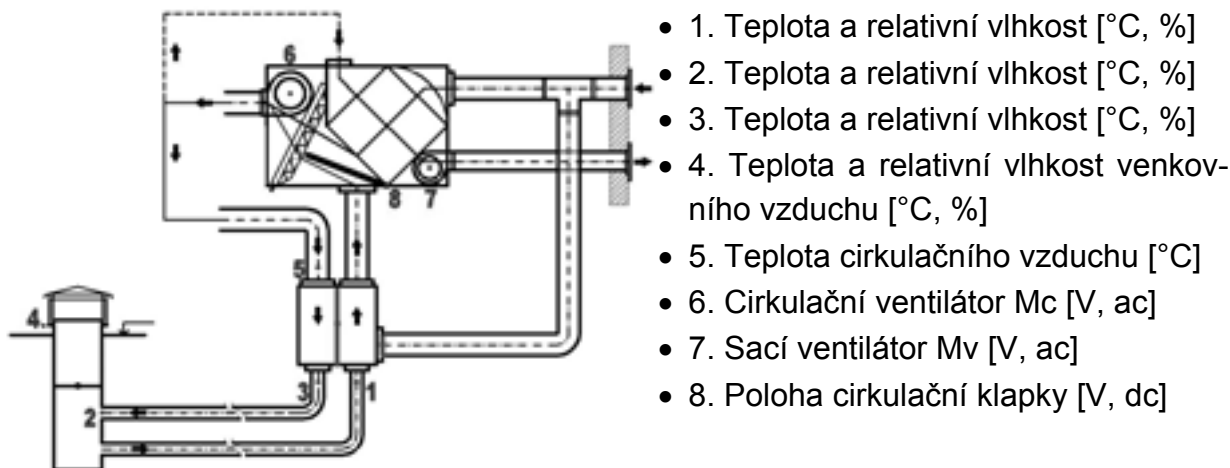


Obr. 1 Možný průběh denní průměrné teploty vnějšího vzduchu T_e a teploty v zemině T_z pro hloubky 1 a 2 m

2. Sledování provozu ZVT a systému nuceného větrání na pasivním domě v Rychnově

ZVT a nucené větrání s rekuperací pasivního domu v Rychnově u Jablonce nad Nisou [3] jsou monitorovány od začátku září 2005. Schéma monitorovaného systému je na obr. 2, základní informace k ZVT jsou v tabulce 1. Zajímavostí systému je, že pro chlazení budovy je možné využít cirkulačního provozu ZVT.

Data jsou sbírána do měřicí ústředny (vzorkovací frekvence 1 min) a do dvou dataloggerů (vzorkovací frekvence 5 min). Jeden z dataloggerů je umístěn v nasávací šachtě (bod 2), druhý je umístěn uvnitř domu a sbírá informace o teplotě, relativní vlhkosti a koncentraci CO_2 vnitřního vzduchu.



Obr. 2 Schéma monitorovaného systému s umístěním čidel

počet potrubí	délka potrubí [m]	průměr [mm]	hloubka [m]
2	23	200	1.0 and 2.0
průtok [m ³ /h]	Zemina	Regulace	Lokalita
115 – 410, vyšší hodnoty pro letní chlazení	Jílovitá	podle T_e a aktuálního režimu VZT jednotky, možnost manuálního nastavení cirkulačního provozu (ZVTc)	Rychnov u Jablonce nad Nisou

Tab. 1 Základní parametry sledovaného ZVT

3. Energetický přínos ZVT při předehřevu vzduchu

Pro prezentaci přínosu ZVT při předehřevu vzduchu byla využita data z provozního měření, měsíce leden a březen 2006.

3.1. Teorie

Okamžitý tepelný tok $\dot{Q}_{zvt}$ (W) přijímaný ze zeminy nebo do zeminy odevzdávaný (okamžitý tepelný výkon ZVT) lze vyjádřit jako:

$$\dot{Q}_{zvt} = \dot{m}_a c_a (T_e - T_{out}) \quad (1)$$

kde $\dot{m}_a$ je průtok vzduchu (kg/s), c_a je měrná tepelná kapacita vzduchu (J/kg.K), T_e je teplota venkovního vzduchu (°C) a T_{out} je teplota vzduchu na výstupu ze ZVT (°C). Okamžitý tepelný výkon rekuperace $\dot{Q}_{rekup}$ (W) lze vyjádřit jako:

$$\dot{Q}_{rekup} = \dot{m}_a c_a (T_{e1} - T_{e2}) \quad (2)$$

kde T_{e2} je teplota vzduchu po rekuperaci a T_{e1} je teplota vzduchu vstupujícího do rekuperátoru. Teplotu T_{e2} lze vypočítat s pomocí účinnosti rekuperace η (-):

$$T_{e2} = T_{e1} + \eta (T_i - T_{e1}) \quad (3)$$

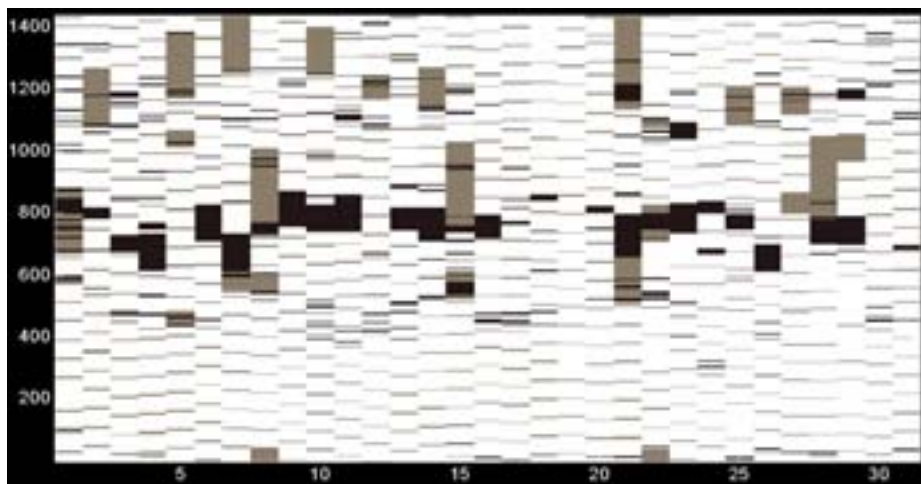
kde T_i je teplota vnitřního vzduchu (°C). V případě, že ZVT je předřazený rekuperaci, je T_{e1} rovna T_{out} . V případě, že rekuperátoru není předřazený ZVT je T_{e1} rovna T_e . Okamžitý výkon nutný pro dohřev vzduchu na teplotu vnitřního vzduchu $\dot{Q}_{dohřev}$ je daný jako:

$$\dot{Q}_{dohřev} = \dot{m}_a c_a (T_{e2} - T_i) \quad (4)$$

3.2. Provoz ZVT

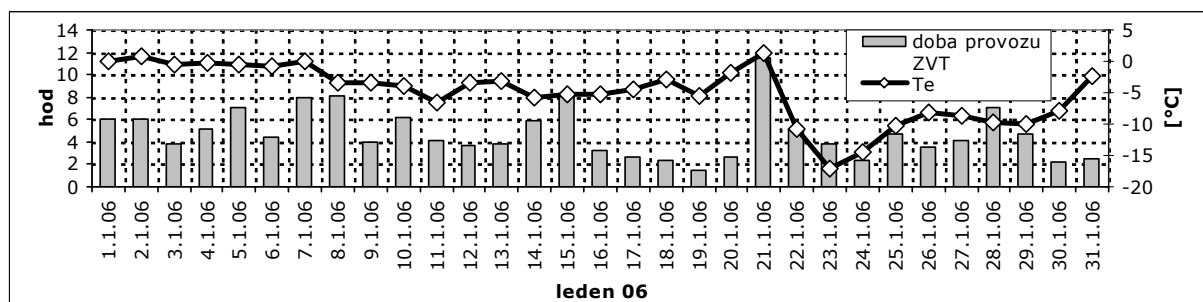
Krátký krok zápisu dat umožňuje podrobné sledování provozních režimů VZT jednotky v průběhu její činnosti, což umožňuje přesně určit časové úseky kdy byl ZVT v provozu a velikost aktuálního průtoku vzduchu. Provoz ZVT v lednu 2006 je zobrazený na obr. 3 a obr. 4. Protože během ledna 2006 prakticky nevystoupila teplota vnějšího vzduchu nad 4°C (přibližně na tuto teplotu bylo nastaveno vypnutí sání přes ZVT), zobrazuje obr. 3 i četnost větrání budovy.

Větrání během sledovaného období bylo velmi přerušované. Dosahovaná průměrná řízená výměna vzduchu se může zdát velmi nízká ($30 \text{ m}^3/\text{h}$, což činí přibližně $0,1 \text{ h}^{-1}$), společně s infiltrací přes plášť budovy ($n_{50} = 0,88 \text{ h}^{-1}$) se jedná o přibližně $45 \text{ m}^3/\text{h}$ ($\sim 0,15 \text{ h}^{-1}$). Při průměrném celodenním obsazení (4 osoby, každá 12 h) potom vychází přívod čerstvého vzduchu $23 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu.



Obr. 3 Provoz ZVT tepla (leden 06) zobrazený graficky, na svislé ose je čas během dne v minutách, sloupce na vodorovné ose představují jednotlivé dny; šedé jsou vyznačeny průtoky $115 \text{ m}^3/\text{h}$, černě $198 \text{ m}^3/\text{h}$

Vodorovný pás viditelný přibližně uprostřed obr. 3, představuje větrání vynucené vařením v kuchyni. Krátké proužky viditelné zejména v noci (od 0 do 400 min) jsou funkce automatického cyklického větrání. Z dat je patrná tendence větrat co nejméně (s ohledem na redukci tepelné ztráty větráním a udržení přijatelné vlhkosti vnitřního vzduchu), ale zároveň ještě dostatečně s ohledem na nutný přísun čerstvého vzduchu a odvod škodlivin (indikátorem kvality vzduchu může být koncentrace CO_2). Patrně bude ještě větší diskuze a vyhodnocení měřených koncentrací CO_2 , jaká průměrná intenzita výměny vzduchu je pro obyvatele ještě optimální. Rozhodující je zde nepochybně subjektivní stanovisko uživatelů.

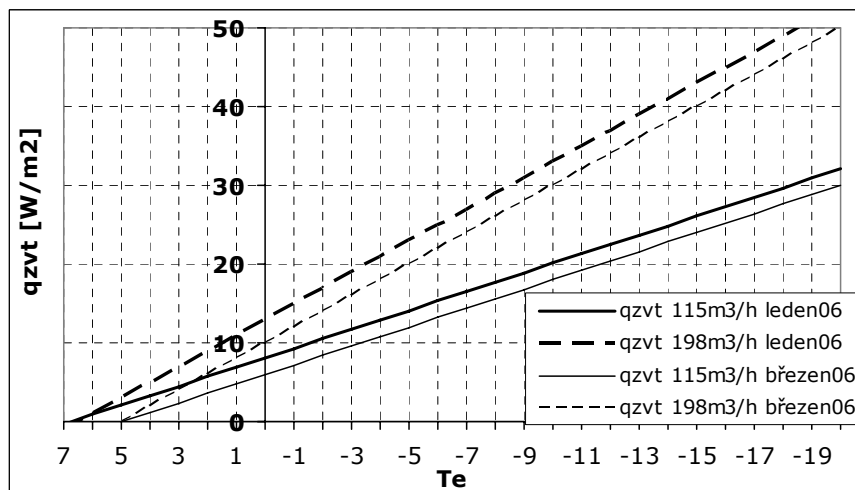


Obr. 4 Doba provozu ZVT a průměrné denní teploty vnějšího vzduchu v lednu 2006

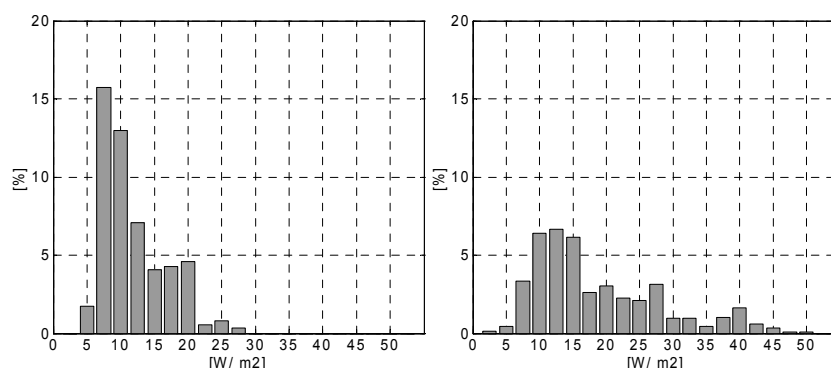
3.3. Okamžitý výkon ZVT

Okamžitý měrný tepelný výkon ZVT q_{zvt} (W/m^2) je tepelný výkon ZVT Q_{zvt} vztažený na jeho teplosměnnou plochu (v Rychnově přibližně 29 m^2). Obr. 5 ukazuje závislost měrného výkonu na průtoku a teplotě vnějšího vzduchu. Výsledky nejsou zcela zobecnitelné, protože jsou závislé na materiálu zeminy, hloubce uložení potrubí, vzájemné vzdálenosti potrubí a lokalitě. Přesto dávají dobrý obrázek o možných výkonech ZVT provozovaného s podobnými průtoky a podobnou četností provozu (ZVT pro rodinný dům ve středoevropské lokalitě).

Povšimněme si, že průsečík s osou x se během zimy posouvá doprava v závislosti na aktuální teplotě v zemině. Snížení výkonu ZVT během otopného období je jednak důsledkem předchozího provozu ZVT (ochlazování zeminy), ale také důsledkem přirozeně klesající teploty v zemině během otopného období (viz. obr. 1). Vzhledem k tomu, že množství předávané energie mezi zeminou a ZVT není velké, je druhý z vlivů patrně důležitější. Další graf (obr. 6) ukazuje relativní četnost dosahovaných měrných tepelných výkonů ZVT.

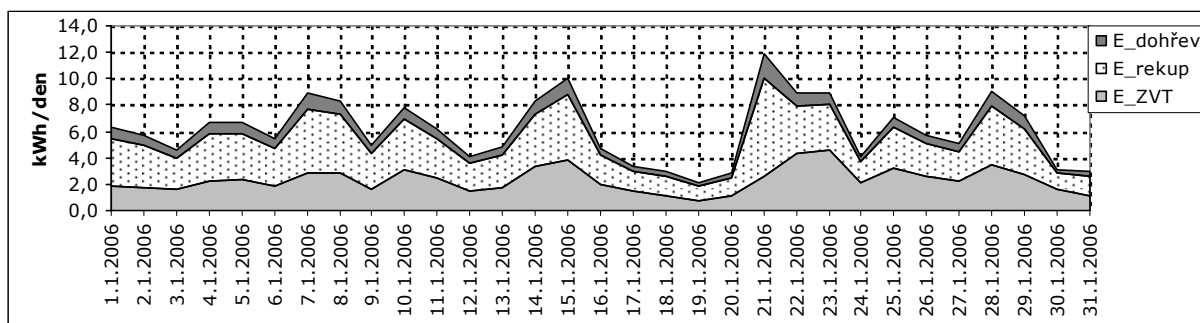


Obr. 5 Aktuální měrný výkon ZVT q_{zvt} (W/m^2) rozříděný podle teploty vnějšího vzduchu a průtoku, přímky v grafu byly získány lineární regresí naměřených dat

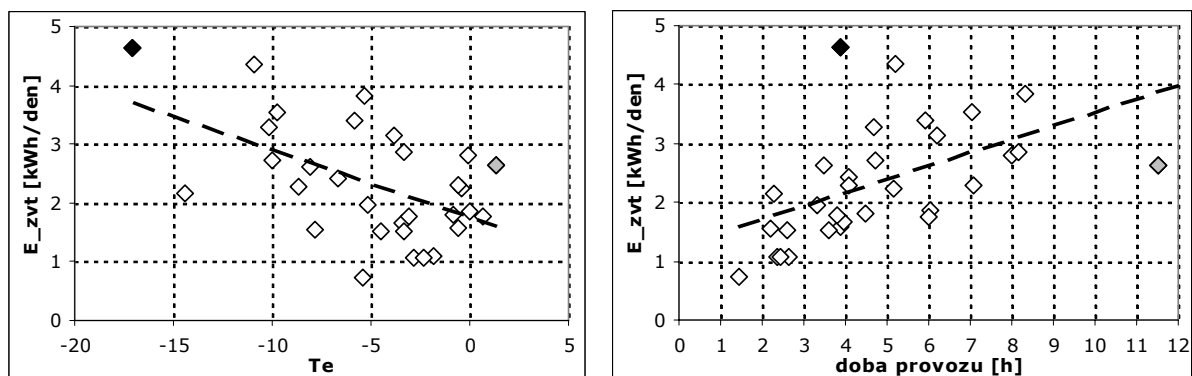


Obr. 6 leden 06 – relativní četnost dosahovaných výkonů (%)
vlevo: pro průtok $115 \text{ m}^3/\text{h}$, vpravo: pro průtok $198 \text{ m}^3/\text{h}$

3.4. Energetický zisk ZVT



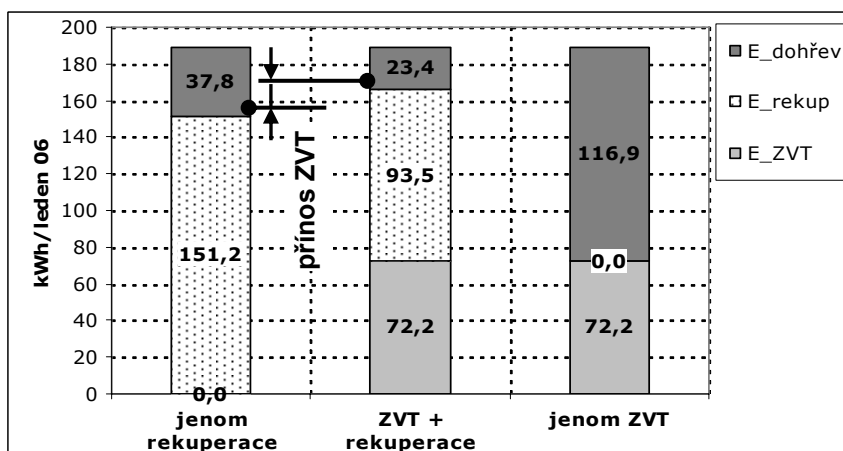
Obr. 7 Potřeba tepla na krytí tepelné ztráty větráním v lednu 2006 (účinnost rekuperace uvažována 85%)



Obr. 8 Energetický zisk ZVT E_{zvt} (kWh/den) rozřazený podle průměrné denní venkovní teploty (vlevo) a podle doby provozu (vpravo), černě vyznačený bod je hodnota s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu, šedě vyznačený bod je hodnota s nejdélší dobou provozu (leden 2006)

3.5. Přínos použití ZVT v systému nuceného větrání s rekuperací

Při hodnocení přínosu ZVT si nevystačíme pouze s hodnocením samotného energetického zisku. Spíše než energetický zisk ZVT nás zajímá porovnání varianty samotné rekuperace (bez ZVT) a rekuperace s předřazeným ZVT. Rozdíl těchto variant dává skutečný přínos použití ZVT. Problémem předřazení ZVT před rekuperaci je, že ZVT „si přisvojí“ část energie, která by jinak mohla být zrekuperována. Situace je vyznačena na obr. 9. Přínos ZVT je závislý na účinnosti rekuperace. Čím vyšší je účinnost rekuperace, tím nižší je přínos ZVT.



Obr. 9 Energie získaná ZVT, rekuperací a velikost nutného dohřevu pro jednotlivé varianty – leden 06, pro účinnost rekuperace 85%

4. Energetický přínos ZVT při chlazení vzduchu

Pro prezentaci přínosu ZVT při chlazení vzduchu byla využita data z provozního měření, měsíc červen 06. V tomto období se využívalo pouze obvyklé sání přes ZVT (do ZVT vstupuje venkovní vzduch), cirkulační provoz byl umožněn až od 11.7.2006 a není v tomto příspěvku hodnocen.

4.1. Teorie

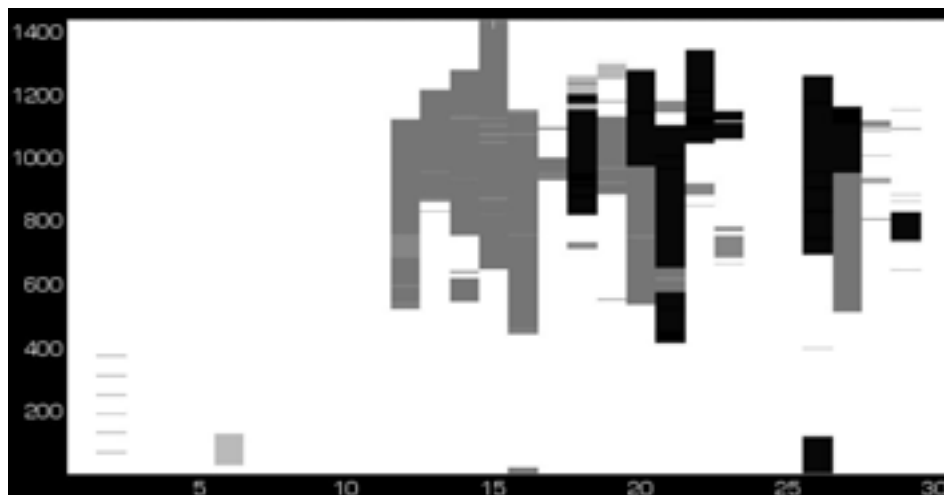
Tepelný tok Q_{zvt} (W) přijímaný z nebo odevzdávaný do zeminy neznamena totéž co výkon chlazení $Q_{cooling}$ (W). Může se stát, že vzduch průchodem přes ZVT sice o-

chladíme, ale teplota vzduchu v budově je nižší než teplota vzduchu na výstupu ze ZVT, a nemůže tedy docházet k chlazení budovy.

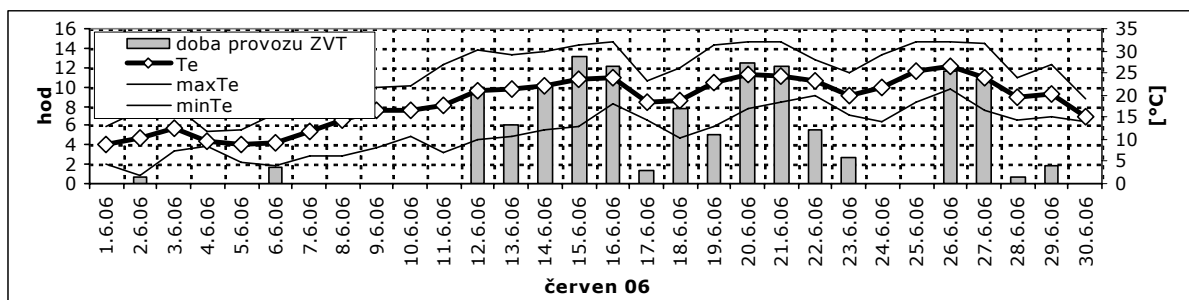
$$Q_{cooling} = m_a c_a (T_i - T_{out}) \quad (5)$$

4.2. Provoz ZVT

Provoz ZVT během sledovaného období je zobrazený na obr. 10 a obr. 11.



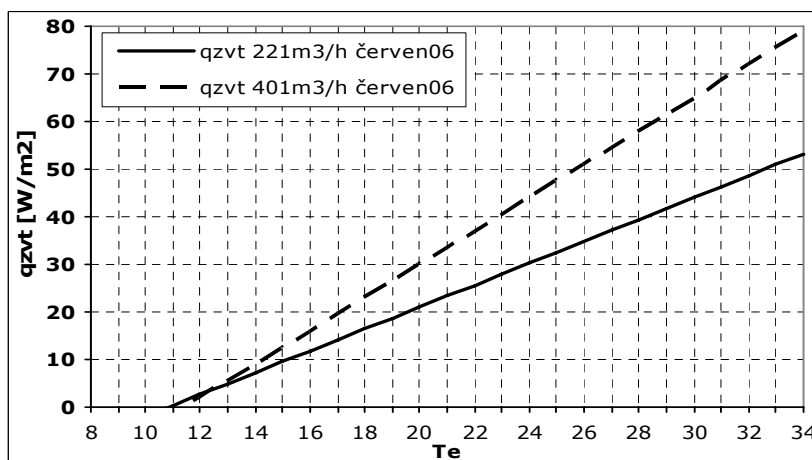
Obr. 10 Provoz ZVT tepla (červen 06) zobrazený graficky, na svislé ose je čas během dne v minutách, sloupce na vodorovné ose představují jednotlivé dny; odstíny šedé jsou vyznačeny průtoky 115, 198 a 221 m³/h, černě vyznačeny průtoky 401 m³/h



Obr. 11 červen06 - doba provozu ZVT a průměrné, maximální a minimální denní teploty vnějšího vzduchu.

4.3. Okamžitý výkon ZVT

Obr. 12 ukazuje závislost měrného výkonu ZVT na průtoku a na teplotě vnějšího vzduchu během června 2006. Sledováním vzájemného poměru průtoků a vzájemného poměru okamžitých výkonů ZVT (viz. např. obr. 12, $401/221 = 1,81$, ale poměr výkonů je přibližně 1,5) lze vyslovit závěr, že se zvyšujícím se průtokem neroste výkon

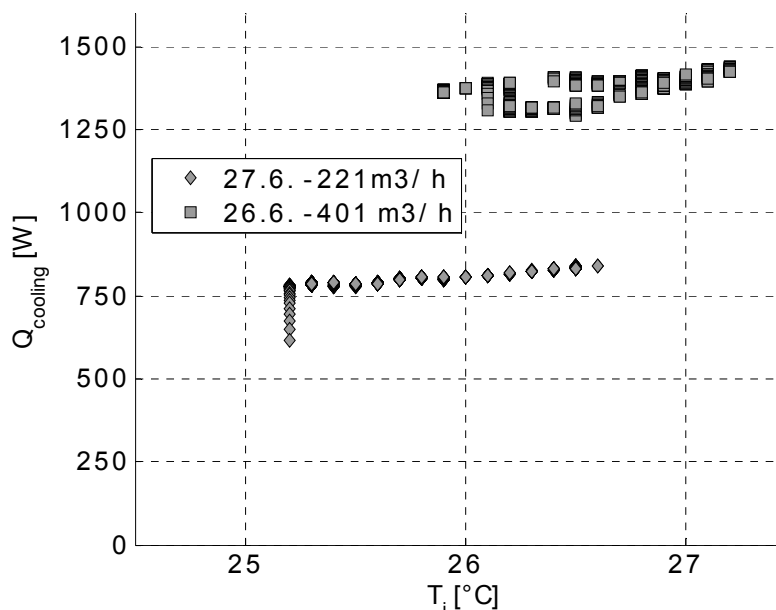


Obr. 12 Aktuální měrný výkon ZVT q_{zvt} (W/m²) rozříděný podle teploty vnějšího vzduchu a průtoku, přímky v grafu byly získány lineární regresí naměřených dat

ZVT lineárně. Nelinearita je více patrná až u vyšších (letních) průtoků. Tento efekt byl předběžně potvrzen i numerickým modelem.

4.4. Výkon chlazení

Obr. 13 ukazuje okamžitý výkon chlazení v závislosti na teplotě vnitřního vzduchu a průtoku vzduchu (použity pouze data ze dne 26.6. a 27.6.2006). Vzhledem k vypočtené hodnotě tepelné zátěže (pro 21.7, 14:00 činí 2900 W, z toho 960 W jsou vnitřní zisky) lze tvrdit, že s pomocí ZVT v Rychnově lze odvést značnou část z okamžité tepelné zátěže vnitřního prostoru.



Obr. 13 okamžitý výkon chlazení ve dnech 26.6. a 27.7.2006

5. Závěr

Ve spolupráci ČVUT, FSv a firmy ATREA s.r.o. se podařilo realizovat podrobné měření provozu systému nuceného větrání s rekuperací a ZVT. Z prezentovaných výsledků měření plynou tyto závěry:

- Předehřev vzduchu v ZVT je konkurencí rekuperace, a proto sdružený systém ZVT a rekuperace představuje pouze malé navýšení získané energie v porovnání se samotnou rekuperací.
- Přínos chlazení vzduchu v ZVT je velmi závislý na stavebně-energetickém řešení domu. Trochu paradoxně, u domů, které se rychle ohřívají (teplota vnitřního vzduchu je vyšší), je okamžitý chladicí výkon ZVT vyšší. Jeho skutečný přínos ale být vyšší nemusí, záleží na poměru mezi okamžitým chladicím výkonem ZVT a okamžitými tepelnými zisky větrané zóny. Proto jsou dobrá letní stabilita domu a návrh dimenzí ZVT klíčové pro udržení přijatelných teplot vnitřního vzduchu a efektivní chlazení.

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

6. Literatura

- (1) KOPECKÝ, P. Zemní výměník tepla: model a validace. VVI 4/2006.
- (2) KOPECKÝ, P. *Pokročilá simulace zemních výměníků tepla – srovnání simulace a experimentálních dat z měření*. TOB2006, Praha 2006.
- (3) JINDRÁK, M.: *Pasivní dům v Rychnově*. Tepelná ochrana budov, 1/2005.

Teplota v nevytápěné stavbě v závislosti na úrovni tepelné ochrany stavby

Bronislav Bechník, Jiří Hirš, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel.: 541 147 920, e-mail: reing@seznam.cz, hirs.j@fce.vutbr.cz

1. Abstrakt

Theoretical running of interior temperature in a building heated only by heat gains (interior gains and solar gains) is studied. Several standards of thermal protection of buildings are compared – from 50-year old up to passive house. Experimental measurement of thermal comfort at lower temperatures was performed. On the results of the measurement it is demonstrate, that only in passive house it is possible to reach thermal comfort in winter season, even though the comfort is reduced.

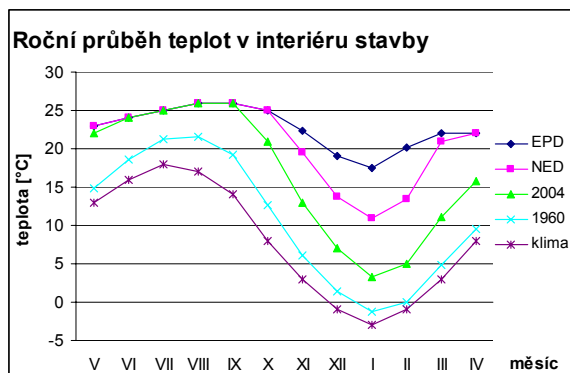
2. Úvod

Tepelně technické vlastnosti staveb se od sedmdesátých let minulého století neustále zlepšují. V souvislosti s tímto trendem roste význam vnitřních energetických zisků. Zajímavá je v této souvislosti otázka, jak se bude vyvíjet mikroklima stavby v případě, že bude z nějakého důvodu vyřazen zdroj tepla pro vytápění. Předpokládá se, že ostatní zařízení v domácnosti fungují normálně. Odpadní teplo produkované těmito zdroji je zahrnuto do energetických zisků využitých k vytápění stavby.

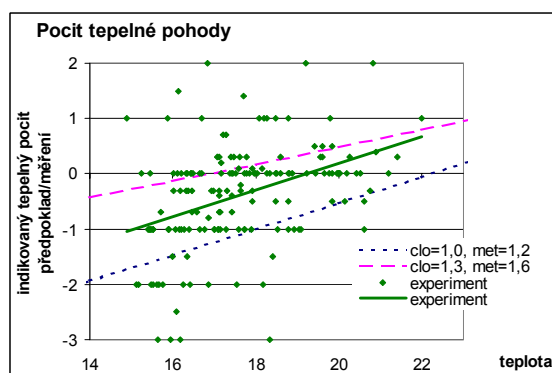
3. Modelový výpočet

Pro srovnávání byly vybrány čtyři standardy tepelně technických vlastností obalových konstrukcí:

- standard z poloviny minulého století
- normové požadavky podle ČSN 73 0540
- standard nízkoenergetického domu
- standard pasivního domu



Obr. 1 Teplota v interiéru stavby



Obr. 2 Experimentální měření tepelné pohody

Průběhy průměrné měsíční teploty v nevytápěné stavbě jsou na obrázku 1. Výpočet zahrnuje i některé okrajové vlivy významné pouze u pasivních staveb [1]. V průběhu

dne kolísají teploty v pasivní stavbě řádově o $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve vztahu k měsíčnímu průměru až o $+3^{\circ}\text{C}$. U ostatních standardů je kolísání teplot až o řád vyšší. Protože teplota v interiéru nevytápěné pasivní stavby může klesnout i na hodnoty kolem $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, bylo provedeno experimentální měření tepelné pohody při zhoršených mikroklimatických podmínkách.

4. Experimentální měření tepelné pohody

Vyhodnocování probíhalo v reálných podmínkách v zimním období 2004/2005 a 2005/2006 s manželským párem dobrovolníků. Experimentální výsledky jsou uvedeny na obrázku 2. V sezóně 2004/2005 hodnotící subjekt zároveň zaznamenával údaje o mikroklimatu v interiéru. Při následné konzultaci se ukázalo, že hodnoty pocitu tepelné pohody mohly být tímto ovlivněny. V období 2005/2006 byly proto mikroklimatické údaje zaznamenávány nezávisle. Kromě pocitu tepelné pohody byly zaznamenávány i údaje o ošacení pro odhad tepelného odporu oděvu.

Ukázalo se, že tepelná pohoda závisí kromě momentální aktivity i na celkovém průběhu aktivity v období přibližně jedné hodiny před vyhodnocováním tepelného pocitu. Při pravidelném střídání aktivit s nižším a vyšším energetickým výdejem je pocit tepelné pohody vyšší než v případě dlouhodobějšího setrvání u aktivity s nižším výdejem energie. Významným způsobem snižuje pocit tepelné pohody i únava.

5. Snížený komfort

Uživatelský komfort v pasivní stavbě byl snížen následujícím způsobem:

- pokles průměrné měsíční teploty v interiéru pod $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (v období prosinec až únor)
- snížení větrání na úroveň $n=0,2/\text{h}$ (v období prosinec až únor)
- snížení spotřeby teplé vody na 80 % obvyklé hodnoty (pouze v lednu)

Pro ostatní modelované stavby se dále snižovala pouze teplota v interiéru. Ostatní parametry (snížená úroveň větrání,...) byly zachovány. Experimentálně bylo prokázáno přijatelné oděrové mikroklima ještě při intenzitě výměny vzduchu $n=0,1/\text{h}$ pro adaptovaného uživatele [2]. Toto opatření však nelze doporučit obecně.

6. Závěr

Z výsledků uvedených na obrázcích 1 a 2 je vidět, že v zimním období lze v pasivní stavbě zajistit přijatelný tepelný komfort i bez použití otopné soustavy.

7. Literatura

- (1) BECHNÍK, Bronislav. *Přímý vliv vlhkosti v energetické bilanci pasivní stavby*, disertační práce. Brno: VUT, 2004.
- (2) NOVÁK, Jiří. *Průvzdušnost obvodových plášťů budov*, disertační práce. Praha: ČVUT, 2006.

Tepelná stabilita v zimním období v pasivních domech

Josef Chybík, Fakulta architektury, Ústav stavitelství, VUT v Brně

Poříčí 5, 639 00 Brno

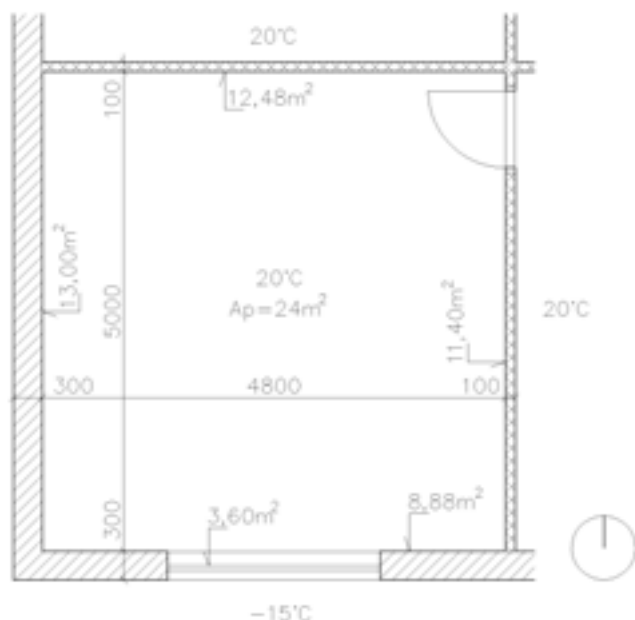
Tel.: 5 4114 6762, e-mail: chybik@ucit.fa.vutbr.cz

Tepelná stabilita v zimním období může být v pasivních domech pokládána za nepodstatného činitele. V dobře zaizolované a utěsněné budově jsou tepelné ztráty značně redukovány a objekty jsou nenáročné na přívod tepla. Mohou však nastat situace, v nichž technická zařízení zůstanou z nejrůznějších příčin mimo provoz. Bude sledováno do jaké míry je možno očekávat chladnutí prostoru při současné nutnosti zajištění přívodu potřebného množství čerstvého vzduchu. Řešení budovy na systémové hranici objektu bude sledováno v alternativě tradiční, lehké a těžké stavební konstrukce, tab. 1.

Tab. 1 Popis alternativ

Označení	I.	II.	III.
Název varianty	Tradiční	Těžká	Lehká
Popis	Cihelné bloky, železobetonové stropy,	Železobetonové stropy a stěny	Dřevěná nosná konstrukce
Tepelná izolace	Zdivo bez další tepelné izolace, na střeše 200 mm EPS ²	Na vnějších stěnách 300 mm minerálně vláknité izolace, na střeše 400 mm EPS	Ve vnější stěně 300 mm minerálně vláknité izolace, na střeše 400 mm EPS

1. Současné požadavky na tepelnou stabilitu v zimním období



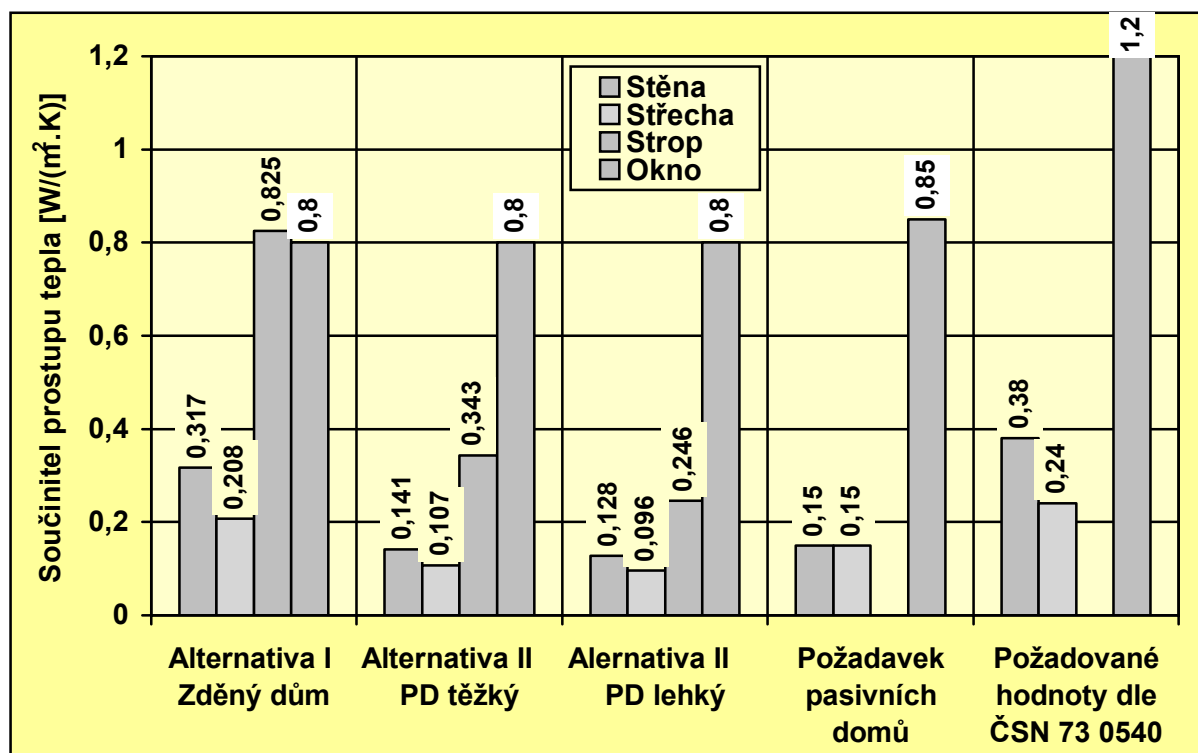
Obr. 1 Půdorys kritické místnosti

ČSN 73 0540 [1] determinuje tepelnou stabilitu v zimním období v kritické místnosti pomocí parametru poklesu výsledné teploty $\Delta\theta_{r,N}(T)$. V kritických místnostech s pobytem lidí po přerušení dodávky tepla při vytápění radiátory, sálavými panely a při teplovzdušném vytápění, nemá $\Delta\theta_r(T)$ poklesnout více než o 3 °C a v místnostech při vytápění kamny a podlahovém vytápění více než o 4 °C. Za kritickou je považována místnost s nejvyšším celkovým součinitelem prostupu tepla, resp. největší plochou ochlazovaných - nesymetricky chladnoucích konstrukcí. Obvykle se jedná o rohovou místnost pod střešou. Kritérium lze vztáhnout i na pasivní domy v nichž se nejčastěji jedná o vytápění teplovzdušné.

² Pěnový polystyrén

2. Popis budovy

Problematika je řešena na příkladu kritické - charakteristické místnosti o půdorysné ploše $24,0 \text{ m}^2$, nacházející se na rohu budovy a pod střechou. To znamená, že je ze tří stran ochlazovaná, obr. 1. Její světlá výška je 2600 mm a prostor má kubaturu $62,4 \text{ m}^3$.



Obr. 2 Porovnání součinitelů prostupu tepla stavebních konstrukcí v řešených alternativách

Obvodová stěna je k jihu prolomena oknem o velikosti $3,6 \text{ m}^2$, což činí 15 % z plochy podlahové. Tato výměra je jak z energetického, tak i ze světelně technického hlediska současnou ČSN 73 0540 chápána jako optimální rozměr. Obvodový plášť je modifikován ve třech alternativách. První má konstrukce z materiálů, které splňují současné požadované parametry české tepelně technické normy [1]. Obě další alternativy již odpovídají charakteru pasivního domu [3]. Při jejich vytváření bylo sledováno hledisko tepelně akumulčních vlastností pláště. Proto se v jednom případě použila těžká železobetonová konstrukce a v případě dalším lehký - dřevěný obvodový plášť. Přesto, že stropní konstrukce odděluje dva, na stejnou teplotu vytápěné prostory, byla v podlaze obou pasivních domů, navržena poměrně masivní tepelně izolační vrstva. Tím bylo zajištěno, aby sousední prostory, např. byty, vytvořily nezávislé, odizolované tepelně technické jednotky. Skladby konstrukcí jsou uvedeny v tab. 2.

Důležitým parametrem pro determinování podmínek tepelné stability je násobnost výměny vzduchu. V příkladech se předpokládá, že v době, kdy tepelná stabilita může sehrát významnou roli, budou také mimo provoz technická zařízení, která zprostředkovávají výměnu vzduchu. Modelově bylo prověřováno jak se prostor bude chovat v situacích, kdy výměna vzduchu nebude probíhat $n = 0$, přes minimální výměnu požadovanou hygienickými předpisy $n = 0,30 \text{ h}^{-1}$, resp. požadavkem ČSN EN 832 [2]

s $n = 0,50 \text{ h}^{-1}$, přes zvýšenou výměnu $n = 1 \text{ h}^{-1}$, až k vysoké výměně vzduchu $n = 2 \text{ h}^{-1}$. Dynamika vlivu skladby konstrukcí vymežujících vnitřní prostor a vliv větrání na pokles výsledné teploty $\Delta\theta_r(\tau)$ se ze všech tří alternativ nachází v grafických záznamech na obr. 3 až 6.

3. Získané výsledky

V alternativě I je z tab. 2 a obr. 2 patrné, že zděný dům má lepší tepelně technické parametry než jsou hodnoty požadované současnou ČSN 73 0540-2. Podle míry výměny vzduchu je parametr dovoleného poklesu výsledné teploty splněn ještě v době chladnutí trvající přibližně 3,5 až 17 h, obr. 3.

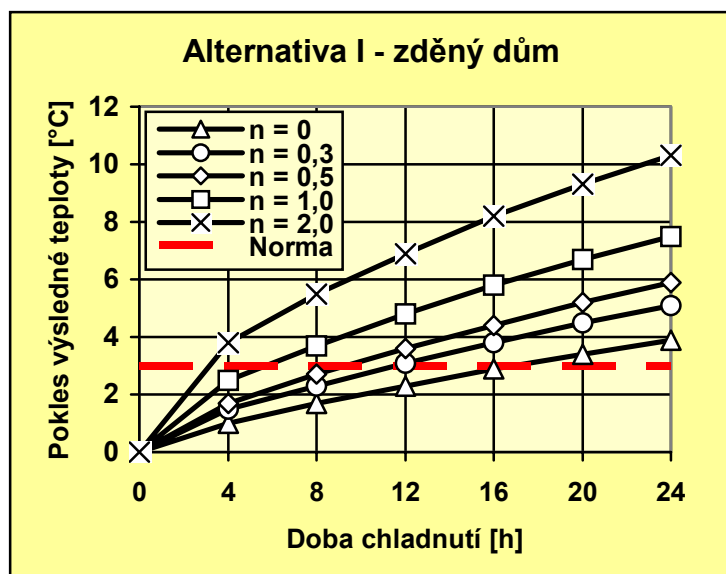
Tab. 2 Skladba použitých konstrukcí

Alt.	Konstrukce	Popis vrstev					U W/(m ² .K)
		Materiál	d m	λ W/(m.K)	c J/(kg.K)	ρ kg/m ³	
I.	Vnější stěna	Omítka + zdivo ³	0,455	0,153	954	840	0,317
		Omítka	0,015	0,990	790	2000	
	Střecha	Železobeton	0,150	1,740	1020	2500	0,208
		EPS	0,200	0,044	1270	20	
		2 x NAIP	0,008	0,210	1470	1125	
	Strop	Vlasy	0,021	0,220	2510	600	0,825
		Beton. Maz.	0,050	1,300	1020	2200	
		Minerální vlákna	0,030	0,041	1150	120	
		Železobeton	0,150	1,740	1020	2500	
	Okno						0,800
II.	Vnější stěna	Železobeton	0,150	1,740	1020	2500	0,141
		Minerální vlákna	0,300	0,044	1150	200	
	Střecha	Železobeton	0,150	1,740	1020	2500	0,107
		EPS	0,400	0,044	1270	20	
		2 x NAIP	0,008	0,210	1470	1125	
	Strop	Vlasy	0,021	0,220	2510	600	0,343
		Beton. Maz.	0,050	1,300	1020	2200	
		Minerální vlákna	0,100	0,041	1150	120	
		Železobeton	0,150	1,740	1020	2500	
	Okno						0,800
III.	Vnější stěna	Dřevo	0,150	0,180	2510	400	0,128
		Minerální vlákna	0,300	0,044	1150	200	
	Střecha	Dřevo	0,200	0,180	2510	400	0,096
		EPS	0,400	0,044	1270	20	
		NAIP	0,008	0,210	1470	1125	
	Strop	Vlasy	0,021	0,220	2510	600	0,246
		Dřevo	0,030	0,180	2510	400	
		Minerální vlákna	0,100	0,041	1150	120	
		Dřevo	0,200	0,180	2510	400	
	Okno						0,800

Podle očekávání poskytuje nejhorší výsledky příklad s $n = 2 \text{ h}^{-1}$. S klesající výměnou vzduchu pod mezní parametr $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ resp. $0,3 \text{ h}^{-1}$ ovšem může ve vnitřním prostoru dojít ke hromadění škodlivin, které mají schopnost přispět ke zhoršení užité kvality prostoru. Zároveň může dojít i ke zvýšení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. To

³ Vzhledem k tomu, že tloušťka první vrstvy je menší než 20 mm jsou povrchová vrstva omítky a zdivo obvodového pláště sdruženy.

však u dobře tepelně zaizolovaných domů nezpůsobí při krátkodobém poklesu objemu vyměňovaného vzduchu tepelně vlhkostní komplikace, které by mohly vést



k poklesu teploty na vnitřním povrchu až ke kritické teplotě.

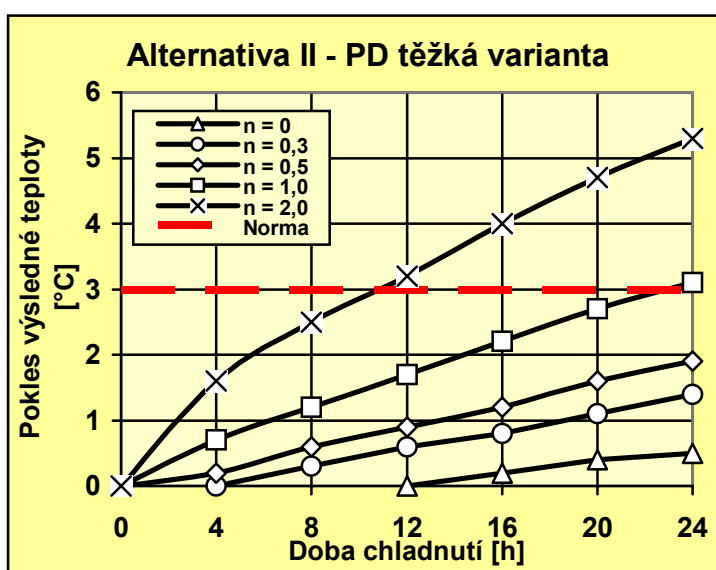
Obr. 3 Dynamika poklesu výsledné teploty v alternativě I – zděném domě

V následujících alternativách II a III se již jedná o konstrukce splňující energetická kritéria pasivního domu. Míra tepelné setrvačnosti je však prověřována schopností hmoty vytvářející konstrukce akumulovat teplo. Z tohoto pohledu vykazuje lepší výsledky alternativa

II, obr. 4. V ní je normový parametr poklesu výsledné teploty splněn v době chladnutí 11 až 23 h. Přitom nejhorší hodnoty byly dosaženy při výměně vzduchu $n = 2 \text{ h}^{-1}$. Ve všech ostatních případech je míra tepelné stability prostoru vytvořeného z těžkých železobetonových konstrukcí zajištěna v normové úrovni $\Delta\theta_{r,N}(T) = 3 \text{ K}$ ještě po téměř 24 hodinách.

Obr. 4 Dynamika poklesu výsledné teploty v alternativě II – těžkém domě

Jaké budou získány výsledky u alternativy III s dřevěným obvodovým pláštěm? Z obr. 5 je zřejmé, že dosažené výsledky u konstrukcí s nižší schopností akumulovat teplo způsobí, že referenční $\Delta\theta_{r,N}(T) = 3 \text{ K}$ je při $n = 2 \text{ h}^{-1}$ až $0,5 \text{ h}^{-1}$ dosažena v době chladnutí 3 až 21 h. Například jestliže u těžké, že-

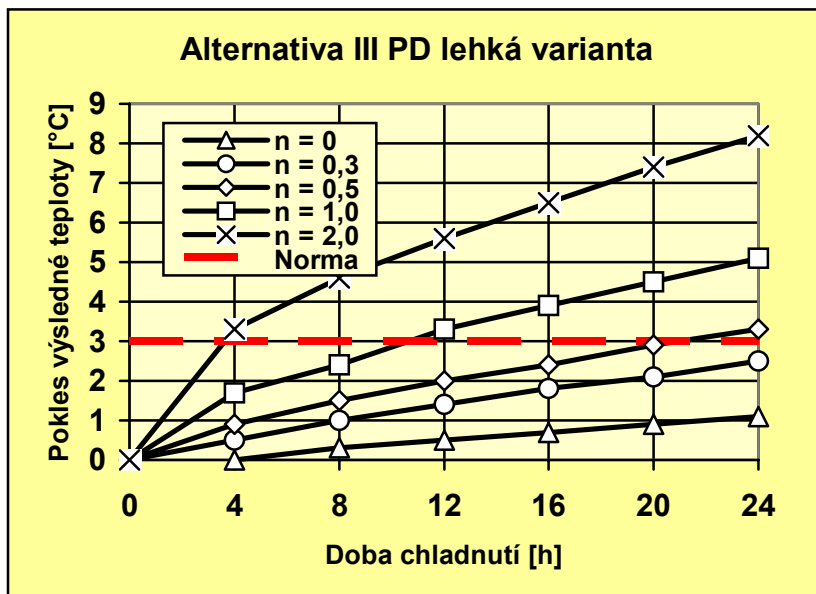


le zelezobetonové varianty s výměnou vzduchu $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$ byla normová hodnota dosažena po 23 h, potom v alternativě dřevěného domu již po chladnutí trvajícím 11 h. Stalo se tak přes skutečnost, že součinitelé prostupu tepla konstrukcí na systémové hranici mají u dřevěné konstrukce nižší hodnoty než u konstrukce železobetonové. Z tohoto zjištění plyne důležitý závěr, který povede k nutnosti, aby navrhované obvodové pláště budov s omezenou schopností akumulovat teplo měly lepší energetické parametry než při uplatnění konstrukcí těžkých.

Zohledněna musí být i míra výměny vzduchu. Je zřejmé, že v alternativách II a III došlo oproti alternativě I ke kvalitativnímu skoku. Například při $n = 2 \text{ h}^{-1}$ z alternativy

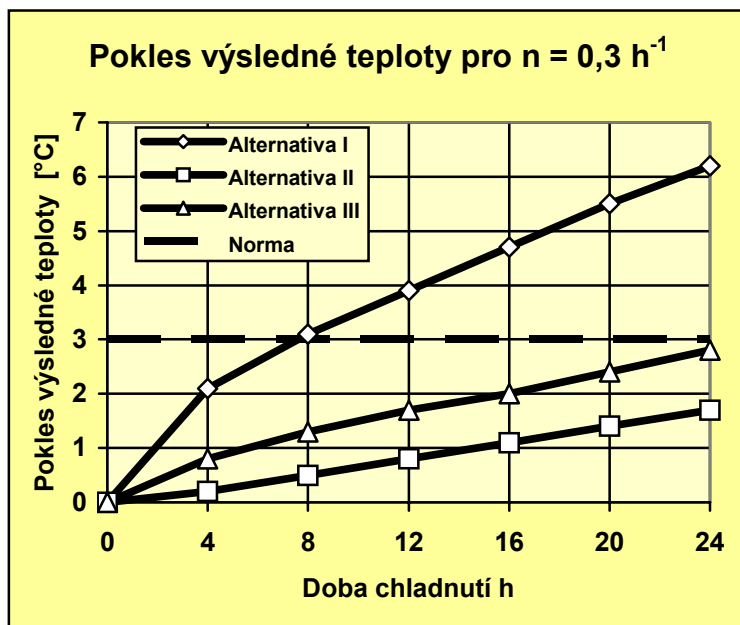
II byl normový pokles $\Delta\theta_{r,N}(T) = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ zachován ještě po době chladnutí trvající 11 h. Při $n = 1$ je kritérium $\Delta\theta_{r,N}(T)$ zajištěno při 23 h době chladnutí. Alternativy s výměnou vzduchu $n = 0$ až $0,5\text{ h}^{-1}$ poskytují takovou tepelně technickou kvalitu, že ani za 24 hodin nedojde k poklesu pod $\Delta\theta_{r,N}(T) = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. V alternativě III pro výměnu $n = 2\text{ h}^{-1}$ vychází $\Delta\theta_{r,N}(T) = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ již po 3,5 h a pro $n = 0,5$ po době chladnutí 21,0 $^{\circ}\text{C}$, což je fyzikální důsledek nižších akumulačních schopností konstrukcí.

Obr. 5 Pokles výsledné teploty u alternativy II – pasivní dům z těžké, masivní železobetonové konstrukce



4. Závěr

Z provedené analýzy dynamiky poklesu výsledné teploty vyplývají poznatky, které mohou významnou měrou determinovat navrhování stavebních konstrukcí v pasivních domech. Shrňme je do několika následujících odstavců.



Obr. 6 Porovnání poklesu výsledné teploty pro $n = 0,3\text{ h}^{-1}$.

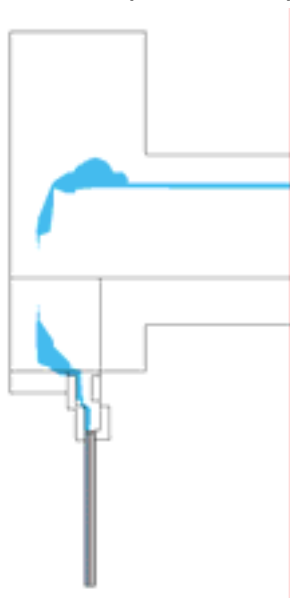
1. Je zřejmé, že objekt vytvořený z konstrukcí s větší hmotností, je pro splnění kritéria tepelné stability v zimním období vhodnější než konstrukce z lehkých materiálů. Například konstrukce na systémové hranici mají sice v alternativě III kvalitnější parametry součinitele prostupu tepla U , nežli v alternativě II, přesto

v porovnání s variantou II jsou získané výsledky méně příznivé. Jako vstupní měřítko pro posouzení této schopnosti se může použít tepelná jímavost první vrstvy daná vztahem $b = \lambda \cdot c \cdot p$. Např. jestliže v alternativě II se železobetonovou obvodovou konstrukcí činí tento parametr $b = 4\,437\,000\text{ W}^2 \cdot \text{s} / (\text{m}^4 \cdot \text{K}^2)$, potom v alternativě III s konstrukcí dřevěnou již zaznamenáváme značně nižší hodnotu $b = 180\,720\text{ W}^2 \cdot \text{s} / (\text{m}^4 \cdot \text{K}^2)$.

2. Také výměna vzduchu ovlivňuje tepelnou stabilitu. Vyplývá to ze všech variant, přičemž porovnání pro různé typy konstrukcí je dobře zřetelné z obr. 6. Je zpracováno pro intenzitu výměny vzduchu $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$.

3. Je zřejmé, jak příznivě se projevují dobře zaizolované konstrukce z alternativ pasivního domu, oproti alternativě modelované konstrukcemi s tepelně technickými parametry na úrovni požadovaných hodnot ze současné ČSN 73 0540. Pokles výsledné teploty z obr. 6 byl po 24 h v alternativě I z cihelných bloků zaznamenán na úrovni $\Delta\theta_r(24) = 6,2 \text{ °C}$. V alternativě III lehkého dřevěného domu získáváme příznivou hodnotu $\Delta\theta_r(24) = 2,8 \text{ °C}$ a v těžké železobetonové alternativě II nejlepší parametr na úrovni $\Delta\theta_r(24) = 1,7 \text{ °C}$.

4. Z toho je možno odvodit další poznatek – v případě aplikace konstrukcí s tepelně technickými kritérii pasivního domu je možno vhodně používat i lehké obvodové konstrukce. V praxi se to projevuje širokým uplatněním dřeva i jiných lehkých materiálů.



Obr. 7 Vlhkostní pole kritického detailu styku okna a stropní konstrukce, vyhodnoceného podle parametru teploty rosného bodu

5. Na detailu styku okna, překladu a střechy byl v procesu chladnutí místnosti prověřován vliv zvýšené relativní vlhkosti. V alternativě II bylo zjištěno, že na konci chladnutí s výslednou teplotou $\Delta\theta_i = 18,1 \text{ °C}$, a relativní vlhkostí $\phi_{ai} = 70 \text{ %}$ je na všech místech vyšetřovaného detailu stále teplota, která zamezí vzniku kondenzace což je patrné z obr. 7. Nejnižší zjištěná teplota na povrchu měla hodnotu $\theta_{si} = 13,76 \text{ °C}$. Oblast kondenzace byla však posouzena pouze pomocí teploty rosného bodu, který pro dané podmínky činí $\Delta\theta_{si,cr} = \theta_{si,100} = \theta_w = 12,54 \text{ °C}$. Pro kritickou povrchovou teplotu $\Delta\theta_{si,cr} = \Delta\theta_{si,80}$ by však nejnižší teplota na povrchu měla dosahovat alespoň $15,90 \text{ °C}$. V tom je možné úskalí chladnutí konstrukcí v pasivních domech.

5. Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – část 2: požadavky. ČSNi Praha, listopad 2004.
- [2] ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočty potřeby energie na vytápění – Obytné budovy. ČSNi Praha, 2000.
- [3] CHYBÍK, J.: Pasivní domy – perspektivní výstavba. In: Pasivní domy 2005. Brno, Centrum pasivního domu, 2005, s. 172-175.

Tepelné zisky v zimním období neprůsvitnými konstrukcemi

Ing. Roman Šubrt, Energy Consulting, o.s.
Budějovická 166, 373 81 Kamenný Újezd
+420 777 196 154, roman@e-c.cz

1. Úvod

Při navrhování pasivních domů obvykle podléháme dojmu, že se domy budou chovat obdobně jako běžné budovy, na které jsme zvyklí, pouze se snažíme cíleným využitím solárních tepelných zisků okny, důsledným projektováním se snahou o zabránění tepelných mostů a pochopitelně velmi nízkými součiniteli prostupu tepla snížit tepelné ztráty, respektive potřebu tepla na vytápění. K tomu samozřejmě přistupují další snahy, jako je rekuperace tepla, využití vnitřních zdrojů a podobně.

Obvykle se však věnuje velmi malá pozornost tepelným ziskům neprůsvitnými konstrukcemi, neřeší se, zda je výhodnější klasická sendvičová konstrukce nebo konstrukce s odvětrávanou dutinou; přitom právě předstěna před odvětrávanou dutinou působí na stěnu stejně, jako zastínění okenních konstrukcí proti přehřívání v letním období.

Je samozřejmé, že čím je vyšší tepelný odpor, tím jsou tepelné zisky netransparentními konstrukcemi nižší, neboť tepelné zisky jsou tepelný tok, který vzniká osluněním sluncem na straně exteriéru a teplotou v interiéru, popřípadě osluněním dochází ke snížení tepelného toku z interiéru do exteriéru. Směr tepelného toku je dán konkrétními povrchovými teplotami.

Významem tohoto tepelného toku na bilanci energie se budu věnovat v dalších částech tohoto příspěvku.

2. Podmínky simulace

Pro simulaci byla zvolena konkrétní klimatická data z jednoho roku, tedy průběh teplot v zimním období i sluneční svit v tomto období.

Zároveň pro porovnání byl zvolen objekt o 2 podlažích, každé 5 místnostech, přičemž 4 místnosti byly orientovány každá k jedné světové straně a pátá místnost byla uprostřed, tepelné ztráty zde probíhaly pouze střechou či podlahou. V místnostech nebyly simulovány žádné dveře ani okna. Všechny místnosti jsou stejně velké a není uvažováno se žádnými tepelnými mosty. Podlahová plocha místností je vždy 16 m^2 a plocha obvodové stěny 26 m^2 .

Touto simulací jsou tepelné ztráty či zisky vztaženy výhradně ke konkrétní světové straně a není zde vliv výplní otvorů. Jednotlivé stěny (místnosti) lze vzájemně porovnávat, neboť jsou rozměrově shodné.

Pro tuto simulaci byly dále zvoleny různé skladby stěn, aby se zjistil vliv tepelné akumulace obvodové konstrukce na konkrétní tepelné ztráty. Výpočty byly provedeny ve třech variantách – bez vlivu oslunění, s vlivem oslunění s absorbivitou 0,1 a s vlivem oslunění s absorbivitou 0,9.

Pro simulaci byly zvoleny konkrétní konstrukce stěn, jejichž základní parametry jsou uvedeny tabulce.

Pro simulaci byla zvolena konkrétní klimatická data z jednoho roku, tedy průběh teplot v zimním období i sluneční svit v tomto období.

Pro přepočítání tohoto období odpovídá následujícím klimatickým datům:

$D = 3891$ denostupňů

$t_{es} = 3,3$ °C

$t_{is} = 20$ °C

$d = 233$ dnů

Tabulka použitých konstrukcí a jejich základních vlastností

ozn.	konstrukce	R m^2KW^{-1}	U $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
A	K-Kontrol systém, stěna 160 mm EPS, 2x deska OSB, z vnější strany 30 mm EPS	5,483	0,182
B	klasické zdivo z CP 45 cm	0,719	1,392
C	dtto, zatepleno 50 mm EPS	2,031	0,492
D	dtto, zatepleno 100 mm EPS	3,346	0,299
E	dtto, zatepleno 100 mm min. vlny	3,215	0,311
F	cihelné tvarovky typu Therm 440 mm	2,730	0,366
G	dtto, zatepleno 80 mm EPS	4,835	0,207

Simulace byla zpracována v programu Trnsys ing. Korečkem.

3. Výsledky

Výsledky výpočtů lze interpretovat mnoha různými způsoby a vyplývá z nich poměrně dost zajímavých závěrů. V tomto příspěvku se budu pro rozsah věnovat pouze simulovanému objektu jako celku. V tabulce jsou uvedeny tepelné ztráty tepla a roční potřeba tepla vč. procentuálního vyjádření pro 7 uvažovaných variant obvodových konstrukcí. Z výsledků vyplývá, že téměř bez výjimky tvoří tepelné zisky pevné procento z roční potřeby tepla, jejich velikost záleží pouze na absorbivitě povrchu. Znamená to tedy, že při zastínění budovy či při použití odvětrávané fasády se vždy zbavujeme pevného procenta tepelných zisků netransparentními konstrukcemi a to podle výše

absorbivity povrchu v rozmezí od 3 do 19% z celkové potřeby tepla na vytápění. Toto jistě není zanedbatelný podíl energie.

Tabulka tepelných ztrát a potřeb tepla na vytápění celého simulovaného objektu

skladba	ztráty kW			roční potřeba tepla kWh/rok			procentuální podíl %		
	bez oslunění	abs. 0,1	abs. 0,9	bez oslu- nění	abs. 0,1	abs. 0,9	bez oslunění	abs. 0,1	abs. 0,9
A	4,047	4,124	4,141	16 878	16 505	14 542	100	97,8	86,2
B	10,740	11,246	11,314	41 308	40 374	33 474	100	97,7	81,0
C	5,482	5,635	5,896	24 080	23 547	19 737	100	97,8	82,0
D	4,448	4,658	4,689	19 689	19 251	16 176	100	97,8	82,2
E	4,139	4,341	4,371	17 752	17 328	14 459	100	97,6	81,4
F	4,658	4,868	4,897	20 006	19 556	16 416	100	97,8	82,1
G	3,738	3,912	3,937	16 765	16 383	13 772	100	97,7	82,1

Velmi zajímavé výsledky se z dynamického výpočtu získají, pokud všechny konstrukce přepočítáme na „měrný“ nebo jednotkový součinitel prostupu tepla U . Pokud tedy celoroční potřebu tepla na vytápění vydělíme součinitelem prostupu tepla U dostaneme, jak by se která konstrukce chovala při součiniteli prostupu tepla $U = 1 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Výsledky jsou uvedeny v tabulce. Jistě nás nepřekvapí, že hmotné kumulující konstrukce mají při tomto přepočtu výrazně nižší roční potřebu tepla. To je ostatně patrné i z předchozí tabulky, kdy konstrukce A a E mají téměř stejnou potřebu tepla při rozdílu součinitelů tepla o více jak 50%.

Tabulka potřeb tepla na vytápění u různých konstrukcí při stejném součiniteli prostupu tepla U.

skladba	konstrukce	R m^2KW^{-1}	U $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	roční potřeba tepla kWh/rok při $U = 1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$		
				bez oslunění	abs. 0,1	abs. 0,9
A	K-Kontrol systém, stěna 160 mm EPS, z vnější strany 30 mm EPS	5,483	0,182	92736	90687	79901
B	klasické zdivo 45 cm	0,719	1,392	29675	29004	24047
C	dtto, zatepleno 50 mm EPS	2,031	0,492	48943	47860	40116
D	dtto, zatepleno 100 mm EPS	3,346	0,299	65849	64385	54100
E	dtto, zatepleno 100 mm min. vlny	3,215	0,311	57080	55717	46492
F	Therm 440 mm	2,730	0,366	54661	53432	44852
G	dtto, zatepleno 80 mm EPS	4,835	0,207	80990	79145	66531

Pokud se zaměříme na jednotlivé údaje v těchto tabulkách, můžeme je interpretovat mnoha způsoby:

1. Zastíněním objektu či fasád např. dvouplášťovou konstrukcí s odvětrávanou mezerou se připravujeme v závislosti na absorbitivě povrchu a zcela minimálně v závislosti od druhu a vlastností konstrukce o 3 až 19% energie potřebné na vytápění.
2. Porovnáním konstrukce D a E, které mají téměř stejné součinitele prostupu tepla dojdeme k závěru, že zateplením minerální vlnou můžeme proti zateplené pěnového polystyrénu v tomto konkrétním případě získat 10% energie a to i u zastíněných konstrukcí.
3. Porovnáním konstrukce A a E, jejichž rozdíl součinitelů prostupu tepla je 58,5% dojdeme k závěru, že stěna s akumulací hmotou má téměř stejné nároky na potřebu tepla jako stěna bez akumulace s výrazně vyšším součinitelem prostupu tepla U. U konstrukce zcela zastíněné a nebo s malou absorbitivou je to 5%, u konstrukce osluněné s vysokou absorbitivou je dokonce potřeba tepla u objektu s konstrukcí s nižším součinitelem prostupu tepla U, ale s vyšší akumulací schopností vyšší, než u konstrukce s lepším součinitelem prostupu tepla.
4. Z předchozího zároveň vyplývá, že u lehkých konstrukcí je nutné mít výrazně vyšší součinitele prostupu tepla, aby bylo dosaženo stejné potřeby tepla.
5. U konstrukcí s vysokou tepelnou akumulací budou mít tepelné mosty výraznější vliv na potřebu tepla, než u lehkých konstrukcí se stejnou potřebou tepla.

Využití materiálů PCM na akumulaci energie

Ing. David Bečkovský, Ing. Martin Deutsch, Doc. Ing. Miloš Kalousek, Ph.D.

VUT Brno, FAST, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 602 00 Brno

email: beckovsky.d@fce.vutbr.cz, deutsch.m@fce.vutbr.cz, kalousek.m@fce.vutbr.cz

1. Úvod

Využití sluneční energie ve stavebnictví se stále více stává běžnou praxí. Současná úroveň znalostí této problematiky je již na vysoké úrovni, ale nedokáže pokrýt celý rozsah vzniklých návazností a komplikací. Solární energii ve stavebnictví využíváme především:

- k výrobě elektrické energie - např. fotovoltaické články
- k zisku tepelné energie - především aktivní a pasivní solární systémy

2. Pasivní solární systémy

Z pohledu „surové stavařiny“ mají hlavní význam pasivní solární systémy. Hlavním principem pasivních solárních systémů je maximalizace solárních zisků, které se dají využít pro snížení celkové tepelné ztráty objektu. Ideální pasivní solární systém by měl mít největší zisky v otopném období a naopak během letních měsíců by neměl vnitřní prostředí tepelně zatěžovat. Tento jednoduchý princip je v praxi téměř nerealizovatelný a to hlavně ze samotné podstaty pasivních solárních systémů, které jsou tvořeny především stavebními konstrukcemi a úpravami. Z hlediska letní stability u těchto systému hrozí, že energie uspořené během otopné sezóny bude spotřebována na odstranění nežádoucích tepelných zisků během letní sezóny. K eliminaci těchto letních zisků se v současné době používá především jednoduchý princip. Ten spočívá v omezení dopadající sluneční energie, především ve formě viditelného světla transformovaného pasivním solárním systémem na tepelné záření. Důsledkem těchto omezovacích metod je snížení intenzity přirozeného osvětlení, které je v mnohých případech nežádoucí. Jednou z možných metod v omezování letních tepelných zisků je aplikace materiálů s fázovou změnou – PCM (z angl. Phase Change Materials), které svou fyzikální podstatou eliminují pouze přebytečnou tepelnou složku slunečního záření.

3. Akumulace energie při použití PCM

Akumulace tepelné energie při použití materiálů s fázovou změnou se liší oproti klasickým materiálům tím, že dochází k akumulaci také latentní složky tepelné energie. Při akumulaci této složky využívá materiál tepelnou energii na změnu svého skupenství. PCM absorbuje citelné teplo jako pevná látka, až do té doby než dosáhne bodu tání. Po té využívá velké množství latentního tepla ke změně svého skupenství (fázové změně) na kapalné. Nedochází tak k nárůstu teploty materiálu. V kapalném skupenství je materiál dále schopen absorbovat tepelnou energii.

$$Q = Q_s + Q_l = \int_{T_1}^{T_{melt}} mc_{ps} dT + m \cdot \Delta h_{melt} + \int_{T_{melt}}^{T_2} mc_{pl} dT$$

Q_s citelné teplo

Q_l latentní teplo

m hmotnost materiálů

c_{ps} měrná tepelná kapacita – pevné skupenství

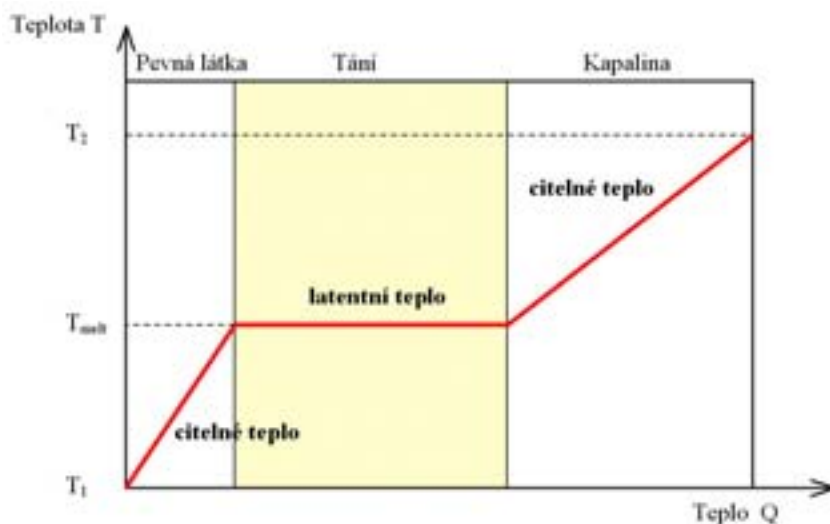
c_{pl} měrná tepelná kapacita – kapalně skupenství

Δh_{melt} měrný tepelný obsah

T_1 teplota počáteční

T_{melt} teplota tání

T_2 teplota konečná



Jednotlivé složky akumulovaného tepla materiálem PCM

4. Závěr

Těchto specifických vlastností lze využít pro redukci amplitud teplot vzduchu interiéru. V letním období tak dojde ke snížení maximální denní teploty a akumulovaná energie je pak uvolněna zpět do okolního prostředí v období s nižší teplotou než je bod tání PCM. Teplotu fázové změny a tím i materiál PCM je potřeba navrhnout na základě konkrétních okrajových podmínek.

Použitím PCM v materiálové skladbě pasivních solárních systémů dojde k minimalizaci nežádoucích tepelných zisků.

5. Literatura:

1. Deutsch. M., Pasivní domy a pasivní solární systémy. 8. Odborná konference doktorského studia - Juniorstav 2006: Brno 2006.
2. Bečkovský, D., Pasivní řešení letní tepelné stability skladbou materiálů v obvodovém plášti, konference Tepelná ochrana budov 2006: Praha 2006

Zkušenosti z realizací a provozem domů v ČR

Martin Jindrák, Atrea s.r.o.

V Aleji 20, 466 01 Jablonec n.N.

tel: +420 483 368 133, e-mail: rd@atrea.cz

1. Energeticky pasivní dům – je to nyní módní vlna zájmu?

V současné době se s názvem energeticky pasivní dům setkáváme na každém kroku. Mnoho lidí o něm zasvěceně mluví, popisují jej, novináři se snaží své čtenáře zaujmout a překvapit. Když si ovšem pozorně tyto texty přečteme, zjistíme, že se opakují stále stejné pojmy a informace, pouze stylisticky jinak napsané. Mnohokrát opakované a tiskem rozšiřované (a často z neznalosti nebo nedostatku místa zkrácované) pojmy a tvrzení se považují za svaté a jediné možné. Bohužel, mnohokrát i ke škodě věci. Vzrůstající ceny energií ale žádají své a kdo o tomto tématu nepíše, EPD neprojektuje nebo nestaví, pak není „IN“.

1.1. Informace a zkušenosti ze zahraničí – máme je přebírat bez výhrad?

Jak vznikl koncept výstavby EPD je obecně známo. Díky nadšení a vizi techniků, v čele s Dr. Feistem byly postupně definovány parametry, které by měl dům splnit, aby byl zařazen do kategorie EPD. Nejznámější údaj je téměř posvátná 15 – tedy měrná roční spotřeba energie na vytápění v kWh – tedy 15 kWh/m²a. Nechi rozebírat další parametry – vzduchotěsnost objektu, spotřebu celkové energie (temperování + spotřeba domácnosti + ohřev TUV – max. 42 kWh/m²a., ani následně primární energie – max. 120 kWh/m²a. Pro základní porovnání zůstaneme u hodnoty „15“.

Do každého domu, i energeticky pasivního, je potřeba v topném období dodávat energii. Při projektování je pak možné určit výpočtem, o jaké množství se bude jednat. Pak je možné dimenzovat topnou soustavu (u EPD není tento termín úplně adekvátní) a také zdroj tepla, který pro systém temperování energii připraví a zároveň zajistí i ohřev TUV – tedy spotřebič cca 2/3 celé energie, která je pro provoz objektu potřebná (zbytek je provoz domácnosti – vaření, svícení a provoz vzduchotechnického systému). A zde nastává první rozpor. V každé zemi, a také i každý projektant, počítá a zařídí podl. plochy jiným způsobem. Není neobvyklé, že se u stejného domu u dvou projektantů podlahová plocha liší i o jednotky m². Při přepočtech je pak výsledná hodnota zkreslena. Zůstaneme-li v teoretické výpočetní rovině, výsledek ovlivňují další parametry – místo stavby, počet osob a také např. i výška okolních budov, které ale obvykle v době přípravy projektu neznáme. Výsledná hodnota reálně postaveného domu se tak může lišit od vypočtených. Jak ale provést srovnání (např. i dle skutečného provozu realizovaných domů)? Určitě ne dle odečtu kWh pouze na přípojném pilířku elektřiny. Je-li dům vybaven slunečními kolektory na ohřev TUV (příp. i UT) nebo krbem, je potřeba k hodnotě na pilířku připočítat přínos těchto systémů (u spalení dřeva v krbu uznávám, že toto je velmi problematické). Teprve tento souhrn energií ze všech zdrojů tepla má vypovídající schopnost o skutečných parametrech objektu (ve vazbě klimatické podmínky konkrétní topné sezó-

ny). Často se ale na tyto zmíněné zdroje zapomíná a publikované výsledky jsou zavádějící. Je nutné srovnávat dle celkové spotřeby. Volba zdrojů tepla a jejich kombinace je pak pouze matematickou úlohou, jejíž výsledek by měl být rozumný kompromis pořizovací ceny, provozních nákladů a návratnosti. Dimenzování na minimální požadavky EPD je problematické. Někdy méně znamená více. Proč realizovat tepelné čerpadlo, soláry, krb s teplovodní vložkou a elektrickou zálohu – některé zdroje se překrývají. Omezení počtu zjednoduší obsluhu a sníží investiční náklady. V některých případech i o částku, která pokryje náklad na temperování a ohřev TUV na 15 – 30 topných sezón. Dokonce může vzrůst celkový přínos zbývajících systémů, které jsou optimálně využívány.

1.2. Realizace EPD objektů v ČR – jsme jiní než zahraničí?

Do nedávna se všechny informace o této problematice u nás objevovali pouze díky zkušenostem ze zahraničí, hlavně Rakouska a SRN. Na základě našich tehdejších znalostí a předpokladů jsme v roce 2004 zrealizovali EPD v Rychnově u Jbc. Mimo jiné i proto, abychom na vlastní kůži zažili život v takovém objektu a získali zkušenosti z první ruky. Celý projekt byl připravován tak, aby výsledek (hlavně parametry konstrukcí), splňoval všechny hodnoty EPD. Stěny a stropy mají $U=0,1$ a menší, okna (vč. rámu) cca 0,72. Parametr vzduchotěsnosti při BLOWERDOOR TESTU ($<0,6 \text{ n}^{-1}$ při 50 Pa) se nám splnit nepodařilo (naměřená hodnota $n_{50} = 0,88$), i tak se ale na současné české prostředí jedná o velmi slušnou hodnotu. Velký problém jsme ale měli při volbě plochy prosklení, hlavně na jižní straně. Zvolili jsme kombinaci oken, která mají plochu skla cca $4,3 \text{ m}^2$ (cca 11% jižní svislé stěny domu – výška 2,5 m přízemí a 1 m stěny pod hranou střechy), plocha výrazně nižší než doporučená hodnota cca 25% dle zahraniční literatury. Bydlení nám naši volbu potvrdilo jako správnou. Pro temperování jsme zvolili systém teplovzdušného cirkulačního vytápění a větrání s rekuperací odpadního tepla (ATREA), ohřev TUV a UT zajišťuje akumulární zásobník IZT 615 (ATREA) s el. spirálami a se solární podporou (THERMOSOLAR). Experimentálně je dům vybaven i cirkulačním zemním výměníkem tepla.

Od ledna roku 2005 ve spolupráci s ČVUT Praha měříme a sledujeme celkem 22 provozních parametrů (teplot, vlhkostí, koncentrací CO_2 , provozních stavů VZT systému a zdroje tepla, ve spolupráci s TU Liberec pak i intenzitu slunečního záření). K dispozici máme tisíce údajů, vzájemně se ovlivňujících. Zpracováním a pochopením jednotlivých vazeb jsme schopni předpovídat chování objektu ve vazbě na počet osob nebo venkovní teplotu. Samostatnou kapitolou je pak výměník tepla. Dá se říct, že za téměř dva roky provozu (dům obydlen 5.12.2004) jsme získali mnoho zkušeností, v některých směrech jsme možná i dál, než kolegové v zahraničí.

Topná sezóna 2005/2006 byla pro měření téměř čítanková. Rychnov u Jbc leží v chladnější oblasti ČR. Tabulkově jsou udávány pro topnou sezónu tyto parametry: venkovní výpočtová teplota: -18°C , délka 256 dní a $\varnothing$ teplota $3,6^\circ\text{C}$. Zatížení sněhem – nejvyšší, V. sněhová oblast. Důležité údaje pro další pokračování příspěvku. Zažili jsme venkovní teploty -28°C , mrazivý den (bohužel pro měření jen jeden), kdy

celodenní $\varnothing$ teplota byla $-17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, slunečné i zamračené dny. Jaro i léto 2006 bylo pro nás teplotně také ukázkové. V rámci vědy bychom přivítali, kdyby extrémně vysoké teploty trvaly déle – např. pro důkladnější otestování a zjištění parametrů a provozních stavů zemního výměníku tepla. Co jsme zjistili a naměřili, na co jsme přišli?

2. Náklady a zkušenosti z provozu EPD Rychnov

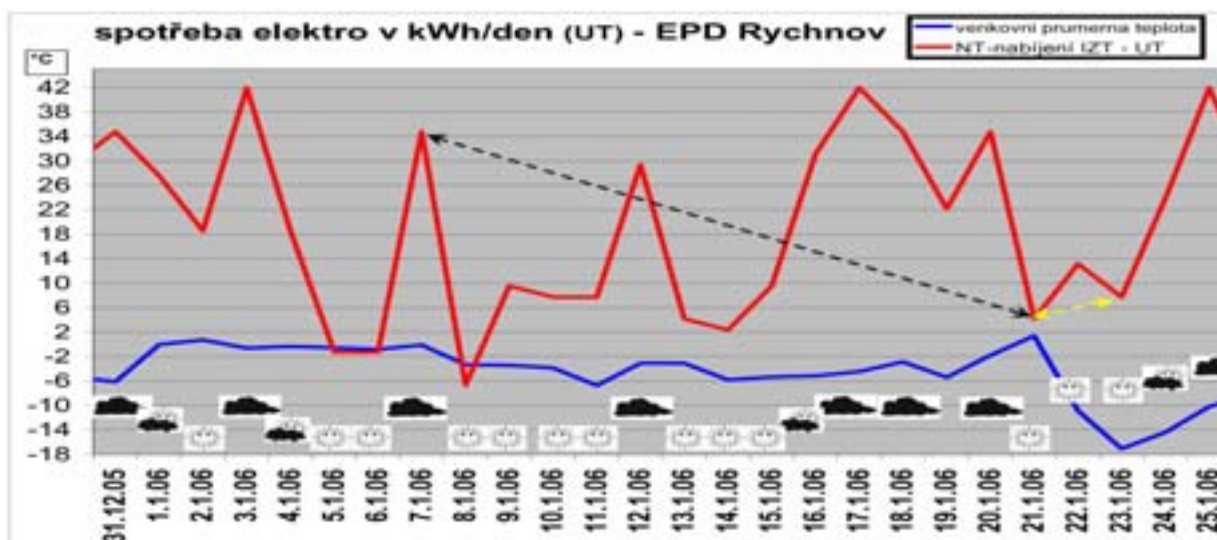
Celkové náklady za elektriku za rok 2005 (topení, ohřev TUV, svícení, vaření, paušální platby za jistič) byly 18 214 Kč. Celková spotřeba energie - (viz. tab.1)

Tab.1		<i>zimní $t_e = -18^{\circ}\text{C}$; $\varnothing$ tabulková teplota topného období = $3,6^{\circ}\text{C}$; tabulková délka topného období 256 dní, instalovaný solární systém – aktivní plocha $5,4\text{ m}^2$; místo stavby – Rychnov u Jablonce nad Nisou; $133,5\text{ m}^2$ podl. plochy</i>	
		hodnoty teoreticky vypočtené a tabulkové	Hodnoty reálně měřené
Spotřeba energie na provoz domácnosti (kWh/rok)		3500	4392 (vč. provozu VZT systému) (do této spotřeby je také zahrnuta energie na provoz měřících ústředí: celkově 262 kWh/rok).
Spotřeba energie na provoz VZT systému (kWh/rok)		770	
Spotřeba energie na vytápění (kWh/rok)	*	1335	2216
	**	4005	
Spotřeba energie na ohřev TUV (kWh/rok)		3984	2920
Solární systém – přínos (kWh/rok)		2104	1125
Spotřeba energie na vytápění v kWh/m ² a.	*	10	16,6
	**	30	
Celková spotřeba energie EPD Rychnov kWh/rok.	* +zisky akt.solárů	7485	10114
	* +bez zisků aktiv.solárů	9589	
	***	12259	
* - při započítání teoretických pasivních solárních zisků okny	** - bez započítání pasivních solárních zisků okny		*** - bez započítání aktivních solárních zisků solárním systémem a pasivních solárních zisků okny

Neměli jsme k dispozici část topné sezóny roku 2004, proto nemůžeme srovnávat spotřebu energie s topnou sezónou 2005/06. I přes nízké teploty v lednu 2006 vychází předběžně spotřeba energie na vytápění za tuto topnou sezónu na cca 2200 kWh (obdobně, jako v předchozím roce). Délka „topné sezóny“, tedy počet dní, kdy byl využíván prostorový termostat k ovlivnění teploty v interiéru, byla 151 dní. (dle topenářských tabulek 256 dní). Interiérová teplota se pohybovala v rozmezí od $21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 22°C , při pasivních slunečních ziscích, dále při vaření a žehlení nárazově až $23,5^{\circ}\text{C}$. V ložnici cca $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 22°C . Pro další pokračování článku důležité údaje.

2.1. Zimní pasivní sluneční zisky

Jak skloubit stav, kdy je v chladnějším období roku mnoho dní bez slunce (např. od 3.11 – 28.12.2005 byly celkem tři slunečné dny) a dochází k velkým ztrátám prostupem tepla přes okna (a to i v noci), a ve slunečných dnech aby pasivní zisky nepřehřívali interiér. V úvahu jsme brali i výšku slunce nad obzorem a mnoho dalších vlivů (stromy v okolí, domy sousedů...). Námi zvolená plocha jižního prosklení ($4,3 \text{ m}^2$) byla některými příznivci energeticky pasivní výstavby považována za malou. Provoz ukázal, že jsme dimenzovali správně. Na obr. 2 je graf vazby spotřeby energie potřebné na vytápění (značeno UT), venkovní celodenní průměrné teploty ($t_{\text{celod.}}$) a informace o tom, zda byl den slunečný nebo ne. Je vidět, že EPD Rychnov se chová skutečně pasivně k venkovní teplotě (dle vyznačení - např. 23.1.2006 byla $t_{\text{celod.}}$ – $17,1^\circ\text{C}$, slunečno, spotřeba na temperování byla $14,1 \text{ kWh/den}$, obdobně jako např. 21.1.2006, $t_{\text{celod.}}$ $1,36$, slunečno. 7.1.2006 byla $t_{\text{celod.}}$ $-0,3$, ZATAŽENO !!, spotřeba je výrazně vyšší). Z grafu je jasně patrná závislost spotřeby energie na temperování za den ve vazbě na slunečné počasí.



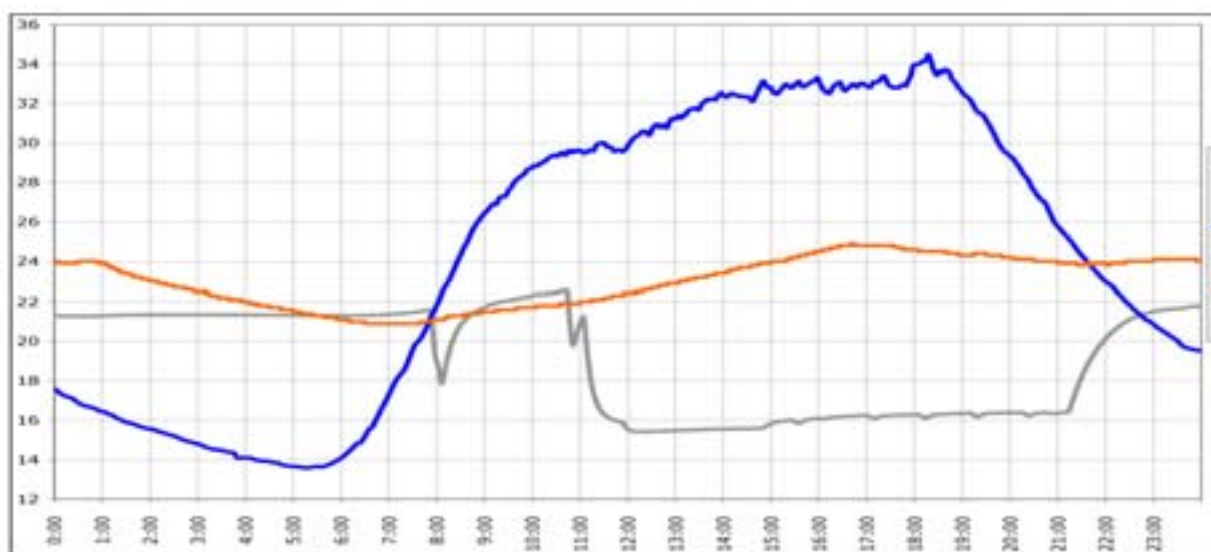
Spotřeba energie na vytápění sezóny 2005/2006 vychází $15,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Na extrémní zimu to není špatný výsledek. Proč ale výpočtově vychází cca $13,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$? Odpověď bude v poslední kapitole příspěvku. Co ale nízká tepelná ztráta, tepelná obálka objektu, okna na jižní (v zimě přínosná) a západní straně provedou s teplotou interiéru v létě, navíc ve spojení s extrémně tropickými dny s velkou intenzitou slunečního záření?

2.2. Teplota v interiéru EPD Rychnov v červenci 2006

Letošní červenec v některých ohledech pozměnil přístup a také názory investorů k realizaci „běžných“ domů. Pokud např. v přípravě stavby „počítal“ každou korunu a návrhy na vybavení objektu lepším zasklením nebo zvětšením přesahu střechy pro potlačení letních slunečních zisků odbýval se slovy, že na to nemá peníze, několik málo měsíců po dokončení domu, je ochoten do objektu pořídit strojní chlazení („klimatizaci“) v řádu $50\,000 \text{ Kč}$. Ani realizace zemního výměníku takovému objektu moc

nepomůže – např. při průtoku vzduchu cca 600 m³/h (dvojnásobek běžných rovnotlakových jednotek, možné pouze u cirkulačních teplovzdušných jednotek) je chladicí výkon 1,5 – 2,2 kW. To takovému běžnému domu nestačí. Při cestě do školky maminky povídali o tom, jak špatně se dětem spí a předháněli se v rekordu, kdo z nich měl v dětském pokoji v noci vyšší teplotu. Nebylo výjimkou, že se blížila i k 30°C. Kde je „striktní“ požadavek, že teplota v ložnici musí být kolem 16-17°C. Co jejich tvrzení, že v energeticky pasivním objektu se při 20 – 21°C nedá spát? Že by to pro léto bylo jinak?.

V EPD Rychnov byla situace odlišná i přesto, že se jedná o dřevostavbu na bázi plošné prefabrikace, tedy stavbu „lehkou“. Ale, vnitřní obklad objektu tvoří 25 mm sádkartonu a sádrovlákna - cca 6300 kg materiálu!!! To není málo. Dá se s ním pracovat např. při nočním předchlazení. Dostatečná tl. tepelné izolace, hlavně podkroví, není prospěšná jen v zimě, ale v létě zabraňuje prostupu tepla ze zahřátého pláště do interiéru. Absence střešních oken, vhodný rozsah a parametr prosklení, přesah střechy a zachování vzrostlých stromů na pozemku přinesli výsledky. Okamžitá výpočtová tepelná zátěž objektu, počítaná na limitní podmínky, je jen cca 2800 W. Pasivní ochranu před teplem i dobře doplňoval systém aktivní - vzduchotechnický, ve spojení se zemním výměníkem tepla – ZVT, realizovaný pro tento účel v ideálním prostředí – v čistém jílu. I v nejteplejších dnech byl do objektu přiváděn vzduch, který po průchodu ZVT měl teplotu od 13 – 15°C. Dle výsledků a výpočtů byl výkon chlazení v této realizaci, bez nutnosti jakékoliv strojní výroby chladu, cca 1300 – 1800 W. Za tropických dní to znamenalo přínos do interiéru 15 – 25 kWh chladu. Ve vazbě na parametry objektu to stačilo k udržení interiérové teploty od cca 20,5 – 24,5 °C (při vaření). Ve srovnání s venkovní teplotou, ve stínu severní části domu 35°C, až velmi nízká. Venku plavky, uvnitř svetr a teplé ponožky. Věda a vývoj prostě vyžadují oběti. Přijatelnou teplotu v interiéru bychom viděli o cca 2°C vyšší. V ložnici na východní straně se teplota pohybovala na úrovni 20,5 – 22°C – stejně jako v zimě. Na obr. 3 je měření teplot ze dne 17.7.2006.

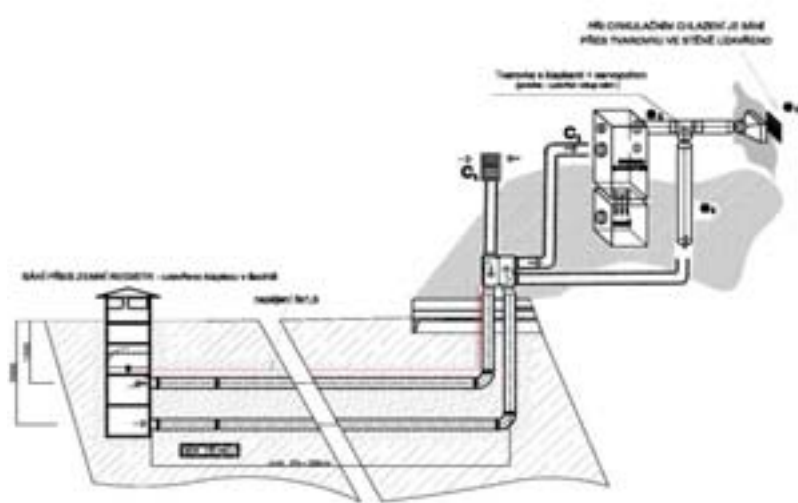


Zkoušeli jsme i mnoho dalších testů. Např. v době, kdy dům nebyl 8 dní obsazen, jsme vypnuly VZT systém a zavřeli všechna okna. Při začátku byla int. teplota 20,5°C, na konci při slunečném počasí (začátek července) 28°C. Každý den pravidelně vzestup o 1°C. Ve výsledku nižší teplota, než která byla běžná v domech v okolí.

2.3. Zkušenosti se zemním výměníkem tepla

Při realizaci EPD Rychnov byl realizován výměník s možností tzv. cirkulačního chlazení. Překlopením klapky je možné nasávat interiérový vzduch z obytné části objektu a vhánět jej do horního potrubí, prochází vzduchotěsnou šachtou a spodním potrubím se vrací zpět do domu.

Obr. 4. Schéma cirkulačního ZVT-c v režimu chlazení



Díky tomu je možné chladit objekt bez nutnosti otevírání oken. Také tím, že se pro chlazení nepoužívá venkovní vzduch (např. 32 °C), ale interiérový (cca 26°C), nevyčerpává se tak rychle kapacita zeminy kolem vedení. ZVTc prochází stále stejný interiérový vzduch – při prvním průchodu něco málo vody

zkondenzuje, v dalších cyklech je kondenzace již neměřitelná. (Při sání exteriérového vzduchu by kondenzace probíhala neustále.). Snižují se proto i kontroly a odčerpávání kondenzátu. V létě 2006 jsme prováděli pouze jednou – při přechodu z přímé varianty ZVT na cirkulační ZVTc (cca 25 l vody na dně šachty/2 měsíce provozu). V cirkulačním režimu jsme neprováděli vůbec – minimální množství vody na dně šachty. Měření ZVTc v Rychnově může ale pro následovníky být i poněkud zavádějící – v této lokalitě je cca 5 cm něčeho, co připomíná hlínu a pak 130 metrů homogenního jílu. Když se např. srovná teplota výstupního vzduchu po průchodu ZVTc na začátku června a na konci srpna (při srovnatelných podmínkách), pak se moc neliší – červen Ø 13,5°C, srpen Ø 15,5°C. Při průtoku 400 m³/h již dříve zmiňovaný chladicí výkon 1,3 – 1,8 kW, za den 15 – 25 kWh chladu do interiéru. V nížinách na písčitých půdách ale pravděpodobně těžko dosažitelné. Proto kolegové na ČVUT, i díky měření jiných ZVT, připravují velmi zajímavý simulační program. V zimním období se teplota vzduchu po průchodu ZVT pohybovala od 2 – 5°C. Přesto energetický přínos nebyl nijak velký, cca 0,4 – 0,6 kWh/den. Pro predehřev přiváděného vzduchu vzhledem k ochraně namrzání rekuperačního výměníku a také i ke snížení tepelného mostu (vzduchotechnické vedení a prostup přes obálku objektu) je přínos nepopíratelný. Na základě zkušeností jsme již řešení ZVTc pro následovníky výrazně upravili.

2.4. Vnitřní mikroklima – CO₂ a relativní vlhkost ve vazbě na intenzitu větrání

V EPD Rychnov jsou instalovány dvě čidla na zaznamenávání koncentrací CO₂. Jedno je pod stropem v obývacím pokoji, druhé v centrálním přívodu vnitřního cirkulačního vzduchu do jednotky (zde se jedná o průměr ze všech místností). Stejně zaznamenáváme i relativní vlhkost. Velký dík patří manželce - dlouhou dobu poctivě zaznamenávala, kolik litrů vody potřebuje na zalévání (25l/týden – mnoho květin), při případném sušení prádla v interiéru vážila prádlo před a po. Ostatní množství jsme pak stanovovali dle vaření a přepočtů. Získali jsme proto relativně přesné množství produkce vlhkosti z provozu domácnosti – cca 4,8 l/den využitelného množství. V literatuře uváděné hodnoty 11 – 14 l jsou dle mého názoru poněkud tendenční. Měřením jsme znali parametry venkovního prostředí (teplota, vlhkost = množství vody v přiváděném větracím vzduchu a jeho přesný objem). Pro koncentraci CO₂ existují různé třídy kvality vzduchu. Často se mluví o hodnotě 1000 p.p.m., popř. 1200 ppm CO₂ nebo ještě akceptovatelné hodnotě 1500 ppm. Již v roce 2003 byl zpracován ing. Morávkem matematický model, který bral v úvahu intenzitu větrání, koncentraci CO₂ a jeho produkci obyvateli domu a relativní vlhkost. Není problém řízeně větrat tak, abychom vždy byly pod 1000 ppm CO₂. Je potřeba si uvědomit, že i vzduchotěsnou obálkou objektu do objektu proudí určité množství vzduchu. Také se otevírají vchodové dveře. Na základě měření těsnosti EPD Rychnov ($n_{50}=0,88$) jsme dle ČSN spočítali průměrné množství vzduchu, přiváděné infiltrací (cca 15 m³/hod). Dle průměrného obsazení osobami (4 osoby, každá 12 hodin = 48 pobytových hodin/den), doby využívání soc. zařízení = sepnutí max. výkonu odtahu nebo předpokládané doby vaření jsme nastavili výkony větrní, doběhy po vypnutí atd. Dle měření pak vychází intenzita výměny díky VZT systému na cca 30m³/hod, tedy v poměru k obestavěnému prostoru 0,1 n⁻¹. Může se to zdát málo. Je to ale zdání. Spolu s infiltrací jsme na cca 45 m³/hod – tedy 0,15 n⁻¹. Při průměrném stálém obsazení dvou osob 23 m³/hod/osobu. Jenže, díky cirkulačnímu topnému okruhu byl objekt v době, kdy nikdo doma nebyl, temperován vnitřním vzduchem a řízeně se nevětralo (kromě cyklického provětrání – 1xhod. 5 min). Stačilo to na snížení koncentrace CO₂ a předvětrání objektu (ve spojení s cirkulačním okruhem vytvoření kapacitního článku). V době, kdy byl objekt obsazen byl VZT systém zapínán na max. výkon větrání, při používání koupelen a WC krátkodobě až na 180 m³/hod. Komfortní hodnota. V praxi to znamenalo, že v době vaření klesala standardně koncentrace v obývacím pokoji (volně spojeno s kuchyní) na cca 800 ppm, ve večerních hodinách pak v OP byla hodnota 1200 ppm (nárazově 1700 – citlivost čidla, kdy pod ním v křesle někdo seděl – lokální zatížení, čidlo v centrálním potrubí hlásilo cca 1150 – 1300 ppm). Ze záznamů je jasně poznat přesun obyvatel z OP do ložnic a srovnávání koncentrací v objektu, ranní vstávání atd. Když jsme zkusmo instalovali stejné čidlo v objektu bez VZT, pak jsme nenaměřili nic – max. hodnota 2000 ppm byla moc nízká... Podrobné zpracování záznamů měření probíhá ve spolupráci s ČVUT Praha. Relativní vlhkost v interiéru se dle měření po celé topné období pohybovala v rozmezí 42 – 53 %.

3. Na návštěvě u sousedů v Rakousku, porovnání realizovaných objektů.

Vyzbrojeni zkušenostmi jsme chtěli provést porovnání s jinými domy. V databázích Rakouských domů jsme nacházeli hodnoty 8 – 13 kWh/m²a. I když má EPD Rychnov srovnatelné tepelně-izolační parametry konstrukcí, změřená spotřeba je vyšší (na hranici 15 kWh/m²a). Navštívili jsme proto několik objektů EPD, realizovaných v Rakousku. Na žádném domě jsme neviděli technický koncept, který je často v naší republice prezentován – tedy že stačí použít pouze větrací jednotku (vč. rekuperace) s ohřevem přiváděného vzduchu do místností. Samozřejmě, že větrací VZT systém nechyběl, byl ale doplněný např. o stěnové nebo podlahové vytápění (plošně malé). Na chodbách dvou domů jsme si všimli topných žebříků. Také teplota temperování nás překvapila – většinou byla kolem 19-20°C, o 3 °C nižší, než kolik je požadováno v ČR. Zdroje tepla – ve všech domech jsme se setkali s akumulací zásobníky, standardně se solární podporou. Polovina domů byla vybavena malým tepelným čerpadlem (50 – 70 bm smyčky plošného kolektoru, v provozu 5 měsíců, zbytek roku rozmrzání terénu)... Velikosti některých tech. místností byly velkorysé, dokonce byly realizovány sklepy jen proto, aby se technologie někam vešla. A krby (někde i s teplovodním výměníkem), kdy se přínos do celkové bilance jen skromě odhadoval. Protože výpočty v ČR a Rakousku jsou rozdílné (PHPP nemá česká klimatická data a v Rakousku se nám nepodařilo získat hodnoty odpovídající ČSN), vybrali jsme pro porovnání s EPD Rychnov jeden dům u Vídně (z 60% prosklená jižní fasáda, pultová střecha, dvě patra). Umístili jsme je do Rychnova a do Bratislavy. V následující tabulce je vidět shrnutí, ze kterého je patrný vliv pasivních slunečních zisků (pro porovnání také případ, že by nebyly žádné). Pro info i hodnota tepelné ztráty objektu – v Rakousku neznámý pojem. I zde může být odpověď. Sluníčka na jihu je prostě víc, je tam kratší topná sezóna a vyšší průměrná teplota topného období než v našich severnějších oblastech. Tepelné ztráty prostupem přes bohatě prosklenou plochu EPD Vídeň jsou sice vyvažovány pasivními solárními zisky. Pokud bychom je umístili do Rychnovské kotliny, reálná spotřeba by se pravděpodobně pohybovala kolem 20-22 kWh/m²a. Prosklený „EPD“ v Rakousku může klidně být NED v ČR. Ne všechny teze je vhodné bezvýhradně přejímat a implementovat v našich podmínkách.

Lokalita:	Rychnov u Jbc			Bratislava		
	t _e =-18°C; Ø _{t.s.} =2,36°C; top.sez. 256 dní			t _e =-11°C; Ø _{t.s.} =4,3°C; top.sez. 202 dní		
	Tepelná ztráta (kW)	Spotřeba energie (kWh/m ² a.)		Tepelná ztráta (kW)	Spotřeba energie (kWh/m ² a.)	
		(pasivní solární zisky)			(pasivní solární zisky)	
		(Plně započítány)	(Bez započítání)		(Plně započítány)	(Bez započítání)
EPD Rychnov	2,28	13	30	2,02	9	24
EPD „Vídeň“	3,38	13	51	2,81	4	36

4. Podpora

- (1) ing. Pavel Kopecký, ČVUT Praha, měření a zpracovávání údajů EPD Rychnov
- (2) ing. Štefan Krahulec, ATREA s.r.o., spolupráce ve výpočtech a simulacích

Investor – rušivý element v úsporné výstavbě

Mgr. František Macholda, EkoWATT

Bubenská 6, 170 00 Praha 7

Tel: +420 266 710 247, Fax: 266 710 248, email: frantisek.macholda@ekowatt.cz

Příspěvek se zabývá jednotlivými typy investorů, kteří plánují výstavbu rodinného domu, vzhledem k jejich prioritám, způsobu uvažování a postoji k úsporné výstavbě.

Přístup k výstavbě rodinného domu odráží celkovou životní filozofii konkrétních lidí. Budoucí majitelé domů jsou ovlivněni jednak svou osobní strategií, dále „zdravým rozumem“ a konečně řadou pověr. Výsledkem je souhrn nesprávných východisek, který rozhodně nenapovídá investorovi, co by měl od výsledku vyžadovat a očekávat. Spolu s nízkou technickou erudicí některých architektů a s tržním chováním řady projektantů otevírá tento přístup investorů široké pole pro výstavbu tisíců objektů, které by měly mít do současného století vstup zakázán.

Některé postoje a názory jsou hluboce zakořeněné, jiné se mění se změnou ekonomických podmínek, další je možno ovlivnit zvyšováním obecné informovanosti. Vzhledem ale k tomu, že Češi jsou pravděpodobně nejskeptičtější národem na světě, lze předpokládat, že nastíněný problém je jednou z největších bariér rozvoje úsporné výstavby v naší zemi.

O obyvatelích české kotliny se říká, že jsou snad nejskeptičtější národem na světě. Lpění na tradicích, zažitých předsudcích a odmítání novot je nám opravdu vlastní. Spolu se spoléháním na „zdravý rozum“ tvoří tyto vlastnosti koktejl, který nás obrňuje proti všem novinkám okolního světa. Dá se předpokládat, že kdyby byl kdysi dávno vynálezce kola našinec, byli by ho ostatní buď utloukli, nebo vyhnali, protože „kdyby to byla tak úžasná věc, měli by to všichni už dávno, ne?“ Tento přístup je jedním z důvodů, proč jsme s úrovní naší nové výstavby daleko za okolními zeměmi.

Naší poradnou EKIS ČEA projde každý rok několik set návštěvníků a velká část dotazů se týká stavby nových rodinných domů. V řadě případů přicházejí tazatelé do poradny s předem vymyšleným řešením, o jehož správnosti jsou pevně přesvědčeni. Cílem jejich návštěvy je pak potřeba se ujistit o správnosti toho, k čemu došli na základě informací expertů (rozuměj „starých praktiků“) pomocí selského rozumu (rozuměj „bez znalosti souvislostí“).

Typická debata pak probíhá na téma, jestli je vhodné cihlovou stavbu ze sedmdesátých let vytápět solárním systémem, protože „jsou na to dotace“.

Další skupina si nechá poradit, ale řešení probere později s místní autoritou (zpravidla zedníkem v důchodu) a potom telefonuje: „Ale pan XY, který v tom dělá celý život, říkal, že stěna se zateplením nedýchá! A my se nechceme v baráku udusit! A bráchovi v paneláku zateplili stěny a jim pak zplesnivěly okna!“

Tito klienti obvykle končí u další stavby ve stylu podnikatelského baroka postavené ze čtyřiačtyřicítiky Porothermu spojovaného dvěma centimetry obyčejné malty, protože zedníkům se tak dobře staví.

Zvláštní skupinou jsou kutilové. Bez elementárních znalostí fyziky se pouštějí do střetu s přírodními zákony a nezdary svádějí na nepřízeň osudu. Krásným exemplářem tohoto poddruhu Homo sapiens byl pán, který vymyslel dům, který se bude pohybovat nahoru a dolů pomocí systému pák. Přes den se bude zvedat vzhůru díky měchům nafukovaným sluneční energií pomocí solárního systému a večer bude vlastní vahou klesat zpět. No a přitom se bude roztáčet dynamo, které bude vyrábět elektřinu, ta bude napájet lampičku a u té si bude pán číst noviny. Jak prosté, milý Watsone!

Poslední jmenovaný příklad je jistě extrémní, ale i tak je snadno pozorovatelné, že každý spoluobčan s ukončeným základním vzděláním má pocit, že na stavbě domu není nic složitého. Prostě se objedná stavební firma a bude to. Projekt se někde sežene, hlavně, aby to moc nestálo.

Značná neúcta k duševnímu vlastnictví a intelektuální práci obecně je dalším projevem češství. To, kolik ve stavebninách stojí cihla, si nikdo zpochybnit nedovolí. Práci lidí, kteří vymýšlejí koncepci domu a projekt, se ale zadavatelé snaží co nejvíce zlevnit. Často pak volí typové projekty, které jsou zastaralé a s moderní koncepcí rodinného domu mají pramálo společného. Představu, že by měl zaplatit desítky tisíc za vymyšlení skutečně originálního a úsporného řešení, unese jen málokdo. Tato praxe tlačí projektanty k tomu, že se stávají prodavači krabicových projektů, které pouze dopravují podle požadavků konkrétního klienta. Mimochodem, analogická situace je i v případě některých veřejných staveb, u nichž je architektonické zpracování zadáno místnímu přeborníkovi, protože je nejlevnější. To, že stavba potom stojí pětikrát víc a její provoz zruinuje obecní rozpočet, jaksi již nikdo nevidí.

Příkladem z opačného konce spektra je práce některých architektů, kteří hledají úsporná řešení za pomoci intuice, která jim napovídá, jak vzájemně propojit veškeré známé vymoženosti od podzemních kamenných akumulátorů tepla ze solárního systému až po rekuperaci tepla z kanalizačního potrubí. Nevědomý klient se v jejich rukou stává pokusným králíkem, který zaplatí další střípek do mozaiky jejich zkušeností o tom, že tudy cesta také nevede. Naštěstí se o tom většinou ani nedozví, protože je mu stručně sděleno, že „to tak má být“.

Je načase tuto praxi prolomit a otevřít lidem oči. V civilizovanějších sousedních zemích je společensky nepřijatelné postavit si dům, který je neúsporný. Stalo se to tak normálním, že lidé neprotestují proti místním regulacím nařizujícím nízkoenergetický či dokonce pasivní standard objektů. Lidé, kteří takto uvažují, však chápou, že dosažení úspornosti domu stojí hodně práce na přípravě i pečlivosti při realizaci. Je běžné, že se přípravy projektu kromě architekta účastní také odborník na energetiku budov a že smlouvu se stavební firmou zkontroluje právník.

Součinnost týmu odborníků při návrhu, projektování a výstavbě domu zajistí dva základní požadavky potřebné pro dosažení úspěchu – dobré technické řešení využívající moderní postupy, materiály a principy a současně i kvalitní řemeslnou práci, jejíž výsledky jsou ověřitelné a vymahatelné.

I když je spolupráce týmu odborníků spojena s nezanedbatelnými náklady, v celkovém součtu se vyplatí. Kvalitní návrh, zpracovaný týmem odborníků včetně konzultanta v energetice budov, profesionálně napsaná smlouva se stavební firmou, výběr dodavatelů nikoli pouze podle ceny, nezávislý stavební dozor, kontroly specialisty při provádění klíčových prací a závěrečné předání domu s garancí smluvených cílových parametrů – to vše stojí hodně peněz. Ve výsledku je to ale levnější cesta, než zastaralý projekt, tři změny stavební firmy, nejasné kompetence a záruky, spousta nedodělků a na konci buď rezignace nebo nekončící soudní spory, nehledě na bídnou energetickou úroveň domu spojenou s vysokými provozními náklady a nízkou budoucí tržní cenou. U investice, která je pro většinu lidí životním rozhodnutím, je přece jen třeba trocha opatrnosti, ale většina investorů si zřejmě potřebuje tuto pravdu ověřit na vlastní kůži.

Cesta je jasná. Zbývá jen přesvědčit národ skeptiků, aby se po ní vydal.

Praktické poznámky k problematice územního řízení a možnosti řešení protiprávních regulací obsažených v územním plánu

Mgr. Pavel Říčka, Advokátní kancelář JUDr. Vítězslava Laciny

Polská 4, 120 00 Praha 2

Tel: +420 608 974 701, ricka@juris.cz

Abstract

This article is concerned with legal questions connected with building permission concretely with process of issuing land-use permit for energetic passive houses (EPH) in Czech Republic. Land use planning has deep impact on regulation of process of issuing land-use permit. The basic problem of EPH is that these houses and their architecture style are different of that approved in local plans of majority municipalities and the core of problem is that these approved local plans are regulating land-use ultra vires given by building act of the Czech Republic. The point of this article is to give some basic explanation of this regulation and to give some idea how to defend against these unlawful local plans which are unlawfully discriminating modern and specific architecture of EPH.

1. Úvod

Jako právník, dlouhodobě se zabývající problematikou stavebního práva, zejména problematikou vztahující se k územnímu řízení, a také jako právník, jehož koníčkem je problematika EPD, jsem se rozhodl, že se tímto příspěvkem pokusím pro širokou obec, zejména odbornou ze stavebních oborů, přiblížit právní regulaci územního řízení se zaměřením na problematiku územního plánu. Tento příspěvek bude mít základní část, kde se pokusím vysvětlit problematiku územního plánu a územního řízení a ve druhé části, se pokusím ve formě stručné praktické příručky ukázat možnosti řešení problému. V první části se pokusím vysvětlit, co může být a co nesmí být předmětem regulace v rámci územního plánu, čím je právně upraveno a regulováno územní řízení. V druhé části se pokusím vysvětlit, co je možné dělat v případě, kdy územní plán není vypracován v souladu s příslušnými právními předpisy, jaké jsou možnosti se proti této nezákonnosti bránit tak, aby bylo možné v intencích závazných právních předpisů dosáhnout projekce a výstavby EPD, který je zamýšlen, nikoli EPD deformovaný nezákonnými požadavky územních plánů.

2. Právní úprava územního řízení

Celá problematika územního řízení je komplexně upravena ve stavebním zákoně (zák. č. 50/1976 Sb., dále jen „stavební zákon“), kdy samotné řízení se řídí správním řádem (zák. č. 500/2004 Sb., dále jen „správní řád“). Výklad a aplikace těchto právních předpisů musí být vždy v souladu s Ústavou a Listinou základních práv a svobod, které jsou základním kamenem výstavby celého právního řádu a dávají základní

pravidla pro celou oblast právního řádu. Bez těchto fundamentálních právních předpisů bychom na tom byli stejně, jako kdybychom při projektování domu měli u každé části domu různé tíhové zrychlení působící v různém směru podle toho, jak se ten den úředník na stavebním úřadě vyspí, což by logicky vedlo k nemožnosti dům vyprojektovat, natož postavit.

Základní problém každé abstraktní normy je v aplikující osobě, v našem případě obvykle osobě úředníka místního stavebního úřadu. S ohledem na jejich obvykle neprávnícké vzdělání, je schopnost pochopení a aplikace Ústavy a Listiny základních práv a svobod spíše zbožným snem, než realitou stavebního řízení. Pokud se k větší či menší míře neznalosti a nekompetence úředníků přidá autoritativní „vláda“ obce, která může mít tendenci ztrácet kontakt s realitou a považuje právní předpisy pouze za jakési křoví k rozhodnutím „místní samovlády“, pak je na problém již zaděláno.

2.1. Územní řízení

Problematika územního řízení je komplexně upravena ve stavebním zákoně, zejména §§ 32-42 stavebního zákona.

2.2. Územně plánovací dokumentace

Z hlediska územní regulace územním plánem ve vztahu k územnímu řízení nás zajímá § 37 stavebního zákona, který nám říká, co je podkladem územní řízení. Dle odst. 1 § 37 stavebního zákona je:

- „(1) Podkladem pro vydání územního rozhodnutí je územně plánovací dokumentace. Nebyla-li pro území zpracována územně plánovací dokumentace, opatří stavební úřad jiné podklady v rozsahu nezbytném pro územní rozhodnutí, například územně plánovací podklady, skutečnosti zjištěné vlastním průzkumem a při místním šetření.“

Co je územně plánovací dokumentace nám říká § 8 stavebního zákona:

- Územně plánovací dokumentaci tvoří
 - a) územní plán velkého územního celku,
 - b) územní plán obce,
 - c) regulační plán.

2.3. Územním plán obce

V § 10 stavebního zákona je přesně vymezeno, co je a co může být předmětem územního plánu. Jedná se o zákonné zmocnění obce k normotvorbě v samostatné působnosti, které nemůže a nesmí být překročeno, pokud se tím dostane takováto vytvořená norma do rozporu se zákonem, který k jejímu vydání dal zmocnění.

V souladu s výše uvedeným si můžeme nyní rozebrat, co je tedy možným předmětem regulace v územním plánu obce

Dle § 10 stavebního zákona:

- „(1) Územní plán obce stanoví urbanistickou koncepci, řeší přípustné, nepřípustné, případně podmíněné funkční využití ploch, jejich uspořádání, určuje základní regulaci území a vymezuje hranice zastavitelného území obce. V územním plánu obce se vyznačí hranice současně zastavěného území obce.“

Pro zjednodušení si můžeme toto ustanovení rozebrat po jednotlivých částech a dát jejich výklad, který ne vždy je jasný a mnohdy je nepochopen, či chápán a vykládán v rozporu s jeho zněním. Následující výklad je založen na stanoviscích Ministerstva pro místní rozvoj ČR, který je metodickým orgánem pro oblast stavebního řádu. Dále v souladu s ustálenou judikaturou obecných soudů a Ústavního soudu a v neposlední řadě v souladu s obvyklým výkladem založeným na definicích jednotlivých termínů v příslušných právních předpisech.

- Termín **urbanistická koncepce** není třeba vysvětlovat, jedná se o základní ideu uspořádání území
- **přípustné, nepřípustné, případně podmíněné funkční využití ploch.** Toto zmocnění dává legislativci, v tomto případě obci nástroj, aby určila, čím mohou být pozemky v regulovaném území zastavěny, jak mohou být využity a zejména jak nesmí být využity. V tomto bodě obvykle nebývají problémy, jedná se o klasické stanovení jednotlivých typů ploch, tj. čistě obytné, smíšené, průmyslové, zeleň, občanská vybavenost, dopravní plochy, průmyslové atd. Problém spíše nastává v dalším stupni, a to je vymezení jednotlivých ploch. Zde se objevuje klasický nešvar územních plánů, kterými jsou architektonické regulace (výšky staveb, typ, sklony, materiál a barva střech, minimální výměry parcely pro jednotlivý typ domu – solitérní dům, dvojdom, řadový dům, atd.) jednotlivých území, které nemají žádnou oporu ve stavebním zákoně, jak si ukážeme dále. Je však třeba zdůraznit skutečnost, že územní plán obce neřeší a nesmí řešit stavby či jednotlivé pozemky, ale reguluje území, funkční využití ploch, nikoliv stavby a jednotlivé pozemky jako takové.
- **jejich uspořádání, určuje základní regulaci území** - opět se jedná o regulaci územní, nikoliv samotných staveb či pozemků, jak bývá mnohdy oblíbeným nešvarem územních plánů obce.
- **vymezuje hranice zastavitelného území obce** - opět se jedná o regulaci plošnou, tj. regulaci hranic zastavitelného území obce.

2.4. Schvalování a závaznost územního plánu

Co je podstatné ohledně územního plánu obce je způsob, jakým se kreslená mapa s popisky stane obecně závaznou právní normou, kterou obec vydává k plnění jednoho ze základních poslání obce a to je samotný rozvoj obce a jejího území.

Na otázky nám dává odpověď § 29 stavebního zákona:

- (1) Územně plánovací dokumentace obsahuje závazné a směrné části řešení. Závazné jsou základní zásady uspořádání území a limity jeho využití, vyjádřené v regulativech; ostatní části řešení jsou směrné.

- (2) Schvalující orgán vymezí závaznou část územně plánovací dokumentace včetně veřejně prospěšných staveb, pro které lze pozemky, stavby a práva k nim vyvlastnit [§ 108 odst. 2 písm. a) a odst. 3].
- (3) Závaznou část územně plánovací dokumentace a její změny, které schvaluje kraj nebo obec v samostatné působnosti, vyhláší jejich orgány obecně závaznou vyhláškou. Závazná část územně plánovací dokumentace je závazným podkladem pro zpracování a schvalování navazující územně plánovací dokumentace a pro rozhodování v území.

Z těchto ustanovení je možné vyvodit dva závěry. Podkladem pro samotné rozhodování v území, tj. pro územní řízení není celá územně plánovací dokumentace, jak by mohlo vyplývat z dříve uvedeného, ale zavazující je pouze závazná část územně plánovací dokumentace, která je vymezená, schválená a zejména vyhlášená obecně závaznou vyhláškou!

Územní plán sám o sobě je totiž právním předpisem, dokonce jediným kresleným právním předpisem a k tomu, aby jakýkoliv plán či něco jiného bylo závazné v obecné rovině, tj. aby se z kresleného plánu s popisem stala obecně závazná právní norma, ústavní pořádek vyžaduje její přijetí v dané formě. V našem případě je danou formou právě vyhlášení a to navíc pouze závazné části ve formě obecně závazné vyhlášky, jak je uvedeno v § 29 stavebního zákona.

Dle mého názoru je nesprávný přístup, který dovozuje, že k platnosti územního plánu je potřeba pouze fáze vypracování a schválení a přijetí obcí, nikoliv její vyhlášení. Tento přístup, tj. odmítnutí vyvození závaznosti územního plánu na základě řádného vyhlášení obecní vyhláškou, by vedlo k zákonodárcem nepředvídanému a zejména nechtěnému stavu, kdy by zde byl obecně závazný právní akt (územní vyhláška), se kterým právní řád však nepočítá a proti kterému z toho důvodu není ani obrany. Takovýto právní akt by na druhou stranu neměl žádnou obecnou závaznost z důvodu neexistence podkladu závaznosti, tj. jeho vyhlášení v právním řádem předpokládané formě. Základní obecnou zásadou závaznosti jakékoliv právní normy či regulace je její zveřejnění, tj. publikace, aby byla přístupná veřejnosti a to nikoliv jakákoliv publikace, ale publikace v určité dané formě. Zde zákon požaduje formu obecně závazné vyhlášky.

Výše prezentovaný závěr má pro celou problematiku zásadní význam, jak si řekneme dále. Argumentačně a výkladově tento závěr vyplývá i z toho, že v § 29 odst. 3 stavebního zákona je nejdříve stanovena povinnost závaznou část územního plánu vyhlásit ve formě vyhlášky a v následující větě se konstatuje, že závazná část (rozuměj v návaznosti na předchozí větu, tj. závazná část vyhlášená obecní vyhláškou) je podkladem pro řízení v území, tj. pro územní řízení dle § 32 a následujících stavebního zákona.

2.5. Vztah územního plánu obce a vyhlášky, kterou se vyhláší závazná část územního plánu obce

Zákon výslovně neupravuje povahu vyhlášky, kterou se vyhláší závazná část územního plánu obce. Z hlediska stavebního řízení, přesněji územního řízení je jediným relevantním podkladem územně plánovací dokumentace (viz. § 37 stavebního zákona). Toto je však jak už jsme si řekli dříve modifikováno a rozvedeno v § 29 stavebního zákona, který požaduje kromě schválení obcí i řádné vyhlášení závazné části, z čehož se dá usuzovat, že zákonodárce zamýšlel a požadoval, aby podkladem územního řízení nebyla jakákoliv územní plánovací dokumentace, ale v případě územního plánu jeho přesně vymezená část, tj. závazná část vyhlášená ve formě obecně závazné vyhlášky obce. Jak řešit situaci, že vyhláška je v rozporu se závaznou částí schváleného územního plánu obce, není v zákoně ani předvídáno, ani řešeno. Pro tento případ by se měl preferovat obsah vyhlášky, kterou se vyhláší závazná část územního plánu a to v tom rozsahu, který odpovídá schválené a přijaté závazné části územního plánu.

2.6. Pořizování a schvalování územního plánu

V případě a) územního plánu obce, b) regulačního plánu je pořizovatelem a schvalovatelem samotná obec.

Návrh územně plánovací dokumentace obce posuzuje před schválením nadřízený orgán územního plánování, tj. příslušný krajský úřad s ohledem na uplatnění zájmů přesahujících území kraje nebo obce, koordinaci využívání navazujících území a z hlediska souladu obsahu návrhu a postupu při jeho projednání se stavebním zákonem a s ostatními právními předpisy včetně prověření souladu a) územního plánu obce s územním plánem velkého územního celku, b) regulačního plánu s územním plánem obce a s územním plánem velkého územního celku.

Výsledek posouzení sdělí krajský úřad pořizovateli, tj. obci do 30 dnů. V případě, že shledá nedostatky z hledisek uvedených v předchozích větách, lze územně plánovací dokumentaci schválit teprve na základě potvrzení nadřízeného orgánu územního plánování, že zjištěné nedostatky pořizovatel odstranil. V tomto ohledu je zde dán určitý preventivní nástroj, jak vyřešit protizákonné územní plány obcí. Při projednávání změn či úprav je možné upozornit příslušný krajský úřad buď obecně, že je velké množství obcí, které má územní plán v rozporu se stavebním zákonem, zejména § 10, tj. obsahuje regulaci staveb, nikoliv regulaci územní, což je ve zjevném rozporu se stavebním zákonem a takovýto územní plán musí krajský úřad připomínkovat, což bohužel doposud není pravidlem.

Problém se změnami územního plánu může být i v tom, že pokud krajský úřad nesdělí své stanovisko pořizovateli ve lhůtě 30 dní, platí, že s posuzovanou dokumentací souhlasí.

Před schválením změn územně plánovací dokumentace si pořizovatel vždy vyžádá stanovisko nadřízeného orgánu územního plánování, v případě obce jsou to Krajské úřady příslušného kraje.

Nejlepší chvílí, kdy je možné se bránit proti přijetí či schválení protiprávního územního plánu je schvalování návrhu územního plánu příslušným krajským úřadem.

2.7. Závěr

Pro další řešení problematiky je možno shrnout do následujících bodů informace, které byly poskytnuty výše tj.:

- Podkladem pro vydání územního rozhodnutí je územně plánovací dokumentace (§37 stavebního zákona), přijatá a závazná v souladu s § 29 stavebního zákona
- Dle systematického výkladu stavebního zákona je podkladem pro územní řízení nikoliv každý územní plán, ale územní plán (či spíše jeho závazná část), který byl řádně pořízen, schválen a zejména vyhlášen ve formě obecně závazné vyhlášky
- Podkladem pro územní řízení je závazná část územního plánu, který byl vyhlášen obecně závaznou vyhláškou.
- Předmětem regulace územním plánem obce je jenom a pouze regulace území a uspořádání ploch na území, jeho základní koncepce, tj. regulace plošná – plochy celého území, jakákoliv regulace staveb či jednotlivých parcel (např. stanovení minimálních výměr parcel, atd.) je nepřípustná a je v rozporu se stavebním zákonem s výjimkou situace, kdy je regulace staveb prováděna na základě jiných zákonů (ochrana přírody a krajiny, památková péče, atd.).
- Návrh územního plánu před jeho schválením musí posoudit a k jeho platnosti je třeba souhlasu nadřízeného orgánu, tj. krajského úřadu, případně jeho 30 denní nečinnost, čímž je předpokládán souhlas

3. Možnosti řešení protiprávních regulací v územních plánech

Z hlediska EPD a jejich výstavby se mnohdy právě územní plán stává svými protiprávními architektonickými regulacemi staveb či jednotlivých pozemků, zásadní překážkou pro jejich projektování a výstavbu. Důvod je jednoduchý, tyto domy svým řešením mnohdy nesplňují konzervativní představu o domečku se sedlovou střechou a červenou krytinou s dispozicí přízemí a obytné podkrovní. Tato představa o dokonalém stavení v obci je mnohdy zcela flagrantně propašována do územních plánů a kdyby tomu nebránily právní předpisy, obce by častokrát nejraději samy a s konečným verdiktem schvalovaly, co je možné postavit a co ne.

Základní filosofií stavebního řízení a územní regulace, je zachování určitého rázu a funkčnosti územní, nikoliv však návrat do jeskyní či do stavebního stylu dob dávno minulých. K tomuto chápání je však třeba úředníky, ale i samotné funkcionáře obce a zastupitele vychovat a přesvědčit.

3.1. *Způsoby řešení*

Řešení stávajících problémů s územními plány zejména obcí v rámci územního řízení má dvě roviny. První rovina je preventivní a obnáší vzdělávání a přesvědčování všech příslušných zainteresovaných lidí, kteří se na této oblasti podílí, aby byl důsledně dodržován zákon a bylo regulováno jen to, co zákon připouští a regulace měly smysl, tj. přinesly ochranu a rozvoj území obce, nikoliv zakonzervování stávajícího stavu bez jakékoliv modernizace a rozvoje území.

Druhá rovina spočívá ve využívání prostředků daných příslušnými předpisy a v důsledném prosazování práv a napadání protiprávních regulací, což by ve svém důsledku mělo mít vliv na celkovou pozitivní kultivaci právního prostředí a povědomí zainteresovaných úředníků a činovníků obce.

3.2. *Právní možnosti řešení nezákonné regulace územním plánem*

Na závěr příspěvku se pokusím dát základní heslovitý nástin možností řešení a obrany před protiprávním zásahem ve formě omezení územním plánem, které překračují zákonné zmocnění pro rozsah regulace územním plánem:

- Je třeba výslovně vyžadovat od příslušného krajského úřadu, aby dodržoval stavební zákon a při pořizování či změnách územních plánů obcí důsledně požadoval uvedení předkládaných plánů do souladu se stavebním zákonem, zejména vyloučení jakýchkoliv regulací staveb či jednotlivých pozemků na úrovni územních plánů
- V rámci územního řízení důsledně vyžadovat, aby příslušní úředníci stavebních úřadů postupovali v souladu se správním řádem, který je pro ně v rámci řízení závazný a v § 2 říká, že správní orgán při vedení správního řízení „postupuje v souladu se zákony a ostatními právními předpisy“. Takováto úprava výslovně stanovuje povinnost vést řízení v souladu s právními předpisy a dalšími normami. Úředník je povinen posuzovat soulad podzákonných právních předpisů se zákony, které k jejich vydání zmocnily. Za situace kdy podzákonný právní předpis, tj. závazná část územního plánu ve formě vyhlášky obce, kterou se vyhláší závazná část územního plánu, je v rozporu se stavebním zákonem, je úředník povinen posoudit jejich soulad, a tu část územního plánu, která je v rozporu se stavebním zákonem, neaplikovat v konkrétním řízení, tak jak mu to ukládá správní řád a zejména vydat územní rozhodnutí v souladu s těmi částmi územního plánu, které jsou v souladu se zákonem, tj. v souladu se zmocněním daným stavebním zákonem.
- Pokud tyto zásady neuplatní úředník v I. instanci, je třeba se těchto práv a postupů domáhat u odvolacího orgánu, kterým je příslušný krajský úřad. U úředníku krajského úřadu je možné očekávat vyšší míru právní fundovanosti, i když tento předpoklad není naplňován beze zbytku.
- K důsledné aplikaci zákona a vyloučení současných excesů v rámci pořizování plánovací dokumenta a v rámci územních řízení využít právních služeb specialistů, zabývajících se touto specifickou problematikou, případně využít podobných právních analýz, jako je např. tento příspěvek.

- Pokud by v rámci územního řízení nedošlo ke sjednání nápravy, je třeba se důsledně domáhat správní žalobou u příslušného soudu, aby zrušil nezákonná rozhodnutí a věc vrátil správnímu orgánu s instrukcemi, jak mají postupovat. Soudce je totiž při svém rozhodování dle čl. 95 Ústavy ČR „...vázán zákonem a mezinárodní smlouvou, která je součástí právního řádu; je oprávněn posoudit soulad jiného právního předpisu se zákonem nebo s takovou mezinárodní smlouvou.“ Soud je tedy oprávněn, ale i povinen v rámci žaloby posoudit, zda je příslušná vyhláška, kterou se vyhlašuje závazná část územního plánu v souladu se stavebním zákonem či ne a pokud dojde k závěru, že není, pak je povinen tento nesouladný právní předpis neaplikovat. Důsledkem takového postupu pak bude zrušení rozhodnutí správních rozhodnutí správních orgánů v rámci územního řízení a vrácení věci k novému rozhodnutí s instrukcí, která je pro tyto orgány závazná.
- Pokud by žádný z výše uvedených postupů nebyl úspěšný, zbývá po vyčerpání všech prostředků uvedených výše kasační stížnost k Nejvyššímu správnímu soudu v Brně a případná ústavní stížnost k ústavnímu soudu. Jakmile bude jednou smysluplně judikována tato problematika, celý proces odstranění nezákonných regulací se urychlí a dojde k průlomů v tom smyslu, že úředníci či soudy budou rozhodovat bez ohledu na nezákonná ustanovení vyhlášené závazné části územního plánu. V případě nepříznivého rozhodnutí pak bude postaveno na jistotu, že se s místní „samovládou“ není možné tímto způsobem vypořádat a bude třeba hledat vhodné prostředky k dosažení cíle.

4. Shrnutí

Účelem příspěvku bylo vyjasnit některá ustanovení stavebního zákona, která se týkají územního plánování a územního řízení a která bývají obvykle aplikována v rozporu se zákonem. Výše uvedená naznačená řešení nejsou jediným správným postupem. Konkrétní řešení individuálního problému je potřeba vždy konzultovat a řešit s ohledem na specifičnost konkrétních okolností.

Vedle výše naznačených řešení se běžně aplikují i jiné způsoby vypořádání se s protiprávními regulacemi v rámci územních plánů. Tyto způsoby mohou být ve svém důsledku sice taktéž účinné, ale nejedná se žádným způsobem o systémové řešení problému, nehledě na náklady a možná rizika tohoto postupu. Těmito řešeními jsou obvykle schválení stavby a následná změna stavby a její výstavba s tím, že už se to nějak prosadí. V krajním případě se zaplatí pokuta, či se dokonce staví bez stavebního povolení s dodatečným povolením stavby. Jak již jsem uvedl výše, tato řešení jsou řešením z nouze a chybí jim prvek systémovosti a hlavně nám do budoucna nepřináší žádné pozitivnější vyhlídky.

Doufám, že tento krátký příspěvek povede k lepšímu pochopení a výkladu celé problematiky a zejména přispěje k dalšímu dialogu a hlavně řešení současného zakonzervovaného stavu, který je častokrát v příkrém rozporu s trendy a vývojem oboru projekce a výstavby EPD.

Das Haus der Zukunft wird Gegenwart – Ergebnisse des österreichischen Forschungs- und Technologieprogramms "Haus der Zukunft"

Robert Freund, ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
Alice Sedmidubsky, ÖGUT – Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik
Hollandstraße 10/46, A-1020 Wien
Tel: +43 1 / 315 63 93 – 18 / 28
Email: robert-freund@oegut.at / alice-sedmidubsky@oegut.at

1. Hintergrund

Aufbauend auf den Erfolgen des Themas „Solare Niedrigenergiehäuser“ im Rahmen des Schwerpunktprogramms Energietechnik des Innovations- und Technologiefonds (ITF), dem EU-Projekt CEPHEUS und den Erfahrungen der Ressortforschung im BMVIT wurde die Programmlinie „Haus der Zukunft“ entwickelt. Die Programmlinie war damit die erste von bisher drei Linien des Programms „Nachhaltig Wirtschaften“ des BMVIT und wurde 1999 mit einer ersten Ausschreibung gestartet.

Ziel der Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist die Erforschung und Entwicklung von marktfähigen Komponenten, Bauteilen und Baukonzepten für Wohn-, Büro- und Nutzbauten, die den Leitprinzipien für nachhaltige Technologien wie beispielsweise Nutzenorientierung, Effizienzprinzip oder Risikoversorge in hohem Maße entsprechen.

Hierbei sollen, aufbauend auf den Ergebnissen der sozialwissenschaftlichen und technischen Grundlagenforschung richtungsweisende Baukonzepte entwickelt werden, welche in Zusammenarbeit mit der Bauwirtschaft umgesetzt werden. Soweit es erforderlich ist, wurden auch einzelne Komponenten und Bauteile entwickelt. Das Programm zeichnet sich durch einen umfassenden Zugang zur Innovation aus und zielt ab auf eine faktorielle Verbesserung im Bereich des Bauens und Sanierens. Die gemeinsame Betrachtung von sozialen, ökonomischen, technologischen und institutionellen Innovationen eröffnet große Chancen für essentielle Technologiesprünge mit hohem Umsetzungspotenzial.

2. Eine erste Bilanz

Seit dem Programmstart im Jahr 1999 wurden fünf Ausschreibungen mit spezifischen inhaltlichen Schwerpunkten durchgeführt. Von mehr als 580 Einreichungen wurden 175 Projekte mit Budgetmitteln in Höhe von ca. 22 Mio. € gefördert bzw. finanziert. Rund 120 Projekte sind mittlerweile abgeschlossen (Stand: Ende Juli 2006).

Der mit der ersten Ausschreibung gestartete Themenschwerpunkt Neubau ist weitgehend abgeschlossen. Entsprechend der ursprünglichen Konzeption wurde eine Vielzahl von Demonstrationsvorhaben umgesetzt, die zu einer Reihe von Nachfolgeprojekten geführt haben. Als die Programmlinie im Jahr 1999 gestartet wurde, gab es in Österreich rund 40 Passivhäuser. Anfang 2006 waren es bereits knapp 1.000. Mit

einer Nutzfläche von knapp einer halben Million Quadratmetern sparen diese 1.000 Passivhäuser jährlich rund 3,5 Millionen Liter Heizöl Äquivalent gegenüber konventionellen Gebäuden ein. Die Passivhausdichte pro Kopf in Österreich ist mit Abstand die höchste weltweit. Ebenso wurden wesentliche Impulse für weitere Technologiebereiche gesetzt, wie die thermische Solarenergienutzung oder den Stroh- und Lehmbau.

Im Bereich des Neubaus liegt der Schwerpunkt nun auf dem Know-how-Transfer der Forschungsinhalte in die Baupraxis und zu den relevanten StakeholderInnen. Darüber hinaus werden die bisher realisierten Demonstrationsbauten evaluiert und die Ergebnisse aufbereitet.

Mit der dritten Ausschreibung wurde der Themenschwerpunkt „Althausanierung“ gestartet. Neben sozialwissenschaftlichen Grundlagen – wie etwa zur Einbeziehung von Bewohnerinnen und Bewohnern in den Sanierungsprozess – stehen Projekte zur Entwicklung von Komponenten und Technologien sowie Demonstrationssanierungen im Mittelpunkt. Ziel ist es hier, möglichst breit multiplizierbare Konzepte zu entwickeln und deren Machbarkeit anhand von Demonstrationsprojekten vorzuzeigen.

3. Sanierung des Gebäudebestandes – Beitrag zum Kyoto-Ziel

Sollen der Energieeinsatz für die Raumwärmebereitstellung im Gebäudebestand und die damit verbundenen Emissionen verringert werden, dann muss die Sanierungsrate gesteigert und der energetische Standard verbessert werden.

Die Sanierung eines durchschnittlichen Gebäudes auf Passivhausstandard stellt eine faktorielle Verbesserung dar. Niedriger Energieverbrauch und hoher Nutzerkomfort sind beim Passivhaus keine Gegensätze. Mit der Passivhaussanierung sind spezifische Herausforderungen verbunden, für die im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft geeignete Lösungen entwickelt wurden. Demonstrationsgebäude machen diese Lösungen sichtbar.

4. Vom dunklen Bungalow zum behaglichen und hellen Eigenheim

Das Haus der Familie Schwarz in Pettenbach/OÖ ist die erste Sanierung eines Altbaus zum Passivhausstandard in Österreich. Infolge größerer Fensterflächen gibt es mehr Tageslicht. Im nicht unterkellerten Teil des Gebäudes wurde der Boden abgesenkt und so ein passivhaustauglicher Bodenaufbau möglich. In den übrigen Bereichen kam Vakuumdämmung zum Einsatz. Gemäß den Ergebnissen einer Laserscanning vorgefertigte Fassadenelemente wurden innerhalb kürzester Zeit montiert und bilden nun die Hülle mit einem U-Wert von 0,11 W/m²K. Zum Ausgleich allfälliger Unebenheiten wurde in die Zwischenräume Zellulosedämmung eingeblasen. Im Hinblick auf die Sicherstellung der Wärmebrückenfreiheit erforderten die Fensterleibungen besondere Aufmerksamkeit: Die am vorgehängten Leichtwandelement montierten Fensterstöcke wurden mittels geeigneter Dichtbänder dauerhaft luftdicht an der Putzebene angeschlossen.

5. Mit vorgefertigten Fassadenelementen in kurzer Zeit zum Passivhaus

Bei der Wohnanlage der Gemeinnützigen Industrie-Wohnungsaktiengesellschaft in der Linzer Markartstraße wird nach der Sanierung ein Heizenergiebedarf von 15 kWh/m²a erreicht. Zum Einsatz kommen eine vorgefertigte Solarfassade mit Passivhausfenstern samt integriertem Sonnenschutz sowie eine verstärkte Dach- und Kellergeschoßdeckendämmung. Die Balkone werden vergrößert und die Dacheindeckung erneuert. Für die mechanische Be- und Entlüftung sorgen Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung.

Auch die Hauptschule II und die Polytechnische Schule in Schwanenstadt werden nach der Sanierung Passivhausstandard aufweisen – gegenüber dem bisherigen Heizenergieverbrauch bedeutet das eine Reduzierung um rund 90 %. Erreicht wird das auch in diesem Fall durch vorgehängte vorgefertigte Fassadenelemente. Weitere Demonstrationsgebäude sind derzeit in Vorbereitung bzw. bereits in Umsetzung.

Kurzbeschreibungen zu allen Haus-der-Zukunft-Projekten, die Forschungsergebnisse der abgeschlossenen Projekte sowie eine Fülle an weiteren Informationen zur Programmlinie sind auf der Website www.HAUSderZukunft.at zu finden. Die Programmlinie "Haus der Zukunft" ist eine Kooperation des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft.

Dům budoucnosti se stává přítomností – výsledky rakouského výzkumného a technologického programu "Dům budoucnosti"

překlad

1. Pozadí

S ohledem na úspěch tématu „solární nízkoenergetické domy“ v rámci hlavního programu energetické techniky Inovačního a technologického fondu (ITF), projektu EU CEPHEUS a na základě zkušeností z výzkumu institutu BMVIT byla vytvořena programová linie „Dům budoucnosti“. Tato programová linie byla první z dosavadních tří linií programu „Trvale udržitelné hospodaření“ institutu BMVIT a v roce 1999 byla zahájena prvním výběrovým řízením.

Cílem programové linie „Dům budoucnosti“ je výzkum a vývoj konkurenceschopných komponentů, dílů a stavebních koncepcí u bytových, kancelářských a užitných staveb, které budou v maximální míře vyhovovat hlavním principům v oblasti trvale udržitelných technologií, jako jsou například zaměření na užitek, princip efektivity nebo prevence rizika.

Zde je třeba, na základě výsledků sociálně-vědeckého a technického základního výzkumu, vyvíjet směřovatelné stavební koncepce, které budou realizovány ve spolupráci s oblastí stavebnictví. Pro případ nutnosti byly rovněž vyvinuty jednotlivé komponenty a prvky. Program se vyznačuje rozsáhlým přístupem k inovaci a směřuje k zlepšování v oblasti staveb a sanací. Společné pojetí sociálních, ekonomických, technologických a institucionálních inovací vytváří velké šance pro zásadní technologický pokrok s vysokým potenciálem realizace v praxi.

2. První bilance

Od zahájení programu v roce 1999 bylo provedeno pět výběrových řízení se specifickým obsahovým zaměřením. Z více než 580 obdržených nabídek bylo 175 projektů podporováno, popř. financováno rozpočtovými prostředky ve výši zhruba 22 mil. €. Přibližně 120 projektů je v současné době ukončeno (stav: konec července 2006).

Tematické zaměření na novostavby, které bylo zahájeno spolu s prvním výběrovým řízením, je ve velké míře ukončeno. V souladu s původní koncepcí byla v praxi realizována celá řada demonstračních záměrů, které vedly k velkému množství následných projektů. Když byla programová linie v roce 1999 spuštěna, existovalo v Rakousku zhruba 40 pasivních domů. Začátkem roku 2006 se jednalo již o zhruba 1.000 staveb. S užitnou plochou o velikosti zhruba půl milionu čtverečních metrů uspoří těchto 1.000 pasivních domů ročně zhruba 3,5 mil. litrů topného oleje ve srovnání s konvenčními budovami. Hustota pasivních domů na hlavu je v Rakousku s předstihem nejvyšší na celém světě. Rovněž byly dány důležité impulsy pro další

technologické oblasti, jako např. využívání solární energie nebo stavby za použití slámy nebo jílů.

V oblasti novostaveb je nyní kladen důraz na transfer odpovídajícího know-how do stavební praxe a k relevantním účastníkům. Kromě toho budou vyhodnoceny dosud realizované demonstrační stavby včetně analýzy výsledků.

Třetím výběrovým řízením bylo zahájeno tematické zaměření "sanace starých staveb". Vedle sociálně-vědeckých témat – jako je zahrnutí obyvatel do procesu sanace – jsou v centru pozornosti projekty týkající se rozvoje komponentů a technologií a dále různé demonstrační sanace. Cílem je vyvíjet co nejširší multiplikovatelné koncepty a prokazovat jejich realizovatelnost na základě různých demonstračních projektů.

3. Sanace starých staveb – příspěvek k cílům Kjótského protokolu

Chceme-li snížit energetickou náročnost při výrobě tepla k vytápění u starých staveb a s tím související emise, pak je třeba zvyšovat míru sanací a zlepšit energetický standard.

Sanace průměrné budovy ve standardu pasivního domu představuje funkční zlepšení. Nízká spotřeba energie a vysoký užitný komfort nejsou v případě pasivního domu vůbec v rozporu. Se sanací ve standardu pasivního domu jsou spojeny specifické požadavky, pro které byly v rámci programové linie "Dům budoucnosti" vyvinuta vhodná řešení. A na příslušných demonstračních budovách jsou tato řešení vidět.

4. Z tmavého bungalovu příjemný a světlý domov

Dům rodiny Schwarzovy v Pettenbachu / Horní Rakousko je první sanací staré stavby ve standardu pasivního domu v Rakousku. S ohledem na větší okenní plochy je k dispozici více denního světla. V nepodsklepené části budovy byla snížena podlaha, což umožnilo vytvořit podlahovou nástavbu ve stylu pasivního domu. V ostatních oblastech byla použita vakuová izolace. Odpovídající fasádní prvky, prefabrikované podle výsledků laserového scanningu, byly namontovány ve velice krátké době a nyní tvoří plášť s hodnotou U ve výši $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pro vyrovnání případných nerovností byla do meziprostoru vstříknuta celulózová izolace. S ohledem na zajištění nepřítomnosti tepelných mostů byla zvláštní pozornost věnována ostění: okenní prvky namontované na předsunuté lehké stěně byly trvale vzduchotěsně utěsněny za použití vhodných těsnicích pásů a připojeny k úrovni omítky.

5. Díky prefabrikovaným fasádním prvkům pasivní dům v co nejkratší době

U obytného komplexu sdružení Gemeinnützige Industrie-Wohnungsaktiengesellschaft na Linzer Markartstraße bude po sanaci dosaženo potřeby tepla k vytápění ve výši $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Použijí se prefabrikovaná solární fasáda s pasivními okny včetně integrované protisluneční ochrany a dále zesílená stropní izolace stře-

chy a suterénu. Balkóny budou zvětšeny a vymění se střešní krytina. Mechanické větrání a odvětrávání bude zajišťováno větracími jednotkami s rekuperací tepla, které budou umístěny v jednotlivých místnostech.

Rovněž budovy základní školy II. stupně a Vysokého učení technického ve Schwanenstadtu budou po sanaci vykazovat standard pasivního domu – oproti dosavadní spotřebě energie k vytápění to znamená snížení zhruba o 90 %. Tohoto cíle bude i v tomto případě dosaženo předsunutými prefabrikovanými fasádními prvky. Další demonstrační budovy jsou v současné době ve fázi přípravy, popř. již ve fázi realizace.

Stručné popisy veškerých projektů Domu budoucnosti, výsledky výzkumů u ukončených projektů a dále celou řadu dalších informací týkajících se programové linie naleznete na webové stránce www.HAUSderZukunft.at. Programová linie "Dům budoucnosti" probíhá v rámci spolupráce Spolkového ministerstva dopravy, inovací a technologií s Rakouskou společností pro podporu výzkumu.

Förderung von Passivhäusern und von Sanierungen mit Passivhauselementen im Freistaat Sachsen

Dr. Bernd Wolters, Sächsisches Energieeffizienz-Zentrum, Landesamt für Umwelt und Geologie

Postfach 80 01 32, 01101 Dresden

Tel.: 0049 - 351 – 8928 168 (Mi-Fr), Fax: 0049 - 351 - 8928 159

email: bernd.wolters@lfug.smul.sachsen.de

1. Förderprogramm des Freistaates Sachsen

Der Freistaat Sachsen hat im Rahmen seines Immissions- und Klimaschutzprogrammes als Modellvorhaben den „Innovations- und Praxisverbund für Passivhäuser in Sachsen“ gegründet (1). Seit 2002 werden der Neubau von Passivhäusern und seit 2005 die Sanierung von alten Gebäuden mit Passivhauselementen gefördert. Das Förderprogramm betrifft nicht nur Wohngebäude sondern auch andere Gebäude wie Schulen, Kindertagesstätten und Altenpflegeheime.

Die bisher geförderten Projekte zeigen sachsenweit die Vielfalt der Umsetzungsmöglichkeiten des Passivhausstandards auf: Kleine und große Wohngebäude bis hin zu Nichtwohngebäuden wie Kindertagesstätten, Schulen und Verwaltungsgebäude sowie der Einsatz verschiedenster Baustoffe und Baukonstruktionen.

Etwa 95 % des Raumwärmebedarfes in Deutschland werden jedoch im Altbau benötigt. Deshalb fördert Sachsen seit 2005 die „Sanierung mit Passivhauselementen“ bzw. die „Sanierung mit Faktor 10“ (d.h. Reduzierung des Heizwärmebedarfes eines Altbaus um 90 %).

Während sich die Fördersätze bei Neubauvorhaben an den mittleren Mehrkosten entsprechend dem EU-Projekt CEPHEUS orientieren, wurde bei Sanierungsvorhaben auf die Erfahrungen der ersten Projekte in Deutschland zurückgegriffen. Die Kosten einer Sanierung in Deutschland betragen etwa 500 bis 1.300 Euro pro qm Wohnfläche - je nachdem, ob nur eine energetische Sanierung durchgeführt wird oder ob auch Sanitäranlagen erneuert und Wände versetzt werden.

Erfahrene Passivhausarchitekten können Faktor-10 Sanierungen von Mehrfamilienhäusern inkl. solarthermischer Anlage für etwa 100 Euro pro qm Wohnfläche durchführen. Für Planer und Architekten mit nur geringer Erfahrung gelten förderfähige Mehrkosten von 150 Euro/qm bei Mehrfamilienhäusern und 180 Euro bei Einfamilienhäusern. Private und Gewerbe erhalten einen Zuschuss in Höhe von bis zu 50 %, Kommunen und gemeinnützige Einrichtungen 75 %. Der höhere Aufwand an Planungsleistung ist mit 20 Euro/qm förderfähig. Zur Qualitätssicherung

werden u.a. bis zu vier Beratungen mit einem passivhauserfahrenen Architekten gefördert.

Im Folgenden werden drei Projekte vorgestellt, die zur Zeit saniert werden.

Gemeinnützige Wohnungsgenossenschaft Freital



Abb. 1: vor Sanierung: 12 Wohnungen und ca. 609 qm

nach Sanierung: 13 Wohnungen und ca. 818 qm, 24 cm WDV, 30 cm Dach, 12 cm Keller

Waldschule Grimma



Abb. 2 Sanierungsbeginn Anfang August

Kindertagesstätte Chemnitz



Abb. 3 behindertengerechter Fluchtweg (Bild rechts)

2. Literatur

- (1) WOLTERS, B. *Pasivní domy – inovace a spjení s praxí – Sasko*. Sborník z konference Pasivní domy 2005, S. 249

Podpora pasivních domů a přestaveb s realizací prvků pasivního domu ve Svobodném státu Sasko

překlad

1. Program podpory Svobodného státu Sasko

Svobodný stát Sasko založilo v rámci svého programu ochrany před imisemi a ochrany klimatu modelový záměr „Spojení inovace a praxe pro pasivní domy v Sasku“ (1). Od roku 2002 stát subvencuje novostavby pasivních domů a od roku 2005 také renovace starých budov. Program podpory se týká nejen bytových domů, nýbrž i ostatních budov, jako jsou školy, jesle, školky a domovy důchodců.

Projekty, které doposud tuto podporu získaly, demonstrují různorodost možností realizace standardu pasivního domu: od malých a velkých bytových domů až po nebytové prostory, jako jsou školky, školy, správní budovy. Na nich lze také dokumentovat různorodost materiálů a stavebních konstrukcí.

Zhruba 95 % potřeby vytápění prostor v Německu se však týká staré zástavby. Proto Sasko od roku 2005 podporuje „Renovace s realizací pasivních prvků“, případně „Renovace s faktorem 10“ (to znamená redukci potřeby tepla pro vytápění ve staré zástavbě o 90 %).

Zatímco se sazby subvencí u novostaveb řídí podle středních vícenákladů projektu EU CEPHEUS, byly u renovací vzaty v úvahu zkušenosti získané na prvních projektech v Německu. Náklady na renovaci v Německu dosahují cca. 500 až 1.300 eur na metr čtvereční obytné plochy v závislosti na tom, zda se provádí pouze energetická sanace nebo zda se obnovují sanitární zařízení a posunují stěny.

Architekti se zkušenostmi z realizací pasivních domů dokáží provést sanace rodinných domů pro více rodin s faktorem 10 včetně solárně technického zařízení za zhruba 100 eur na metr čtvereční obytné plochy. Pro projektanty a architekty, kteří disponují jen malými zkušenostmi, dosahují subvencovatelné vícenáklady 150 eur na metr čtvereční obytné plochy u domů pro více rodin a 180 eur u domů pro jednu rodinu. Soukromá a podnikatelská sféra mají nárok na příspěvek ve výši až 50 %, obce a obecně prospěšná zařízení pak 75 %. Vyšší náklady na vypracování projektu jsou subvencovány 20 eury za metr čtvereční. Pro zajištění kvality se mimo jiné požadují až čtyři konzultace s architektem zkušeným v oboru pasivních domů.

Následně budou představeny tři projekty, u nichž v současné době probíhají renovace.

Obecně prospěšné bytové družstvo Freital

[Fotografie]

Obr. 1: před renovací: 12 bytů a cca. 609 m²

po renovaci: 13 bytů a cca. 818 m², 24 cm WDVS = tepelně izolační sendvičový systém, 30 cm střecha, 12 cm sklep

Lesní škola Grimma

[Fotografie]

Obr. 2 Zahájení renovace počátkem srpna

Jesle, mateřská školka ve městě Chemnitz

[Fotografie]

Obr. 3 bezbariérová úniková cesta (obrázek vpravo)

2. Literatura

- (1) WOLTERS, B. *Pasivní domy – inovace a spojení s praxí – Sasko*. Sborník z konference Pasivní domy 2005, s. 249

Přehled pasivních domů v Česku

- RD Hradčany u Tišnova
- PD v Kníničkách u Brna
- PD v Knínicích u Boskovic
- EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou
- EPD Scadisystem, Klášterec nad Orlicí
- epRD v Opavě Kylešovicích – „dům v zahradě zahrady“
- Dvougenerační epRD ve Psárech – „See Through House“
- epRD v Třebotově
- epRD v Brnkách – „dům plující v korunách stromů“
- epRD v Bruntálu
- Dvoubytový epRD Hlučín – „první prajský passiv“
- epRD v Novém Jičíně – „triangle house“

Objekt: RD Hradčany u Tišnova

Adresa: Hradčany u Tišnova (Brno venkov)

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt: Miroslav Navrátil, RIGI, info@rigi.cz)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Akad.arch. Aleš Brotánek, MgA. Jan Brotánek, Ing.arch. Jan Praisler

adresa: Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Třem.

tel.: 604 713 426, 777 221 015

email: abrotanek@volny.cz, jan.brotanek@volny.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 26,30 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: 17,83 kWh/(m³a)Měrná tepelná ztráta: 2,28 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☐ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒**Termíny**

datum dokončení:

obydlen/užíván od:

☒ v plánování, dokončení:**Plocha**užitná: 107,50+25,5 m² celková: 250,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,710**Konstrukce**☒ dřevěná ☐ zděná ☐ smíšená ☐ jiná:**Parametry**obvodová stěna: U = 0,117 W/(m²K) U = W/(m²K)střecha: U = 0,103 W/(m²K) U = W/(m²K)podlaha nad terénem/sklepem: U = 0,105 W/(m²K) U = W/(m²K)zasklení: U_g = 0,500 W/(m²K) g =celkové U_w oken: U_w = 0,710 W/(m²K)**Skladba konstrukcí (od interiéru)**

- obvodová stěna:
- vnější vápenný nátěr STRASSERVILE
 - omítka z MULTIBATU (vápenný hydrát) tl. 20 mm (hlazená pouze lžící)
 - rabicové pletivo
 - záklop deskami HERAKLIT tl. 25 mm + spoje na PU lepidlo ICEMA 145/31
 - diagonálně kladená prkna SM (45°) 20x100 mm, á 350 mm – odvětrávaná mezera
 - závětrná difúzní fólie TYWEK SOFT nebo OMEGA-ISOCCELL
 - konstrukce vnější – svislé latění 60x40 mm, vnitřní – sloupky 140x50 mm
 - tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 350 mm
 - desky OSB 3 tl. 12 mm + spoje - trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX

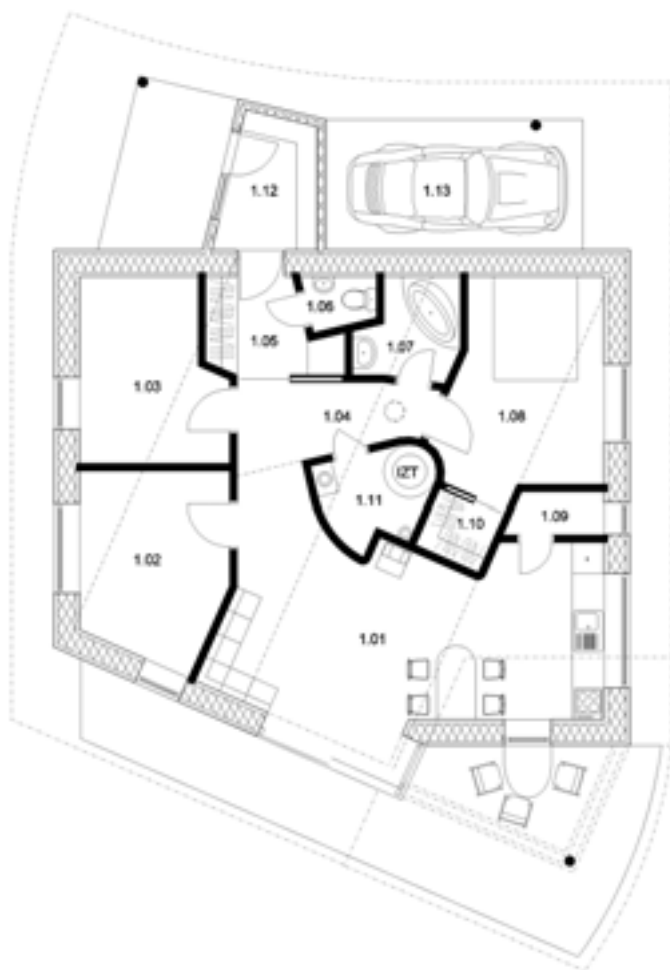
- střecha:
- latění 20x50 mm po 500 mm > vedení instalací
 - diagonální latění 20x20 mm po 50 mm
 - rabicové pletivo
 - jílová omítka tl. 30 mm
 - vegetační souvrství – sukulentní společenstva
 - substrát tl. 30 - 50 mm
 - geotextilie S500
 - hydroizolační PVC fólie PROTAN G tl. 1,4 mm
 - geotextilie S300
 - záklop deskami OSB 3 tl. 16 mm
 - krokve 60x180 mm > provětrávaná dutina
 - difúzní desky DHF tl. 15 mm - zesponu na krokách
 - lepené vazníky 140x250 mm + tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 235 mm
 - spodní krokve 150x40 mm + tepelná izolace v konstrukci – CLIMATIZER PLUS tl. 150 mm
 - parotěsná vrstva - desky OSB 3 tl. 12 mm + spoje - trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX
 - latění 50x20 mm po 500 mm > vedení instalací
 - kontra-latění 20x20 mm po 50 mm
 - rabicové pletivo
 - jílová omítka tl. 30 mm
- podlaha nad terénem:
- nášlapná vrstva tl. do 20 mm (např. parkety tl. 14 mm, MIRALON tl. 3 mm, samonivelační stěrka tl. 2 mm)
 - betonová mazanina tl. 70 mm + KARI síť 4/200 mm s dilatačními pásy po obvodu
 - tepelná izolace z minerální vlny NOBASIL PTN tl. 20 mm
 - tepelná izolace z minerální vlny NOBASIL PTN tl. 50 mm > vedení VZT potrubí a instalací
 - podlahový záklop deskami OSB 3 tl. 18 mm PD spoje - trvale elastický parotěsný tmel (BUTYLEN, BITUMEN) s lepicí páskou AIRSTOP FLEX
 - podlahové trámký 80x150 mm + podlahové průvlaky sdruženého profilu 140x50+100x180 (v=230 mm) > dutina vyplněna tepelnou izolací CLIMATIZER PLUS tl. 330 mm
 - závětrná difúzní fólie TYWEK SOFT nebo OMEGA-ISOCCELL
 - zavěšený prkenný (SM) záklop tl. 20 mm na konstrukci z ocel. profilů CD+CW
- okna:
- okna s trojitým zasklením Internorm - dřevohliník s tep.iz. rámem

Krátký popis budovy

Rodinný dům je přízemní, obytnou částí orientovaný do zahrady na jižní straně a s pomocnými nevytápěnými částmi při severní straně domu. Za tou je přístřešek s parkovacím místem a manipulační prostor pro údržbu zahrady. Obytná místnost má přímou návaznost na zahradu s výstupem na dřevěnou terasu. Na východní straně terasy směrem na východ je rozšířený přístřešek, který kryje prostor venkovního sezení. Snížená úroveň přístřešku vytváří schodový stupeň pro integrování teplovodních kolektorů do šikmé plochy sklopené k jihu pod úhlem 30° a zároveň zútulňuje kout venkovního posezení. Tento přístřešek zcela eliminuje letní polední sluneční tok, ale je vystaven rannímu slunci. Sjdnocujícím prvkem funkčně různých staveb je plocha ozeleněné pultové (ploché 4,5°) střechy s mírným sklonem k severu. Dům i doplňkové stavby jsou obloženy modřínovým obkladem a omítkou okrové barvy. Výrazným architektonickým prvkem je integrování solárních kolektorů do konstrukce zelené střechy, čímž se stávají nedílnou součástí architektonického výrazu stavby. Přírodní charakter stavby má posílit i příznaná trámová konstrukce, vybíhající do

prostoru interiéru domu, použití jílových omítek a režných cihel pálených i nepálených.

Fotografie a grafika



Objekt: PD v Kníničkách u Brna

Adresa: Brno-Kníničky

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek:
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Mojmír Hudec
 adresa: Pekařská 6, 60200 Brno
 tel.: 543234510
 email: elam@elam.cz

Energetická bilance

Potřeba tepla k vytápění: 15,00 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Potřeba primární energie: kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Měrná tepelná ztráta: W/m² ☐ výpočet dle PHPP
 Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹

Vzduchotechnika

typ DUPLEX RD, výrobce ATREA
 Zemní výměník tepla: ☒ výměník průměr 200 mm dl. 25 m, plast.

Termíny

datum dokončení: 2005
 obydlen/užíván od: 2005
☐ v plánování, dokončení:

Plocha

užitná: 206,72 m² celková: m² geometrická charakteristika A/V:

Konstrukce

☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:

Parametry

obvodová stěna:	U = 0,111 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,110 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,690 W/(m ² K)	g =	
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)		

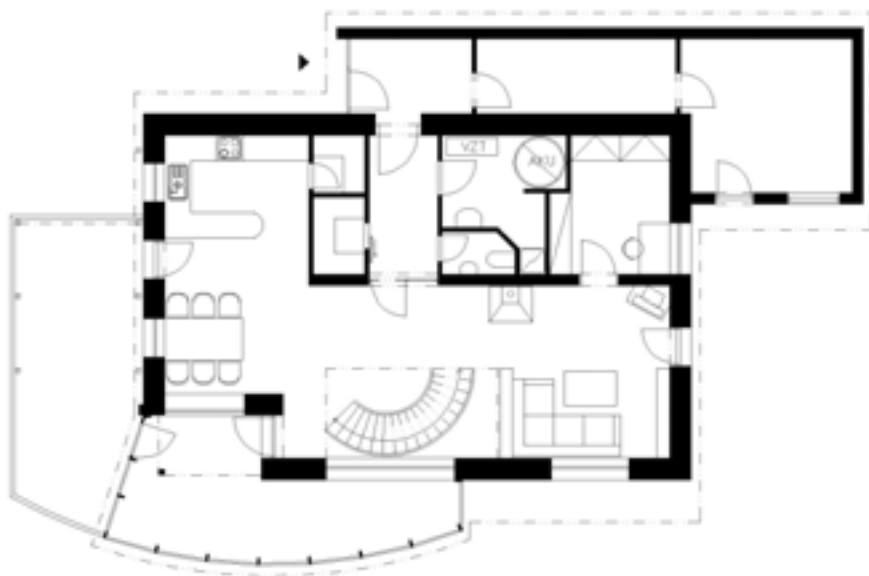
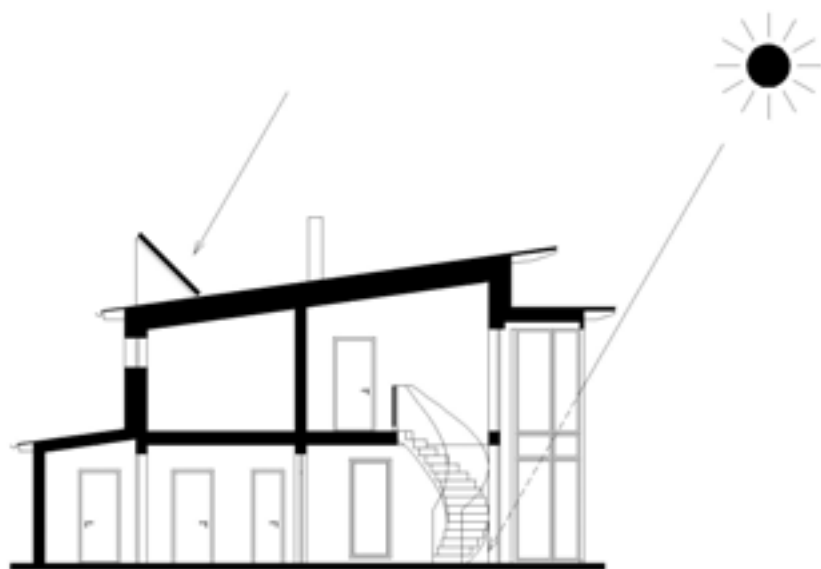
Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna: zdivo z tvárnic YTONG 250mm, izolace z minerální vlny 240 mm.
 střecha: sádkokarton na roštu, parozábrana, OSB, minerální vlna 400 mm, OSB, folie Fatrafol
 podlaha nad terénem: podkladní mazanina, izolace polystyrén 200 mm, betonová mazanina, parkety.
 okna: dřevěná eurookna se sklem s folií HEAT MIRROR,skleník dvojsko

Krátký popis budovy

Objekt je řešen jako samostatný dvojpodlažní s mírnou pultovou střechou v tradiční technologii. Jihozápadní roh objektu má přisazený skleník přes dvě podlaží. Severní strana objektu je chráněna jednopodlažní vstupní částí se skladem a dílnou.

Fotografie a grafika



Objekt: PD v Knínicích u Boskovic

Adresa: Knínice

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek:
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Mojmír Hudec
 adresa: Pekařská 6, 60200 Brno
 tel.: 543234510
 email: elam@elam.cz

Energetická bilance

Potřeba tepla k vytápění: 12,5 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Potřeba primární energie: kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Měrná tepelná ztráta: W/m² ☐ výpočet dle PHPP
 Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹

Vzduchotechnika

typ DUPLEX RD v podstropním provedení, výrobce ATREA
 Zemní výměník tepla: ☒ výměník proveden ze dvou plastových trub.

Termíny

datum dokončení: 2003
 obydlen/užíván od: 2003
☐ v plánování, dokončení:

Plocha

užitná: 148,20 m² celková: 171,92 m² geometrická charakteristika A/V:

Konstrukce

☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:

Parametry

obvodová stěna:	U =	W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U =	W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U =	W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,690	W/(m ² K)	g =	
celkové U _w oken:	U _w =	W/(m ² K)		

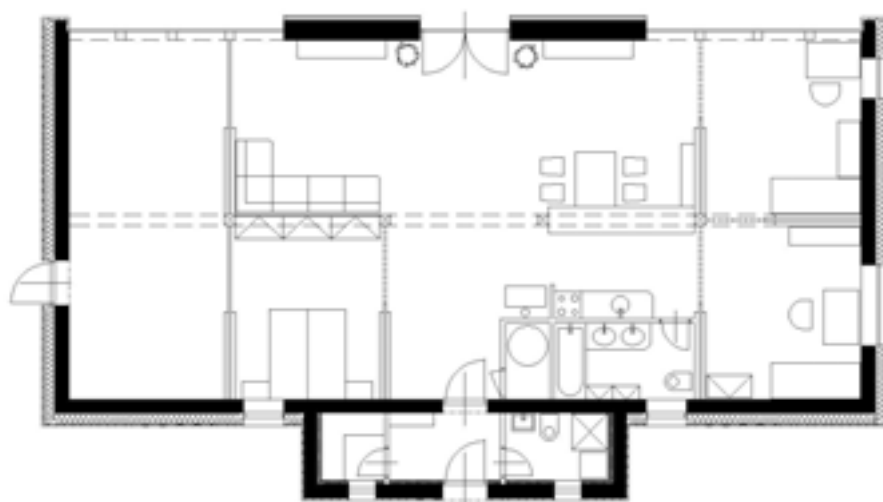
Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna: zdivo z plných cihel tl.300 mm, izolace z minerální vlny 350 mm, dřevěný obklad na roštu.
 střecha: sádkokarton na roštu, minerální vlna 400 mm,bednění, folie Fatrafol, extenzivní zelená střecha
 podlaha nad terénem: podkladní mazanina, izolace proti z.vlhkosti, pylstyren 200 mm, betonová mazanina s kanálky pro VZT, plovoucí parkety.
 okna: dřevěná eurookna + pevné zasklení sklem s folií HEAT MIRROR

Krátký popis budovy

Důsledně pasivní dům, který rozsáhle využívá sluneční energii. Příhradové vazníky bez vnitřních podpor umožňují uvolnit půdorys a vložit silnou vrstvu izolace o tl 400mm. Je použita zelená střecha s extenzivní zelení. Jižní prosklená fasáda izolačními skly U=0,6 s folií HEAT MIRROR.

Fotografie a grafika



Objekt: EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou

Adresa: Březová 803, Rychnov u Jablonce nad Nisou

☒ možno navštívit po domluvě (kontakt: rd@atrea.cz)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Martina a Martin Jindrákovi
 adresa: Březová 803, Rychnov u Jablonce nad Nisou
 tel.: 774 048 062
 email: 1.epd@seznam.cz

Energetická bilance

Potřeba tepla k vytápění: 13,30 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Potřeba primární energie: 112,00 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Měrná tepelná ztráta: 14,60 W/m² ☐ výpočet dle PHPP
 Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): 0,88 h⁻¹

Vzduchotechnika

Centrální teplovzdušná vytápěcí (s cirkulačním topným okruhem vzduchu) a větrací jednotka ATREA DUPLEX RB, topný výkon max. 3,6 kW; rozvod realizován dle systému f. Atrea s.r.o.

Zdroj topné vody akumulární zásobník ATREA IZT 615

Zemní výměník tepla: ☒ experimentální realizace cirkulačního zemního výměníku pro zvýšení chladicího výkonu

Termíny

datum dokončení: 27.10.2004

obydlen/užíván od: 5.12.2004

☐ v plánování, dokončení:

Plocha

užitná: 121,95 m² celková: 128,8 m² geometrická charakteristika A/V: 0,973
 (+24,5 garáž)

Konstrukce

☒ dřevěná ☐ zděná ☐ smíšená ☐ jiná:

Parametry

obvodová stěna:	U = 0,104 W/(m ² K)	U = W/(m ² K)
střecha:	U = 0,103 W/(m ² K)	U = 0,093 W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,181 W/(m ² K)	U = W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,580 W/(m ² K)	g =
celkové U _w oken:	U _w = 0,760 W/(m ² K)	

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna: 12 mm sádrokarton, 12 mm sádrovlákno (fermacell), 120 mm dřevěný rám + 120 mm tepelná izolace, parozábrana, 12 mm sádrovlákno, 240 mm I nosník + 240 mm skelná izolace, 12 mm sádrovlákno, 60 mm polystyreén, 7 mm omítka + lepidlo

střecha: vodorovný strop: 15 mm sádrokarton, 30 dřevěný rošt + vzduchová dutina, parozábrana, 180 mm hranol stropu + tepelná izolace, 22 mm DTD, 240 I nosník + 240 mm tepelné izolace, DTD 22

Šikmé strop: 12 mm sádrokarton, 12 mm sádrovlákno,

	parozábrana, 60 mm hranol šikmého stropu + 80 mm izolace, 240 mm izolace mezi šikmým stropem a krokví, 180 mm krokve + 170 mm izolace
podlaha nad terénem:	25 mm Podl. dílec KNAUF(OSB,DTD - dle místností) 100 mm expandovaného polystyrolu EPS 70, 100 mm extrd. polystyrolu, 20 mm srovnávací podsyp
okna:	dřevěná EURO 78 s dvojitým těsněním

Krátký popis budovy

Jedná se o samostatně stojící rodinný dům o dvou podlažích, zastřešený sedlovou střechou sklonu 38°. V domě je pět obytných místností (obývací pokoj, pracovna a tři ložnice), kuchyň s jídelním prostorem (volně spojeným s obývacím pokojem), plně vybavená koupelna, oddělené zádveří a technická místnost. Zastavěná plocha základního domu je 87,8 m², obestavěný prostor 320 m³. Dům je nepodsklepený a byl realizován jako lehká dřevostavba na bázi plošné prefabrikace. Přistavěná garáž a sklad byl realizován k základnímu domu jako přístavba v systému Two by Four (montáž na stavbě bez prefabrikace).

Od ledna 2005 trvale monitorován ve spolupráci s ČVUT Praha, spotřeba energie za rok 2005 byla 9528 kWh, z toho 4392 provoz domácnosti + VZT systém, 2920 kWh ohřev TUV a 2216 kWh spotřeba na vytápění (odpovídá cca 16,6 kWh/m².a)

Fotografie a grafika



Objekt: EPD Scadisystem, Klášterec nad Orlicí

Adresa: Klášterec nad Orlicí č.p.52

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☐ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek:
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: ing Václav Fiedler, (konz. M.Jindrák)
 adresa: Klášterec nad Orlicí č.p.52
 tel.: 607 805 023
 email: fiedler@zamberk.cz

Energetická bilance

Potřeba tepla k vytápění: 14,27 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Potřeba primární energie: -38tt,00 kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Měrná tepelná ztráta: 14,50 W/m² ☐ výpočet dle PHPP
 Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): 0,00 h⁻¹

Vzduchotechnika

Centrální teplovzdušná vytápěcí (s cirkulačním topným okruhem vzduchu) a větrací jednotka ATREA DUPLEX RK, topný výkon max. 4,6 kW; rozvod realizován dle systému f. Atrea s.r.o.

Zdroj topné vody akumulární zásobník ATREA IZT 615 výrobce

Zemní výměník tepla: ☒ realizace cirkulačního zemního výměníku pro zvýšení chladicího výkonu

Termíny

datum dokončení:
 obydlen/užíván od:
☒ v plánování, dokončení: 12/2006

Plocha

užitná: 214,00 m² celková: 214,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,800

Konstrukce

☒ dřevěná ☐ zděná ☐ smíšená ☐ jiná:

Parametry

obvodová stěna:	U = 0,108 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,088 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,201 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,680 W/(m ² K)	g =	
celkové U _w oken:	U _w = 0,820 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:
 střecha:
 podlaha nad terénem:
 okna:

Objekt: epRD v Opavě Kylešovicích - „dům v zahradě zahrady“

Adresa: na žádost klienta zatím neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 12,20 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 9,80 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: Duplex RB 730/370 - Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒ cirkulační**Termíny**

datum dokončení: v současné době ve výstavbě

obydlen/užíván od:

☐ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 170,00 m² celková: 179,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,909**Konstrukce**☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,066 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,045 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,088 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,330 W/(m ² K)	g = 24,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,650 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace „teplovzduchu“:

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-15°C/B/4) se zohledněním rekuperace: 2298 W, tepelná ztráta transmisí: 2095 W, tepelná ztráta větráním s rekuperací: 203 W, výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/370: 2032 W.

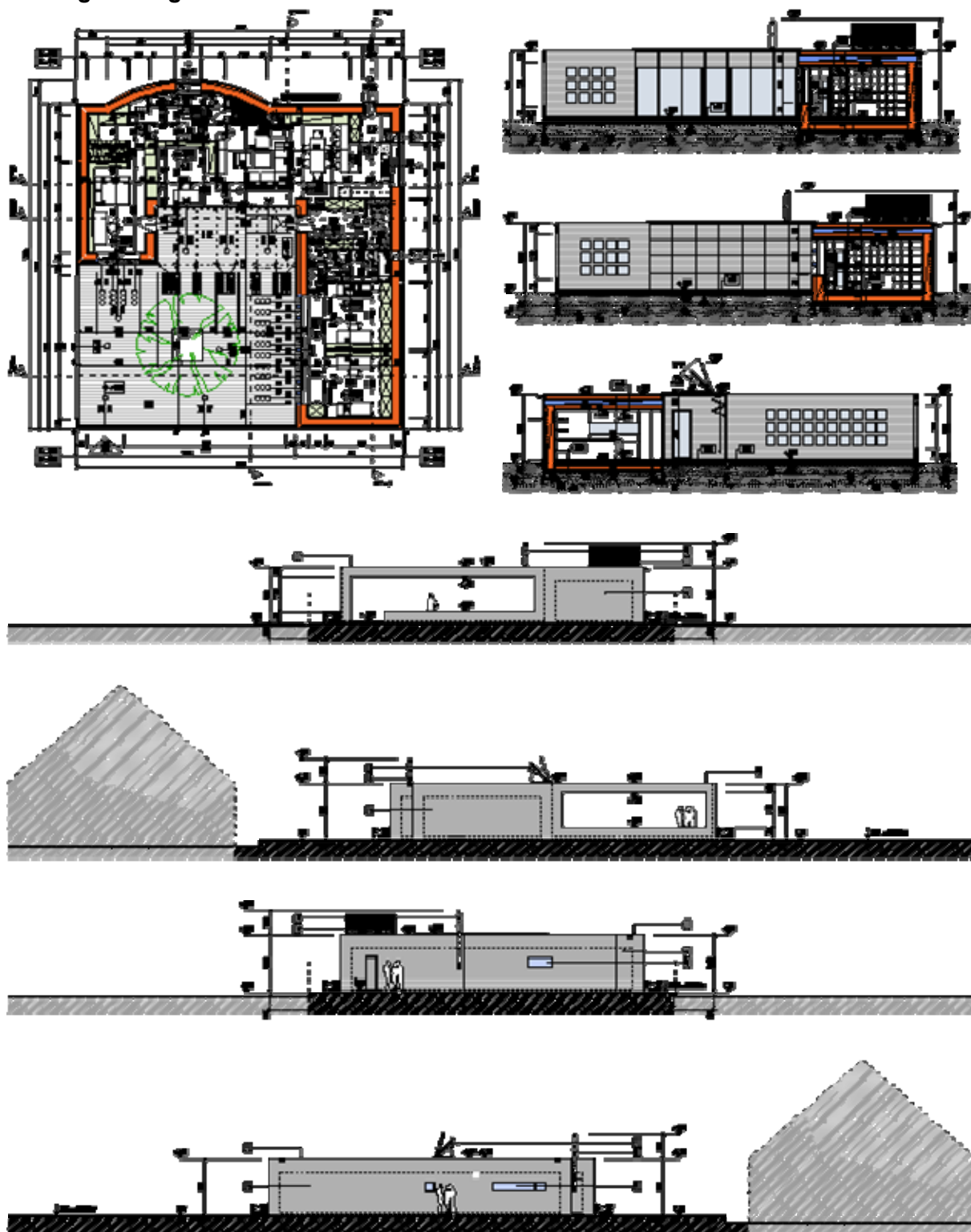
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 3,2 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 3,317 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 8,8 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 3,9, d 239, tis 22°C): 12,9 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless double HM Kr, g = 24%) - U_g = 0,33 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, $g = 49\%$) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Objekt: dvougenerační epRD ve Psárech - „See Through House“

Adresa: na žádost klienta neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 2
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 8,80 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 8,20 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: Duplex RB 730/440 - Atrea s.r.o

Zemní výměník tepla: ☒ cirkulační**Termíny**

datum dokončení: v současné době začala výstavba

obydlen/užíván od:

☐ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 151,00 m² celková: 161,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,798**Konstrukce**☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,054 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,042 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,044 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,330 W/(m ² K)	g = 24,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,650 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace "teplovzduchu":

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-12°C/B/8) se zohledněním rekuperace: 1906 W, Tepelná ztráta transmisí: 1738 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 168 W, Výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/440: 1914 W.

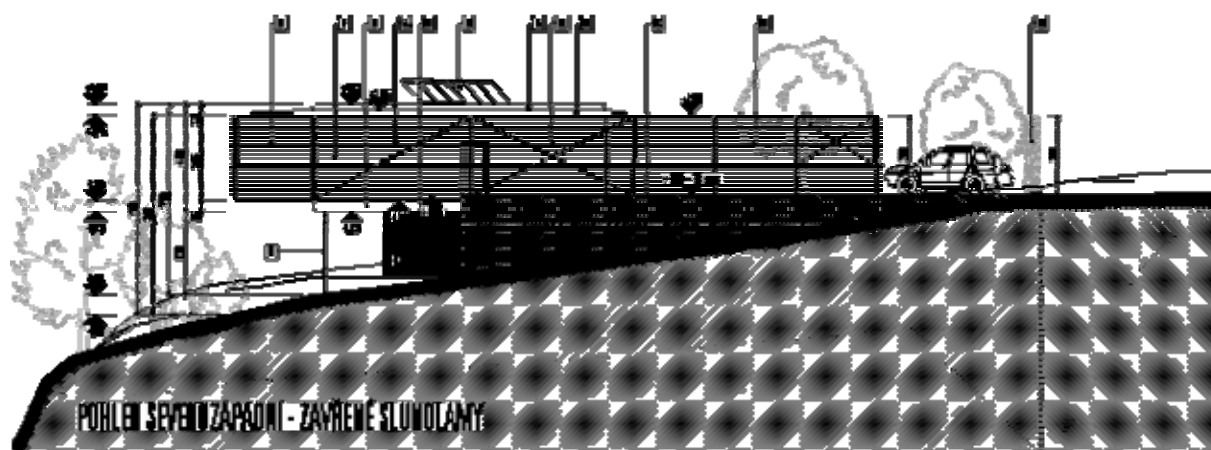
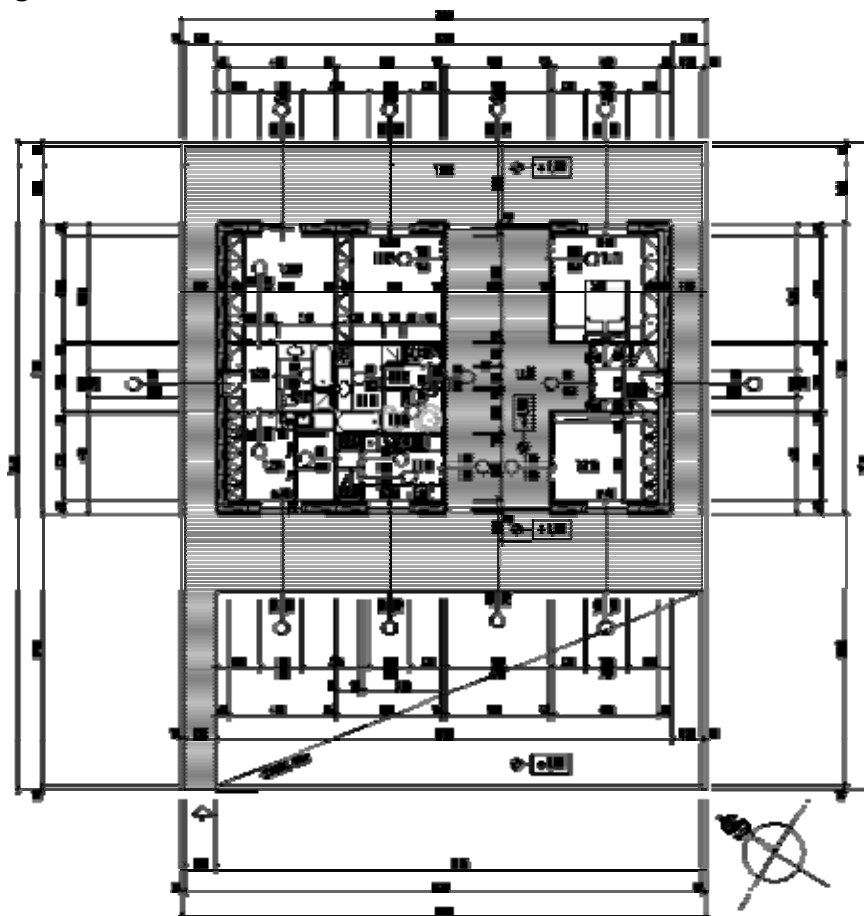
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 2,7 MWh, Spotřeba energie (elektrina): 2,843 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 5,0 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 4,3, d 225, tis 21°C): 8,50 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless double HM Kr, g = 24%) - U_g = 0,33 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, $g = 49\%$) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Objekt: epRD v Třebotově

Adresa: na žádost klienta neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 13,60 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 9,70 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: Duplex RB 730/370 - Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒**Termíny**

datum dokončení: v současné době ve výstavbě

obydlen/užíván od:

☐ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 156,00 m² celková: 206,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,740**Konstrukce**☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,082 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,053 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,087 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,500 W/(m ² K)	g = 49,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace "teplovzduchu":

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-12°C/B/4) se zohledněním rekuperace: 2554 W, Tepelná ztráta transmisí: 2384 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 170 W, Výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/370: 2029 W.

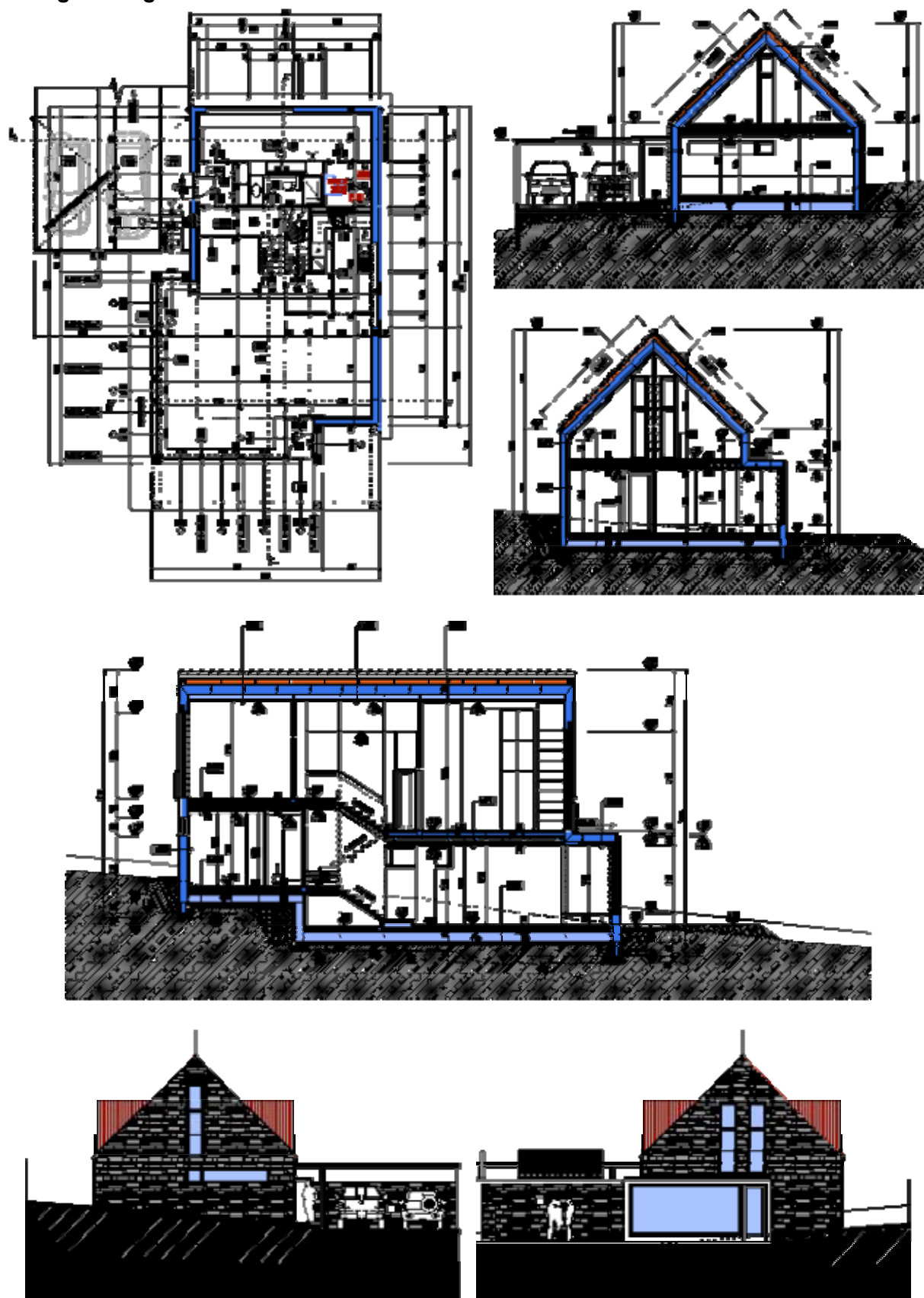
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 3,9 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 4,037 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 7,2 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 4,3, d 225, tis 22°C): 12,35 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless Climatop Kr, g = 49%) - U_g = 0,50 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, $g = 49\%$) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Objekt: epRD v Brnkách – „dům plující v korunách stromů“

Adresa: na žádost klienta neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 13,60 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 9,90 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: Duplex RB 730/440 - Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒ cirkulační**Termíny**

datum dokončení: v současné době začala výstavba

obydlen/užíván od:

☐ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 161,00 m² celková: 195,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,894**Konstrukce**☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,060 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,044 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,051 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,500 W/(m ² K)	g = 49,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace „teplovzduchu“:

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-12°C/B/12) se zohledněním rekuperace: 2807 W, Tepelná ztráta transmisí: 2661 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 146 W, Výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/440: 2655 W.

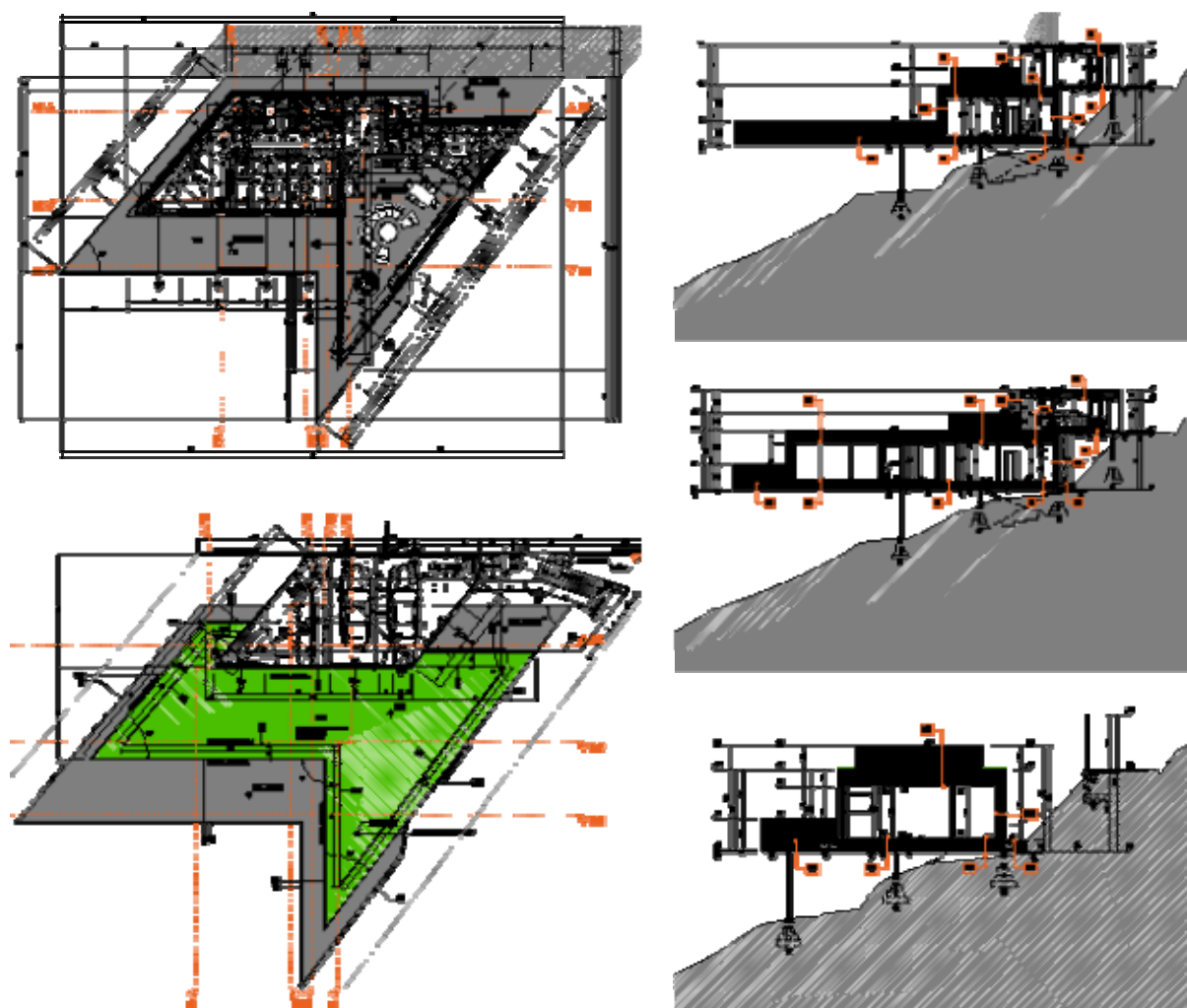
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 4,2 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 4,396 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 11,9 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 4,3, d 225, tis 22°C): 14,20 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless Climatop Kr, g = 49%) - U_g = 0,50 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, $g = 49\%$) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Objekt: epRD v Bruntálu

Adresa: na žádost klienta zatím neuvedena
☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)

Typ objektu

☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida
 adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava
 tel.: 553 628722
 email: info@3ad.cz

Energetická bilance

Potřeba tepla k vytápění: 11,90 kWh/(m²a) ☒ výpočet dle PHPP
 Potřeba primární energie: kWh/(m²a) ☐ výpočet dle PHPP
 Měrná tepelná ztráta: 9,70 W/m² ☒ výpočet dle PHPP
 Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹

Vzduchotechnika

typ a výrobce: Duplex RB 730/440 - Atrea s.r.o.
 Zemní výměník tepla: ☒ cirkulační

Termíny

datum dokončení: v současné době v projekční fázi - DPS
 obydlen/užíván od:
☒ v plánování, dokončení: 2007

Plocha

užitná: 128,00 m² celková: 139,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,723

Konstrukce

☐ dřevěná ☒ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:

Parametry

obvodová stěna:	U = 0,086 W/(m ² K)	U = W/(m ² K)
střecha:	U = 0,058 W/(m ² K)	U = W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,086 W/(m ² K)	U = W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,500 W/(m ² K)	g = 49,00
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)	

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:
 střecha:
 podlaha nad terénem:
 okna:

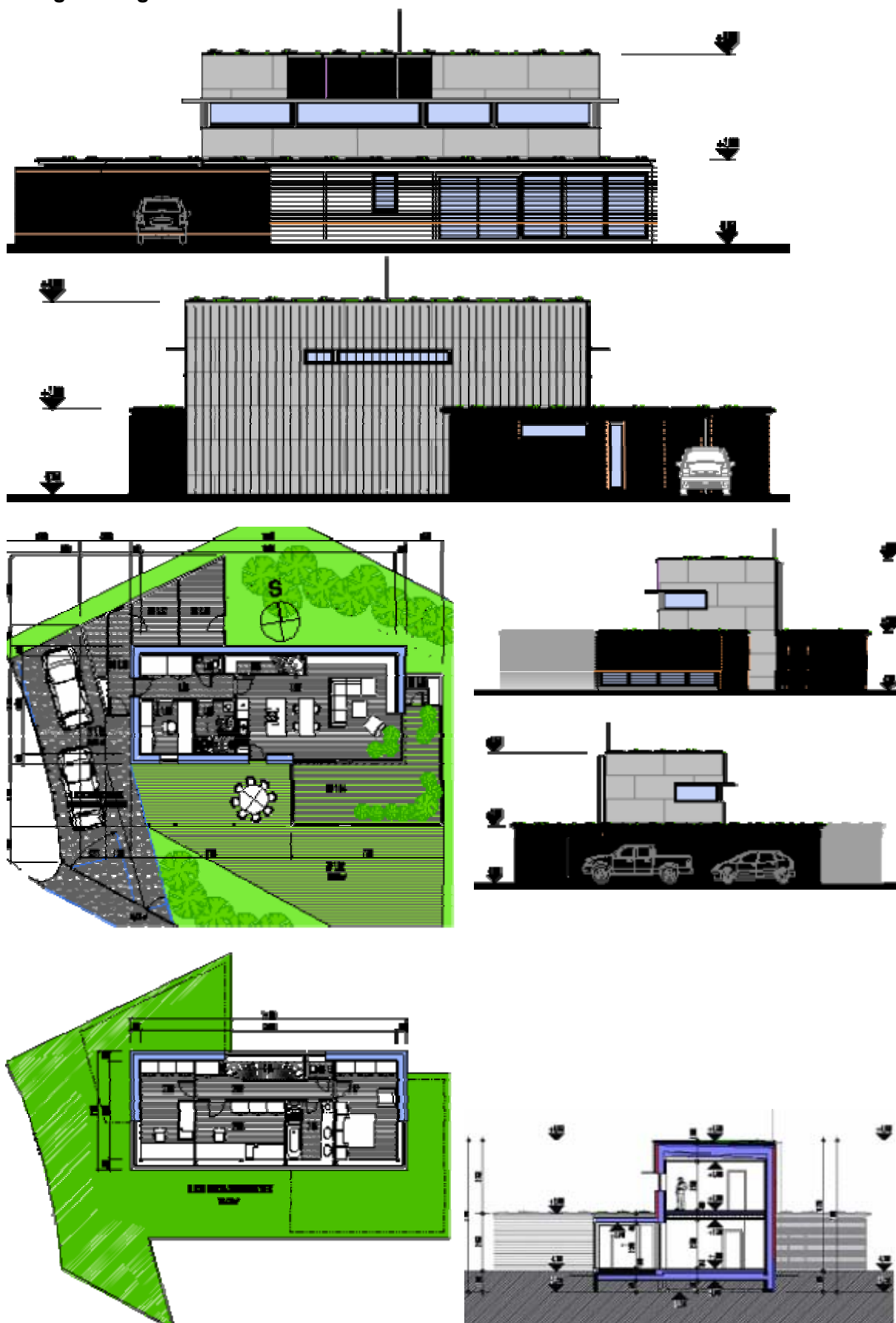
Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace „teplovzduchu“:

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-18°C/B/12) se zohledněním rekuperace: 2486 W, Tepelná ztráta transmisí: 2333 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 153 W, Výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/440: 2195 W.
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 3,9 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 4,102 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 11,4 kWh/m²/rok.
- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 3,3, d 271, tis 21°C): 12,8 kWh/(m²a).
- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless Climatop Kr, g = 49%) - U_g = 0,50 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, g = 49%) - Ug = 0,50 W/(m²K)

Fotografie a grafika



Objekt: dvoubytový epRD Hlučín – „první prajský passiv“

Adresa: na žádost klienta neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 2
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 13,10 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 9,80 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: 2 x Duplex RB 730/370 - Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒ 2 x cirkulační**Termíny**

datum dokončení: v současné době v projekční fázi - DPS

obydlen/užíván od:

☒ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 218,00 m² celková: 227,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,750**Konstrukce**☐ dřevěná ☒ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,086 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,058 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,086 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,500 W/(m ² K)	g = 49,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu dle projektové dokumentace „teplovzduchu“:

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-15°C/B/12) se zohledněním rekuperace: 3743 W, Tepelná ztráta transmisí: 3527 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 216 W, Výkon vytápěné části jednotkami Duplex RB 730/370: 3422 W.

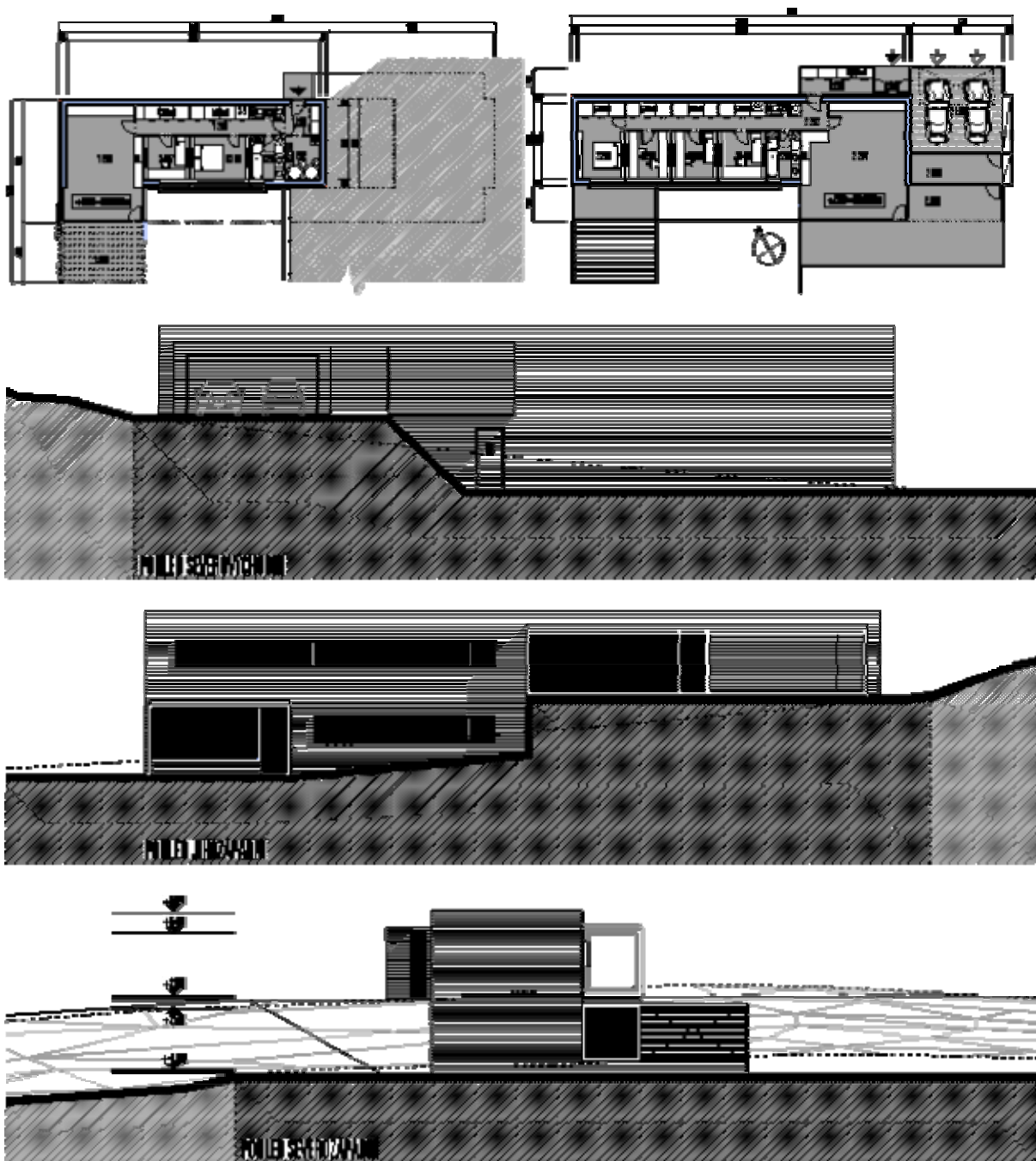
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 5,5 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 5,687 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 14,2 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 4, d 229, tis 21°C): 13,03 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless Climatop Kr, g = 49%) - U_g = 0,50 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, g = 49%) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Objekt: epRD v Novém Jičíně – „triangle house„

Adresa: na žádost klienta zatím neuvedena

☐ možno navštívit po domluvě (kontakt:)**Typ objektu**

- ☒ novostavba ☐ rekonstrukce
☒ rodinný dům ☐ řadový dům ☐ bytový dům bytových jednotek: 1
☐ škola ☐ administrativní budova ☐ jiný:

Architekt

jméno: Ing. Marek Raida

adresa: 3AD architectonica s.r.o., Dolní nám. 13/13, 746 01 Opava

tel.: 553 628722

email: info@3ad.cz

Energetická bilancePotřeba tepla k vytápění: 11,6 kWh/(m²a)Potřeba primární energie: kWh/(m²a)Měrná tepelná ztráta: 9,20 W/m²Celková neprůvzdušnost n₅₀ (měřená): h⁻¹☒ výpočet dle PHPP☐ výpočet dle PHPP☒ výpočet dle PHPP**Vzduchotechnika**

typ a výrobce: Duplex RB 730/370 - Atrea s.r.o.

Zemní výměník tepla: ☒ cirkulační**Termíny**

datum dokončení: v současné době v projekční fázi - DSP

obydlen/užíván od:

☒ v plánování, dokončení: 2007**Plocha**užitná: 192,00 m² celková: 199,00 m² geometrická charakteristika A/V: 0,894**Konstrukce**☐ dřevěná ☐ zděná ☒ smíšená ☐ jiná:**Parametry**

obvodová stěna:	U = 0,068 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
střecha:	U = 0,051 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
podlaha nad terénem/sklepem:	U = 0,087 W/(m ² K)	U =	W/(m ² K)
zasklení:	U _g = 0,500 W/(m ² K)	g = 49,00	
celkové U _w oken:	U _w = 0,700 W/(m ² K)		

Skladba konstrukcí (od interiéru)

obvodová stěna:

střecha:

podlaha nad terénem:

okna:

Krátký popis budovy

Parametry objektu pro projektovou dokumentaci „teplovzduchu“:

- Výpočtová tepelná ztráta objektu (ČSN 06 0210/-15°C/B/8) se zohledněním rekuperace: 2222 W, Tepelná ztráta transmisí: 2018 W, Tepelná ztráta větráním s rekuperací: 204 W, Výkon vytápěné části jednotkou Duplex RB 730/370: 2068 W.

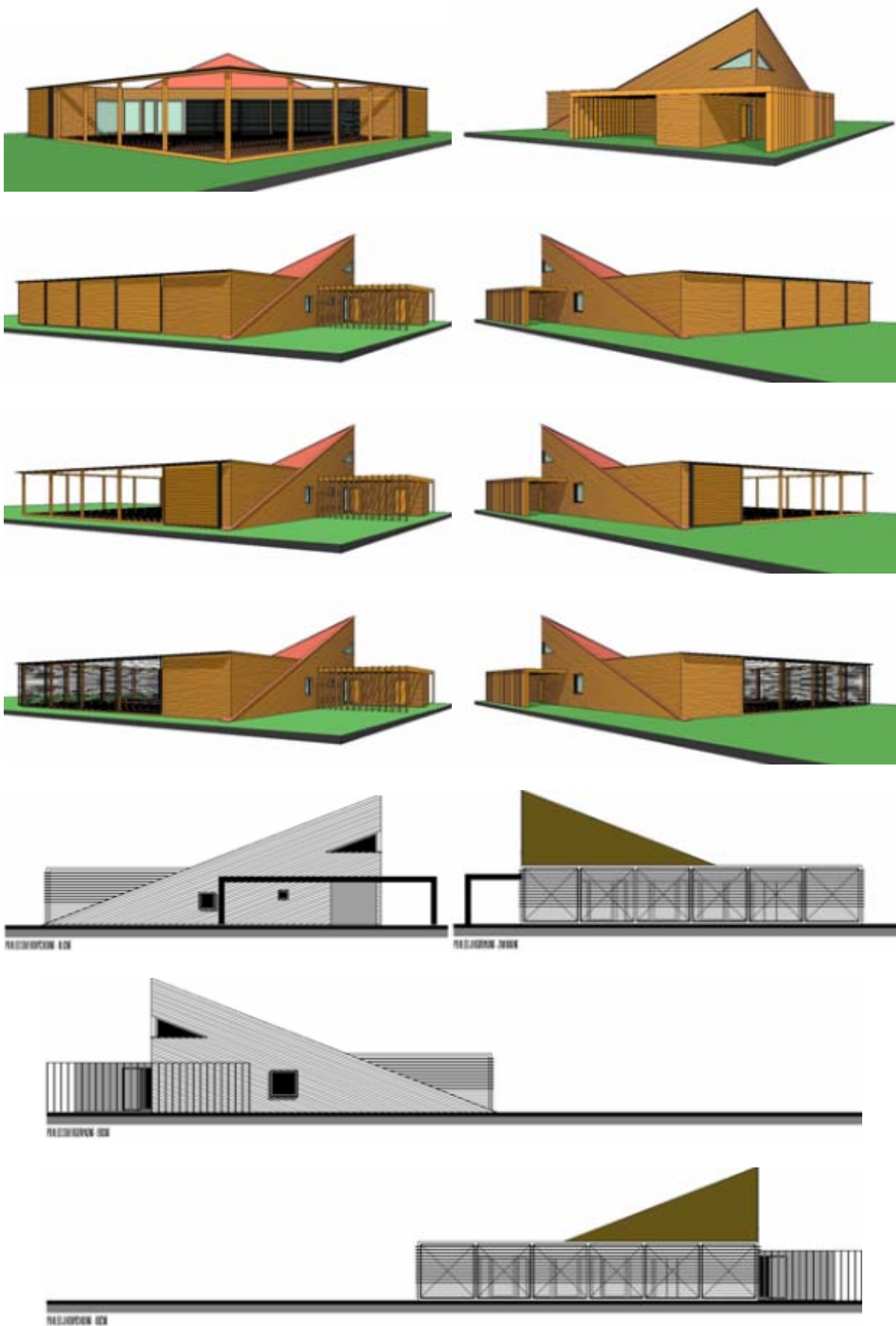
- EBilance (ČSN 73 0540-2) - Potřeba tepla Ev: 3,3 MWh, Spotřeba energie (elektřina): 3,416 tis. kWh/rok, Měrná roční energetická spotřeba ÚT+VZT+TUV: 9,2 kWh/m²/rok.

- Roční spotřeba tepla na vytápění Q_{vyt} (tes 3,8, d 242, tis 22°C): 13,1 kWh/(m²a).

- Zasklení pro fixní výplně otvorů (frameless Climatop Kr, g = 49%) - U_g = 0,50 W/(m²K)

- Zasklení pro otevíravé výplně otvorů (frame Climatop Kr, $g = 49\%$) - $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Fotografie a grafika



Název Pasivní domy 2006

Vydavatel



Centrum pasivního domu

Přímá 14, 642 00 Brno

email: info@pasivnidomy.cz

www.pasivnidomy.cz

Editor publikace Jan Bárta

Překlad TA-SERVICE
Hlinky 48, 603 00 Brno

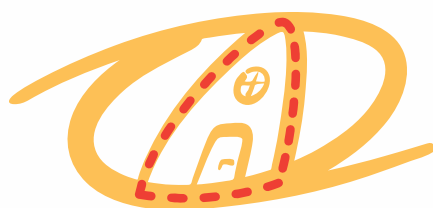
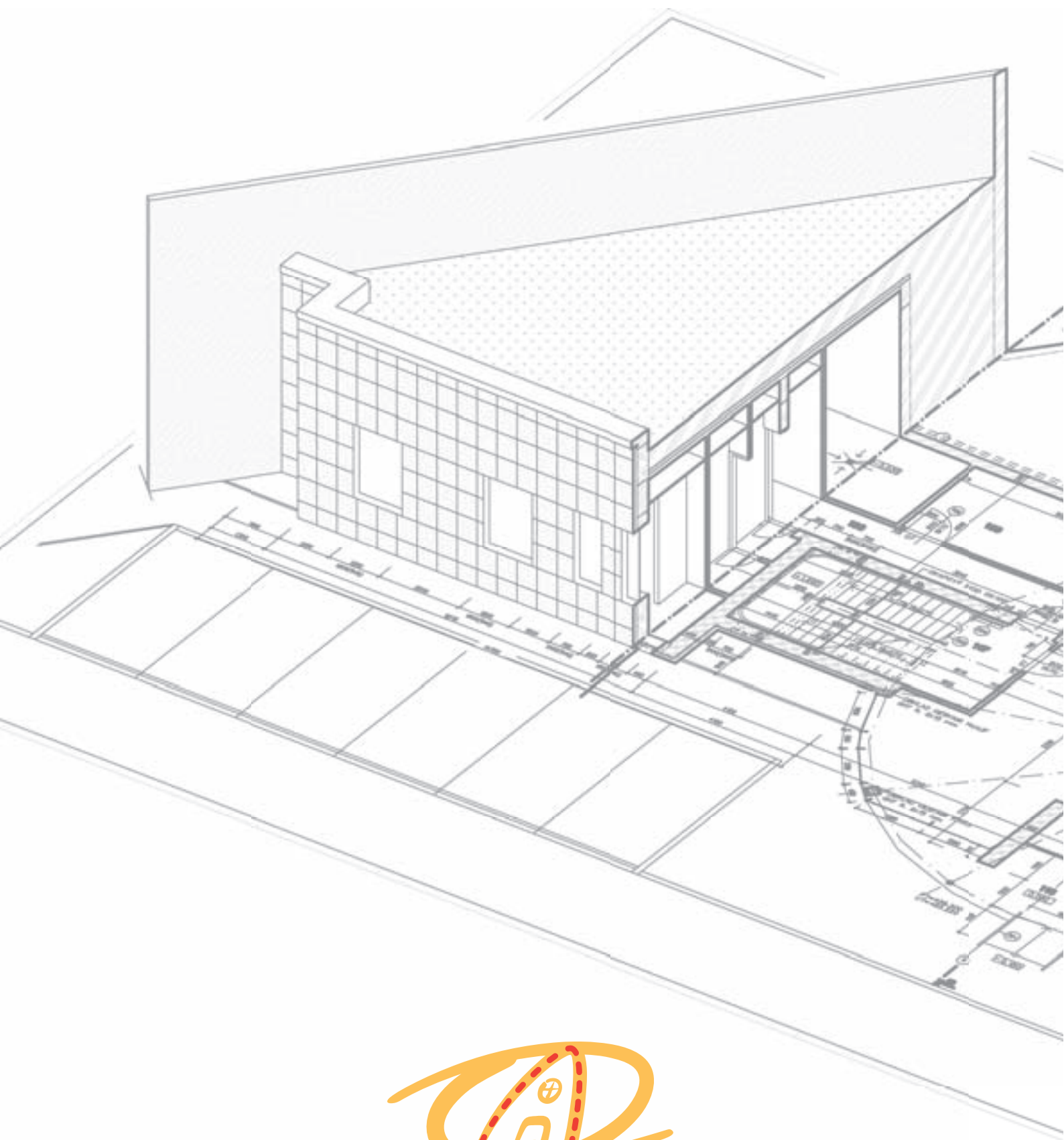
Náklad 1000 výtisků

Vydání první, 2006

Text publikace neprošel redakční ani jazykovou úpravou.

Kopírování jednotlivých příspěvků je možné jen se souhlasem autorů.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2006 – část 1.



Centrum pasivního domu

Přímá 14 642 00 Brno

telefon: +420 544 528 949

email: info@pasivnidomy.cz

www.pasivnidomy.cz