

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Problematika pasivních domů

**vedoucí práce: Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
autor: Olga Málková**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Olga MÁLKOVÁ**
Osobní číslo: **E09B0478P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Problematika pasivních domů**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakterizujte pasivní dům.
2. Popište konstrukční řešení a architekturu pasivních domů.
3. Analyzujte problematiku energetické náročnosti pasivních domů.
4. Zhodnoťte vývojové trendy v oblasti pasivních domů.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná práce se blíže zabývá problematikou výstavby a používání pasivních staveb. V první části jsou představeny energeticky úsporné stavby, se kterými se dnes můžeme setkat, jejich popis a základní požadavky kladené na stavby v pasivním standardu.

Další body práce jsou zaměřeny na problematiku výstavby. Na tyto domy jsou kladeny vysoké požadavky, které je nutné dodržet. Podrobněji se těmto požadavkům věnuje druhá část práce. Dále je nastíněna problematika energetické náročnosti pasivních staveb, ve které se práce zabývá např. vhodným druhem vytápění pro pasivní domy, kontrolou kvality atd. Na konci třetí kapitoly je zhodnocení častých chyb při návrhu a konstrukci pasivních domů.

V současné době výstavba energeticky úsporných domů stále roste a stává se často diskutovaným tématem, proto je potřeba se podrobněji seznámit s vývojovými trendy v oblasti pasivní výstavby.

Klíčová slova

Pasivní domy

Nízkoenergetické domy

Nulové domy

Energetická náročnost budov

Primární energie

Solární zisky

Blower Door testy

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU

Abstract - Problems of passive houses

This work deals with further construction and use of passive constructions. The first part introduces energy-efficient buildings, with which we meet today, their description and basic requirements for construction in the passive standard.

Other aspects of the work are focused on the issue of passive construction. These houses are high demands to be followed. These requirements in more detail the second part devoted to work. Also deals with the problems of passive energy performance of buildings in which the work deals with such kind of heating suitable for passive houses, quality control, etc. At the end of the third chapter is the evaluation of common mistakes in the design and construction of passive houses.

Currently, energy-efficient home construction continues to grow and become a frequently discussed topic, so you need to become more familiar with the developments in the field of passive construction.

Key words

Passive houses

Low-energy houses

Zero houses

Energy performance of buildings

Primary energy

Solar gains

Blower Door tests

Directive Parliament and Council of Europe 2010/31/EU

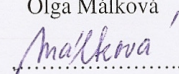
Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 4.6.2012

Olga Málková


Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ	7
ÚVOD	8
1 ROZDĚLENÍ BUDOV DLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	9
1.1 JAKÉ PODMÍNKY MUSÍ SPLŇOVAT PASIVNÍ DŮM.....	10
1.2 ODLIŠNOST NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU OD PASIVNÍHO	12
1.3 NÁKLADY NA VÝSTAVBU PASIVNÍHO DOMU	12
2 VHODNÁ ARCHITEKTURA PASIVNÍCH DOMŮ	13
2.1 UMÍSTĚNÍ A ORIENTACE DOMU NA POZEMKU.....	13
2.2 VOLBA TVARU DOMU.....	14
2.2.1 <i>Vliv tvaru domu na splnění pasivního standardu</i>	15
2.3 ČLENĚNÍ DISPOZICE	18
2.4 POŽADAVKY NA IZOLACI	18
2.5 STŘECHA	19
2.6 OKNA PRO PD.....	20
2.7 VĚTRÁNÍ.....	21
3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST PASIVNÍCH DOMŮ	22
3.1 VOLBA PRIMÁRNÍ ENERGIE PRO PD	23
3.1.1 <i>Využití energie ze slunce</i>	24
3.1.2 <i>Zemní výměníky</i>	24
3.1.3 <i>Tepelná čerpadla</i>	24
3.1.4 <i>Zemní plyn</i>	24
3.1.5 <i>Elektrické vytápění</i>	25
3.1.6 <i>Vytápění biomasou</i>	25
3.2 KONTROLA KVALITY PASIVNÍCH DOMŮ	25
3.2.1 <i>Kniha konstrukčních detailů</i>	25
3.2.2 <i>Vzduchotěsnost budovy</i>	26
3.2.3 <i>Tepelné mosty</i>	29
3.3 VÝPOČETNÍ NÁSTROJE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	29
3.4 POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI NED, PD A NULOVÝCH DOMŮ	30
3.5 ČASTÉ CHYBY PŘI NÁVRHU A KONSTRUKCI PD	31
4 ZHODNOCENÍ VÝVOJOVÝCH TRENDŮ V OBLASTI PD	32
4.1 SMĚRNICE O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV	33
4.2 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	34
4.3 REKONSTRUKCE V PASIVNÍM STANDARDU.....	34
4.4 CERTIFIKACE PASIVNÍCH DOMŮ V ČR.....	37
ZÁVĚR	38
SEZNAM POUŽITÉ A CITOVANÉ LITERATURY	39
SEZNAM PŘÍLOH	42
PŘÍLOHY	43
PŘÍLOHA 1 – UKÁZKA PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	43
PŘÍLOHA 2 - PRVNÍ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA V PASIVNÍM STANDARDU	44

Seznam symbolů

PD	Pasivní dům
NED	Nízkoenergetický dům
ND	Nulový dům
1 kWh/m ² a	1 kWh na metr čtvereční vytápěné plochy za 1 rok
U [W/m ² K]	Součinitel prostupu tepla
A/V	Povrch obvodového pláště vůči obestavěnému prostoru stavby
OZE	Obnovitelné zdroje energie
CPD	Centrum pasivního domu
TNI	Technická normalizační informace

Úvod

Cílem této práce je přiblížit problematiku pasivních domů, popsat konstrukční řešení a vhodnou architekturu. Dále bude analyzována problematika energetické náročnosti pasivních domů a uveden nástin nových trendů v této oblasti.

Z pozorování dlouhodobého vývoje na trzích je zřejmé, že ceny energií z neobnovitelných zdrojů budou již jen stoupat. Těžko lze toto přesně vyčíslit, protože do nákladů nelze přesně zahrnout vedlejší vlivy, tj. například náklady vyvolané zátěží na životní prostředí.

Naproti tomu energeticky úsporné domy spotřebují pouze zlomek energie na vytápění oproti standardní konstrukci při relativně zanedbatelných pořizovacích vícenákladech. Hlavním cílem do budoucna je v tomto oboru výstavba domů se spotřebou energií blížících se nule, při zachování přijatelných vícenákladů.

Počátek problematiky energeticky úsporných domů je u nás spojen s rokem 1989, kdy došlo k přechodu na tržní hospodářství a narovnání cen energií. V této době došlo také k určitému prolomení informační bariéry a této problematice se začalo věnovat několik prvních nadšenců, z nichž můžeme jmenovat například Pavla Vaněčka, Vladimíra Žďára nebo Davida Damaška. Významnou měrou k rozvoji tohoto oboru v akademickém světě se zasloužil Ing. Jiří Šála, CSc. a Prof. Ing. Jan Tywoniak.

Za první dlouhodobě sledovaný pasivní rodinný dům u nás, kde byly i ověřeny příslušné parametry, můžeme považovat dům z roku 2005 v Rychnově u Jablonce nad Nisou. Na jeho realizaci se podílel Martin Jindrák a společnost RD Rýmařov.

Pro osvětu v oblasti energeticky úsporných domů bylo v České republice založeno Centrum pasivního domu (CPD) v Brně v roce 2005.

1 Rozdělení budov dle energetické náročnosti

S rostoucími cenami energií stále více lidí přemýšlí o výstavbě energeticky úsporného domu. Přitom úspora energie na vytápění není jedinou výhodou pro stavby tohoto druhu. Dalšími kladnými vlastnostmi jsou komfort bydlení, energetická i finanční úspora a také šetrné chování k životnímu prostředí.

Přijetím směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, se členské státy EU zavázaly zajistit, že všechny nové budovy do 31. 12. 2020 budou vybudovány „s téměř nulovou spotřebou energie“ (to jsou domy se spotřebou energie na úrovni pasivního domu, nebo se spotřebou ještě nižší). U administrativních budov se termín zkracuje do konce roku 2018. Dalšími požadavky je např. snížení celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % nebo zvýšení podílu energie z OZE do roku 2020 na 20 %.

Dnes se můžeme setkat s několika druhy energeticky úsporných budov. Jednou s nich jsou například pasivní domy. Tyto budovy se vyznačují tím, že spotřebují tepelnou energii na vytápění menší než 15 kWh/m^2 za rok (při přepočtu na topný olej vychází roční spotřeba menší než 1,5 litru topného oleje na 1 m^2). K dosažení příjemného klimatu v domě se používají pasivní technologie, mezi ně patří např. dobrá tepelná izolace, vhodné využití solární energie a vysoce účinné zpětné získávání tepla ze vzduchu a předehřívání čerstvého vzduchu. Vysokých úspor energie pasivní domy dosahují dodržением základních podmínek pro výstavbu pasivních domů (uvedeny v oddílu 1.1).

Na nízkoenergetické domy nejsou kladeny, tak vysoké požadavky jako u domů pasivních. Spotřeba energie na vytápění se pohybuje mezi 40 a 50 kWh/m^2 za rok.

Nulové domy jsou konstrukčně řešeny jako pasivní domy, ale kladou větší důraz na využívání energie z obnovitelných zdrojů, nejvíce na využití sluneční energie (v letních měsících přebytek energie dodávají do sítě, v zimních měsících ze sítě čerpají). Domy tak získají nulový nebo dokonce plusový energetický standard. Vzhledem k tomu, že u většiny domů nulové spotřeby není dosaženo, jsou za nulové považovány i domy se spotřebou tepla menší než $5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$.

Další energeticky úspornou stavbou může být plusový nebo také aktivní dům. To jsou takové stavby, kdy je možné kompletně pokrýt spotřebu energie domu a přebytečnou (plusovou) energii odvádět do rozvodné sítě.

domy běžné v 70. - 80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, plusový dům
charakteristika				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nížším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	pouze teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
Potřeba energie na vytápění [kWh/m²a] typického RD pro jednu rodinu				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Tab. 1 Přehled rozdělení staveb se sníženou spotřebou energie [1]

1.1 Jaké podmínky musí splňovat pasivní dům

U běžných domů, které mají spotřebu energie větší než 150 kWh/(m² · a) tyto podmínky nehrají žádnou roli. Ale u pasivních domů jsou tyto faktory klíčové a mají velký vliv na výslednou spotřebu energie.

Nejdůležitější podmínkou, kterou musí pasivní domy splňovat, je správné umístění domu na pozemku. Nejvhodnější situování je u severní a východní strany parcely, tak aby jižní a západní strana budovy byla co nejvíce vystavena solárním ziskům.

U pasivních domů je velmi důležitá vhodná volba tvaru domu. Cílem je, co nejmenší povrch pláště vůči obestavěnému objemu (A/V). Volí se jednoduchý tvar domu, bez zbytečných výstupků. Nejideálnějším tvarem je koule, tento tvar však není možné zrealizovat. Z hlediska dispozice není vhodný ani tvar krychle. Proto se většina domů staví ve tvaru ležatého kvádra s delší stranou situovanou na jih. Optimální tvar střechy je plochá nebo pultová. Nelze-li jinak, lze použít i sedlový tvar střechy.

Nesmí se opomenout ani vhodné uspořádání místností v domě. Jedná se o tzv. tepelné zónování dispozice, kdy jsou místnosti situovány vzhledem ke světovým stranám. Obytné místnosti směřují na jih. Na severní straně domu jsou umístěny chodby, šatny, schody, koupelny a toalety. Další možné místnosti v domě jako je garáž, zimní zahrada, suterén jsou od domu tepelně odděleny.

Pasivní domy musí mít silnou tepelnou izolaci, aby mohli být vyloučeny tepelné mosty. Tepelné mosty jsou slabá místa pláště budovy, která způsobují nežádoucí ztráty energie.

U obvodových zdí nesmí součinitel prostupu tepla překročit $0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, u střechy $0,10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a u oken by součinitel prostupu tepla neměl přesáhnout $0,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. U oken tento parametr splňují okna zasklená trojsklem.

U podlah na terénu se vyžaduje tloušťka izolace 300 mm. Na stěnách je tloušťka izolace přibližně 300 až 400 mm, u střešních konstrukcí se vyžaduje tepelná izolace o tloušťce 500 až 600 mm.

Kvalitně zateplené domy významně využívají vnitřní tepelné zisky. To je teplo generované různými spotřebiči v domácnosti. Například svíčka má tepelný zisk 30 W, žárovka 100 W, člověk 100 W, stolní PC 150 W, plazmová televize až 300 W. Další zisky jsou například z ledničky, myčky, pračky.

Dalším požadavkem na pasivní dům je dosažení vysokého stupně vzduchotěsnosti domu. Celková neprůvzdušnost obálky domu $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ (Pozn. neprůvzdušnost musí být ověřena tlakovou zkouškou a nesmí překročit hodnotu $0,6 \text{ h}^{-1}$, tedy při přetlaku a podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi více než 60 % vnitřního objemu vzduchu).

Požadavek vzduchotěsnosti může být v rozporu s nezbytnou výměnou vzduchu obytných místností. Nejčastějším řešením tohoto problému je řízený systém větrání se zpětným získáváním tepla tzv. rekuperací. Řízené větrání zajišťuje neustálý přívod čerstvého vzduchu a omezení koncentrace mikroorganismů. Tyto systémy mají také možnost chlazení, kterého je využíváno v letních měsících.

Úroveň vzduchotěsnosti se zajišťuje provedením testu neprůvzdušnosti domu, který se nazývá Blower-door test. Test se provádí před úplným dokončením stavby, kdy jsou osazené výplně otvorů, ale ještě jsou obnažené parozábrany. Tento test umožňuje identifikovat možné netěsnosti a zamezit tak případným tepelným ztrátám.

Při používání domu je také nutné používat vysoce úsporné elektrospotřebiče, označené na energetickém štítku písmenem „A“ (od 1. 2. 2012 platí nové označení pro vysoce úsporné spotřebiče a můžeme se setkat z označením A+++/A++/A+).

Celková spotřeba energie na vytápění, ohřev vody, provoz vzduchotechniky a domácnosti by neměla přesáhnout 42 kWh/m^2 za rok. V praxi je však dosahováno hodnoty do 50 kWh/m^2 za rok. Také celková roční spotřeba všech primárních energií by neměla přesahovat 120 kWh/m^2 . (Pozn. primární energie je veškerá energie uvolněná na krytí energetické potřeby domu).

Uvedené podmínky by se neměli zanedbávat. Základem každého návrhu pasivního domu je vyváženost všech složek ovlivňujících energetickou bilanci budovy. Musí se brát zřetel na možnosti pozemku a jeho okolí. Je nutné zohlednit veškeré negativní faktory,

například je-li pozemek stíněn okolní zástavbou. Při porušení nebo nezahrnutí negativního faktoru do návrhu, se nemůže zaručit, že bude u výstavby dodržen pasivní standart. [2]

1.2 Odlišnost nízkoenergetického domu od pasivního

Hlavním rozdílem těchto domů je důslednost dodržování nutných podmínek pro pasivní domy. Nízkoenergetické domy musí splňovat všechny nutné podmínky platné pro pasivní domy, ale nemají takové nároky na tepelnou izolaci a na měrnou spotřebu tepla na vytápění.

U Nízkoenergetických domů nesmí hodnota pro měrnou spotřebu tepla na vytápění přesáhnout 50 kWh/(m²·a).

Nutná je také dostatečná tepelná izolace s eliminací tepelných mostů. U podlah na terénu je vyžadována izolace 150 mm, u stěn je požadovaná tloušťka izolace 200 až 250 mm a ve střešní konstrukci 300 až 350 mm.

1.3 Náklady na výstavbu pasivního domu

Požizovací náklady se oproti běžným novostavbám liší v průměru o 10 až 15 %. Toto navýšení se však postupně zmenšuje a dnes je dokonce možné se s cenou pasivního domu dostat na cenu stejnou jako za standardní novostavbu.

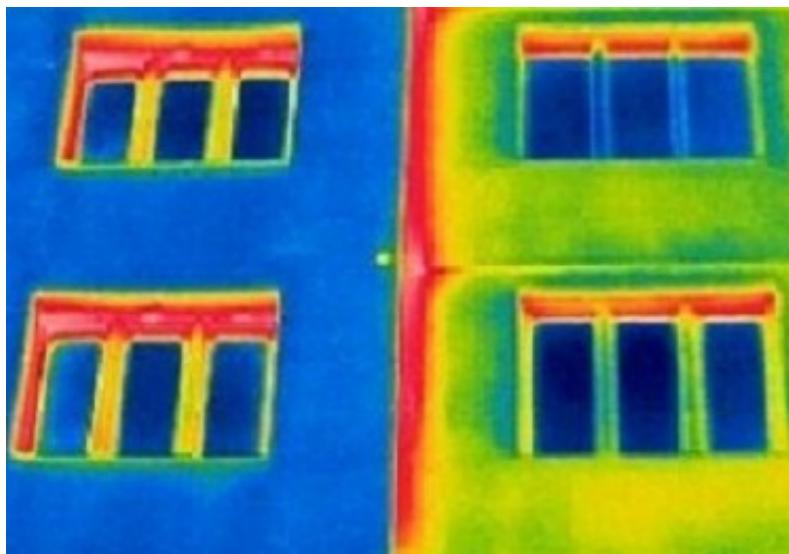
Poptávka po pasivních domech se zvyšuje a postupně se zlevňují kvalitní komponenty vedoucí ke snížení nákladů celé stavby. Dnes už se některé technologie stávají standardem i u běžných domů, například okna se zasklením trojskly.

Vhodně zvolená energetická koncepce celého domu vede ke snížení nákladů na topení a ohřev teplé vody. Tím se pořizovací náklady mohou vrátit již během několika let. Po zahrnutí nákladů do provozu, údržby a oprav se pasivní domy jeví jako výhodné ekonomické řešení.

Vyšší náklady na stavbu pasivních domů jsou způsobeny především požadavkem na:

- systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla (přibližná cena 50.000,-)
- systém solárních kolektory pro ohřevem vody (cca 200.000)
- větší vrstvu izolace (cca 100.000)
- náročnější stavební prvky
- složitější koordinaci stavby.

Dalším rozdílem v nákladech na výstavbu pasivního domu od běžné výstavby je v ceně projektu. Pro stavbu pasivního domu nelze využít klasické projekty, je nutné mít specializovaný architektonický návrh. Ceny katalogových projektů jsou nepodstatné ve srovnání se samostatnou stavbou. Cena individuálního projektu tvoří přibližně 8 % ceny domu. [3]



Obr. 1 Rozdíl mezi zateplenou a nezateplenou stěnou domu – zdroj [4]

2 Vhodná architektura pasivních domů

2.1 Umístění a orientace domu na pozemku

Volba pozemku je u pasivních domů jednou z nejdůležitějších věcí. Návrh domu by měl vycházet z daného pozemku. Je nutné zvážit všechny faktory, které ovlivňují energetickou bilanci domu (např. orientace dle světových stran, využití spádu nebo zeleně na pozemku). Také nesmíme zapomenout zvážit všechny klimatické vlivy (vliv slunce, větru, srážek, vlhkosti a teploty vzduchu). Při jejich nedostatku by mohla být silně ovlivněna energetická náročnost budovy.

Při výběru pozemku můžeme narazit na několik problémů daných zákonnou mezí. Například problém nastává u požadavků na dodržování uliční čáry nebo na tvar a orientaci střechy určené územními plány. Ty většinou berou v potaz estetická a funkční kritéria, ale ne vždy jsou vhodná pro umístění pasivního domu a pro získání maximálních solárních zisků.

Na pozemku je vhodné dům orientovat tak, aby byly využity rozdílné světelné podmínky vzhledem ke světovým stranám. U pasivních domů jde hlavně o minimalizaci tepelných ztrát. Ty musíme kompenzovat co největšími zisky ze slunečního záření

pronikajícími okny. Z tohoto důvodu se většina prosklených ploch orientuje na jižní stranu. Z jihu by dům neměl být ničím stíněn (například horami, okolními stromy nebo jinými budovami). Toho je významně využíváno v zimních měsících. Ne vždy však jde dům takto umístit. Pak se musíme smířit s horší energetickou bilancí domu nebo nevýhodu kompenzovat větším množstvím tepelné izolace.

Důležité je také si nechat ověřit zda severní strana odpovídá projektu. Většina mapových podkladů severní stranu vyznačenou nemá nebo je označená chybně. Viz Obr. 2.

Dalším faktorem ovlivňující tepelné chování domu, je členění terénu na pozemku. Můžeme využít svahovitého terénu a část domu situovat do svahu. Využijí se tím izolační vlastnosti zeminy.



Obr. 2 Příklad ideálního situování domu na pozemku [5]

2.2 Volba tvaru domu

Při stavbě domu se hledá takové řešení, aby byl ideální poměr povrchu obvodového pláště (A) a obestavěnému prostoru stavby (V). Tedy poměr A/V by měl být co nejmenší. Optimálním tvarem domu je ležatý vícepodlažní kvádr, který je delší stranou situovaný na jižní stranu, nejlépe s plochou střechou.

Aby byla splněna podmínka co nejmenšího poměru A/V je nutné minimalizovat veškeré výčnělky. Stavba pasivního domu by měla být co nejjednodušší. Různé balkóny, vikýře, lodžie podstatně zvětšují ochlazovaný povrch. Pokud z dispozičního řešení nějaký tento prvek dům musí mít, je nutné počítat se zvýšenými náklady na stavbu. Ty jsou provázené daleko silnější vrstvou izolace, která zaručí dodržení energetické bilance domu.

Dnes se ujímají i netradiční tvary domů, jako je tvar válce (viz Obr. 3) nebo elipsy, které mají dobrý poměr A/V, hlavně u větších administrativních budov.

Pro tvar domu platí, čím menší stavba, tím hůře se dosahuje pasivního standardu. Z tohoto hlediska vyplývá, že stavba samostatně stojícího domu, je pro dosažení pasivního standardu méně výhodná. Tvar domu přízemního bungalovu stěží dosáhne pasivního standardu. Výhodnější pro stavby v pasivním standardu jsou řadové rodinné domy, které mají společné dělicí stěny a plochy ochlazovaného pláště se tím zmenší. Další velmi výhodnou stavbou pro pasivní standard jsou panelové domy. Ty po zateplení a výměně oken mají optimální poměr A/V, který je také dán jednoduchým tvarem ležatého kvádrů. [6]



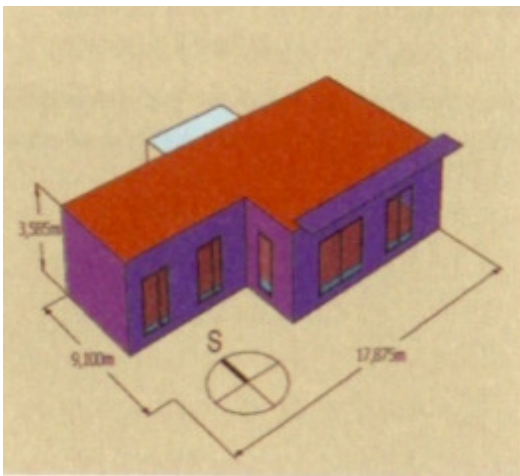
Obr. 3 Malý objem je kompenzován válcovitým tvarem stavby, název stavby: Nízkoenergetický dům Rondo, autor projektu: Ing. arch. Josef Smola, [7]

2.2.1 Vliv tvaru domu na splnění pasivního standardu

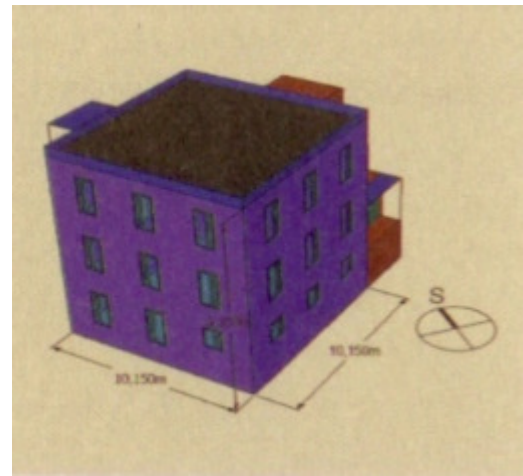
Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2, poměr ochlazované plochy k objemu je závislý na velikosti domu. Příznivější poměr ochlazované plochy k objemu, je u větších budov. Pro významnost tohoto vlivu na splnění pasivního energetického standardu, bylo provedeno výpočtové porovnání. To probíhalo na skutečných objektech.

Hlavními kritérii pro splnění pasivního standardu jsou dva ukazatele - průměrný součinitel prostupu tepla (udává celkovou tepelnou ztrátu prostupem tepla vztaženou na jednotku plochy hranice vytápěného prostoru – dle ČSN 730540-2) a měrná roční potřeba tepla na vytápění.

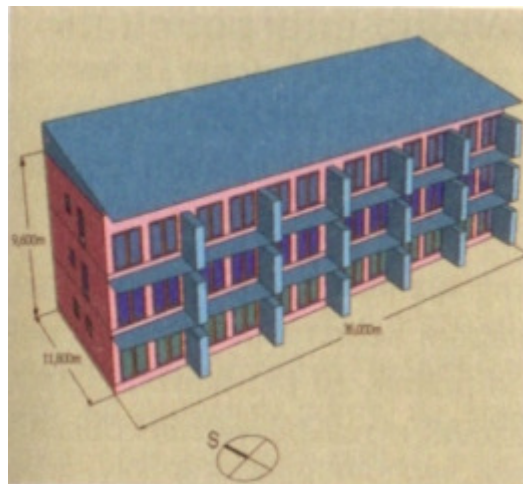
První objekt je zobrazen na Obr. 4, jedná se o jednopatrový rodinný dům s jednou bytovou jednotkou, půdorysem do písmene L o půdorysných rozměrech 9,10 x 17,88 m a výšce 3,59 m. Druhý objekt na Obr. 5, je třípatrový rodinný dům se třemi bytovými jednotkami, jehož tvar se blíží tvaru krychle. Rozměry 11,80 x 36,00 m a výšce 9,35 m. Třetí objekt je bytový dům se sedmnácti bytovými jednotkami o rozměrech 11,80 x 36,00 m a výšce 9,6 m, zobrazený na Obr. 6.



Obr. 4 Model objektu 1



Obr. 5 Model objektu 2



Obr. 6 Model objektu 3

Objekt	Objem objektu V [m ³]	Podlahová plocha objektu A _p [m ²]	Plocha obálky budovy A [m ²]	Objemový faktor tvaru budovy A/V [m ² /m ³]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² ·K]/tl. tepelné izolace d[mm]				Průměrný součinitel prostupu tepla U _{em} [W/m ² ·K]	Měrná roční potřeba tepla na vytápění E _A [kW/m ² ·a]
					Stěna	Střecha	Podlaha	Výplně otvorů		
1	493,8	112,8	470,9	0,95	0,12/300	0,07/500	0,12/300	0,853 až 0,952	0,16	19,7
2	963,3	260,0	585,7	0,61	0,13/250	0,10/400	0,26/140	0,800 až 1,040	0,22	19,4
3	2765,0	1165,8	1775,0	0,44	0,14/0,250	0,12/340	0,18/200	0,839 až 1,175	0,28	14,1

Tab. 2 Základní charakteristiky objektů s vypočtenými hodnotami

Z vypočtených hodnot je nejzajímavější porovnání objemových faktorů budov s průměrnými hodnotami součinitele prostupu tepla a měrnou roční potřebou tepla na vytápění.

U prvního objektu není faktor A/V příliš příznivý. To musí být vykompenzováno kvalitní izolací. Druhý objekt má díky vhodné geometrii nízký poměr A/V, to je také znát v tloušťce použité izolace, která je o 50 až 160 mm nižší než u prvního objektu. Třetí dům dosahuje o více než 5 kWh/(m²·K) nižší hodnoty měrné roční spotřeby na vytápění než mají podstatně menší rodinné domy i s horšími tepelně-izolačními vlastnostmi. Objekt má díky příznivému poměru ochlazované plochy k objemu a podlahové ploše průměrnou hodnotu součinitele tepla 0,28 W/(m²·K).

Z této studie je vidět velký význam velikosti a geometrie objektů na výslednou měrnou potřebu energie na vytápění nebo na potřebnou tepelnou izolaci. Je tedy patrné, že pro stavbu v pasivním standardu je lepší rozvíjet stavbu budov větších, například dvojdomy, řadové domy a také rozvíjet výstavbu bytových domů v pasivních standardech. Bohužel v České republice se tak zatím neděje. [8]

2.3 Členění dispozice

Nejvíce se uplatňuje tzv. tepelné zónování dispozice. Jde o rozdělení prostoru v domě dle způsobu používání a režimem vytápění. Zónování se vyplácí zejména při řešení orientace jednotlivých místností. Hlavní zásady při řešení dispozice je umístění tzv. vedlejších prostor. To jsou prostory typu koupelna, WC, garáž, chodby, schodiště, spíž, komory apod. Tyto místnosti se zpravidla umísťují na severní stranu, protože jsou nenáročné na denní osvětlení. Proto také mají minimální plochu oken a tím malé tepelné ztráty. Na jižní stranu se umísťují obytné místnosti. U těchto prostor je nutné zvážit dobu jejich užívání. Např. pro ložnice je nejvhodnější umístění na východní stranu, aby bylo zajištěno ranní proslunění (může být také SV nebo JV). Obývací pokoj je nejvíce využíván v odpoledních a večerních hodinách, proto je vhodná orientace na jižní stranu, případně na JZ a Z.

Nejvíce prosklených ploch se nachází na jižní straně domu, na východní a západní straně by okna měla být o něco menší. Na severní straně by mělo být co nejméně oken s malou plochou zasklení. Celková plocha oken a ostatních zasklených částí domu by neměla být větší než 25 % celkové plochy obvodové konstrukce domu. [9]

Zimní zahrady, prosklené lodžie nebo jiné prostory (např. sklepy a suterény) zpravidla zhoršují tepelnou bilanci pasivního domu. Pokud si je majitel domu přeje, je nutné oddělit tyto místnosti od vytápěného prostoru a zajistit dobré větrání. V počátcích pasivních domů se hodně využívali a navrhovali zimní zahrady. Dnes, po více zkušenostech s pasivními domy, můžeme říci, že zimní zahrada je pro pasivní dům vhodná jako nevytápěný, tepelně zónovaný přístavek domu. Z energetického hlediska se ale nejedná o přínos. [10]

2.4 Požadavky na izolaci

Na obvodový plášť domu je hlavní požadavek omezení prostupu tepla. To se vyjadřuje součinitelem prostupu tepla, který se označuje U (čím je hodnota U menší, tím méně se v domě protopí). Optimálním součinitelem dosáhneme silnou vrstvou tepelné izolace s omezením a vyloučením tepelných mostů a tepelných vazeb. [11]

U pasivních domů je nutné dosáhnout součinitele $U = 0,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Ke splnění tohoto požadavku je nutné použít alespoň 200 mm izolace. Na izolaci se dnes používá různý materiál, např. lze použít polystyren, minerální nebo skelnou vatu, ovčí vlnu, slámu, celulózové vločky atp. Konstrukce domu je nutné navrhovat tak, aby nedocházelo ke srážení vlhkosti. [12]

Přehled požadavků na tloušťku izolace u PD a NED je v Tab. 3.

Tloušťka izolace	NED (U = 0,4 W/m².K)	PD (U = 0,15 W/m².K)
Podlahy na terénu [mm]	120 - 150	300
Obvodové stěny [mm]	200 – 250	300 – 400
Střecha [mm]	300 – 350	500 - 600

Tab. 3 Požadavky na tloušťku izolace u NED a PD

2.5 Střecha

Střechu volíme především z hlediska funkčnosti. Důležitými vlastnostmi jsou vysoká tepelná ochrana a co nejmenší tepelné ztráty střechy. Nejmenší ztráty bude mít střecha s příznivým poměrem ochlazované plochy k objemu domu. Z tohoto hlediska by ideálním řešením byla střecha tvaru kole či polokoule, která má nejmenší poměr ochlazování k ohřívání objemu, ale z konstrukčního hlediska není příliš vhodná.

Hojně se stále používají sedlové střechy, které historicky sahají až do dob zakládání měst a vesnic, kdy sklon střechy navazoval na ráz krajiny. PD mohou mít sedlovou střechu, ale vzhledem k tomu, že ideálním tvar domu je ležatý kvádr s delší stranou k jihu a střechou nakloněnou na sever, není sedlová střecha vhodným řešením. Nevýhoda sedlových střech je jejich sklon, který je 30 – 50 ° a vytváří tím velkou plochu, která se musí tepelně z izolovat. Z toho plynou vyšší náklady na stavbu. Pod střechou také vznikají hůře využitelné prostory, především omezenou výškou. Mnoho lidí si myslím, že sedlové střechy lépe chrání před sněhem. Architektonický ateliér KURNAR po zimě 2005/2006 došel k závěru, že sedlové střechy trpí sesuvy sněhu, přemísťováním a následně jeho přeměnou na ledový krunýř, který nerovnoměrně zatěžuje střechu a může způsobit destruktci střechy. Naopak střechy rovné nebo s mírným sklonem jsou zatěžovány rovnoměrně a většinu sněhu ze střechy odvane vítr, protože střechy nemají závětrnou stranu, na které by se mohly tvořit závěje.

Vhodnějším typem střechy je plochá střecha s mírným sklonem od 0,5° do 20 °. Hlavní výhody plochých střech:

- minimální povrch a menší plocha pro zajištění izolace,
- lépe využitelný prostor pod střechou,
- jednodušší konstrukce oproti sedlovým střechám, minimalizují se problémy s utěsněním obvodového pláště,
- odolávají lépe extrémním sněhovým podmínkám,
- plochý tvar střech umožňuje lepší umístění slunečních kolektorů (nastavení sklonu a orientace kolektorů pro maximální sluneční zisky)

Dnes se můžeme setkat i s tzv. vegetačním typem střech. Zeleň je vynikající izolační element vytvářející ochranu střešního pláště a nepodléhá tak mechanickému opotřebení. Vegetační vrstva zlepšuje tepelněizolační vlastnosti střechy, v létě stíní a v zimě chrání před ochlazováním. Po klasických krytinách voda rychle a bez užitku steče, ale u zelených střech je voda zadržována a minimalizují se tím výkyvy počasí. Také postupným odpařování naakumulované vody ze srážek odpařujících se do ovzduší je příznivě ovlivněno mikroklima. K záporným vlastnostem zelených střech patří vysoká cena, zatím málo zkušeností s výstavbou a tím i malý výběr realizačních firem. [13]



Obr. 7 Pasivní dřevěný dům s extenzivní zelenou vegetační střechou [14]

2.6 Okna pro PD

U oken je požadavek součinitele prostupu tepla 0,6 až 0,8 W/m²·K. Tomuto požadavku odpovídají okna zasklená trojsklem. Běžný okenní rám má horší izolační vlastnosti, proto se používají dřevěné i plastové rámy doplněné izolací. U některých výrobců se můžeme setkat s uvedeným součinitelem prostupu tepla jen u zasklení, je ale potřeba sledovat součinitel pro celé okno.

Aby byla dodržena těsnost domu, je nutné využít nuceného větrání, proto nemusí být všechna okna v domě otevírána. To sníží jejich cenu. V každé místnosti PD se nechává alespoň jedno okno otevíratelné, pro případ výpadku proudu a nefunkčnosti větracího systému. [15]

Při použití kvalitních oken jistě majitelé domů ocení teplotu na povrchu okenních tabulí, která je velmi blízká teplotám v interiéru. Tím odpadá nepříjemný pocit chladu od studených okenních tabulí.

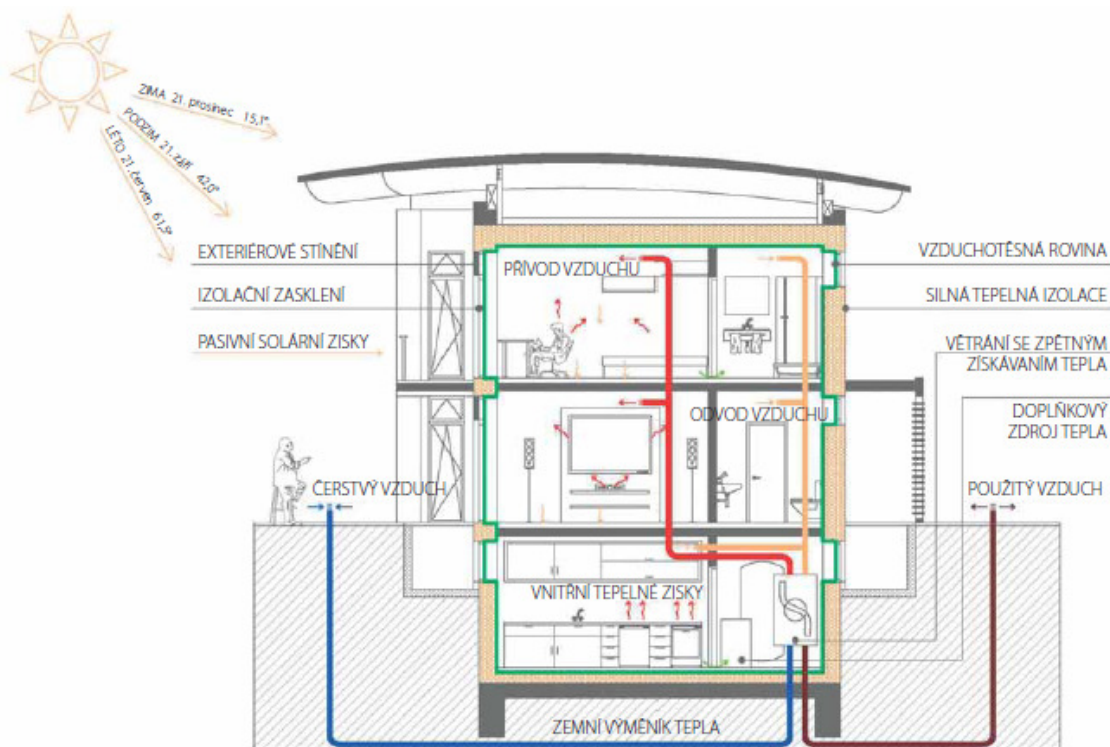
2.7 Větrání

PD musí mít řízené větrání. Díky silné izolaci a kvalitním oknům uniká jen velmi málo tepla. Většina spotřeby případně na ohřev větracího vzduchu. Vhodným řešením je tzv. rekuperace tepla, kdy se teplý vzduch předá do výměníku chladnému vzduchu. Rekuperací je možné využít až 80 % odpadního vzduchu (systém rekuperace viz Obr. 8).

Další možností je využití tepelného čerpadla. To odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch nebo vodu pro topný systém. Tepelná čerpadla mají oproti rekuperaci vyšší účinnost, ale také vyšší cenu.

Větrání PD není dosud vázáno předpisy, ale obvykle se navrhuje tak, aby intenzita výměny vzduchu byla 0,3 až 0,5 objemu obytných místností za hodinu. Když se v domě nikdo nenachází, intenzita větrání by měla být 0,1 objemu za hodinu (kvůli odvodu vlhkosti a škodlivin).

V zimě se může vyskytnout problém s vlhkostí vzduchu v místnostech. V zimních měsících má totiž venkovní vzduch nízký obsah vlhkosti. U běžných domů se tento problém nevyskytuje, protože obyvatelé v zimě méně větrají. Možným řešením je použití výměníku, který vzduch dczvlhčuje. Možné je také použití vnitřních omítek nebo přiček z nepálené hlíny, která se dobře vyrovnává s rozdílnými vlhkostmi. [16]



Obr. 8 Systém využívání rekuperace v PD [17]

3 Energetická náročnost pasivních domů

Největší rozdíl mezi běžnou a pasivní stavbou je znát v množství dodané energie. Pasivní domy potřebují energie mnohem méně. Jedním z důvodů je využití rekuperace v pasivních domech. Díky rekuperaci neboli zpětnému získávání tepla, se teplota v interiéru domu téměř nemění. Rekuperace zajišťuje předávání tepla mezi vzduchem, který je odváděn pryč a vzduchem, který proudí dovnitř. Udává se, že při účinnosti rekuperace 80 % je zajištěna teplota interiéru 16 °C, a to i v zimních mrazech (- 15 °C). Díky rekuperaci, také z domu uniká minimum tepla a pasivní domy nejsou náročné na vytápění. Během roku je ale nutné i do pasivního domu dodávat energii. Náklady na vytápění se pohybují přibližně mezi 4 a 5 tisíci korun ročně. [18]

Pasivní dům se bez přidaného zdroje vytápění neobejde. Obzvláště v podmínkách, které má Česká republika. Z hlediska intenzity slunečního záření se nachází v horším pásmu. V průměru má o 60 slunečních dní za rok méně než například Rakousko nebo Švýcarsko (viz Obr. 9). Přidáním zdroje vytápění jde zejména o doplnění ztrát v nejchladnějších zimních měsících. Tepelné ztráty jinak pokrývá teplý větrací vzduch z rekuperace, solárními zisky, vnitřními zisky z metabolického tepla a instalovaných zařízení. Vnitřní tepelné zisky jsou přibližně 2,5 kW/m². [19]



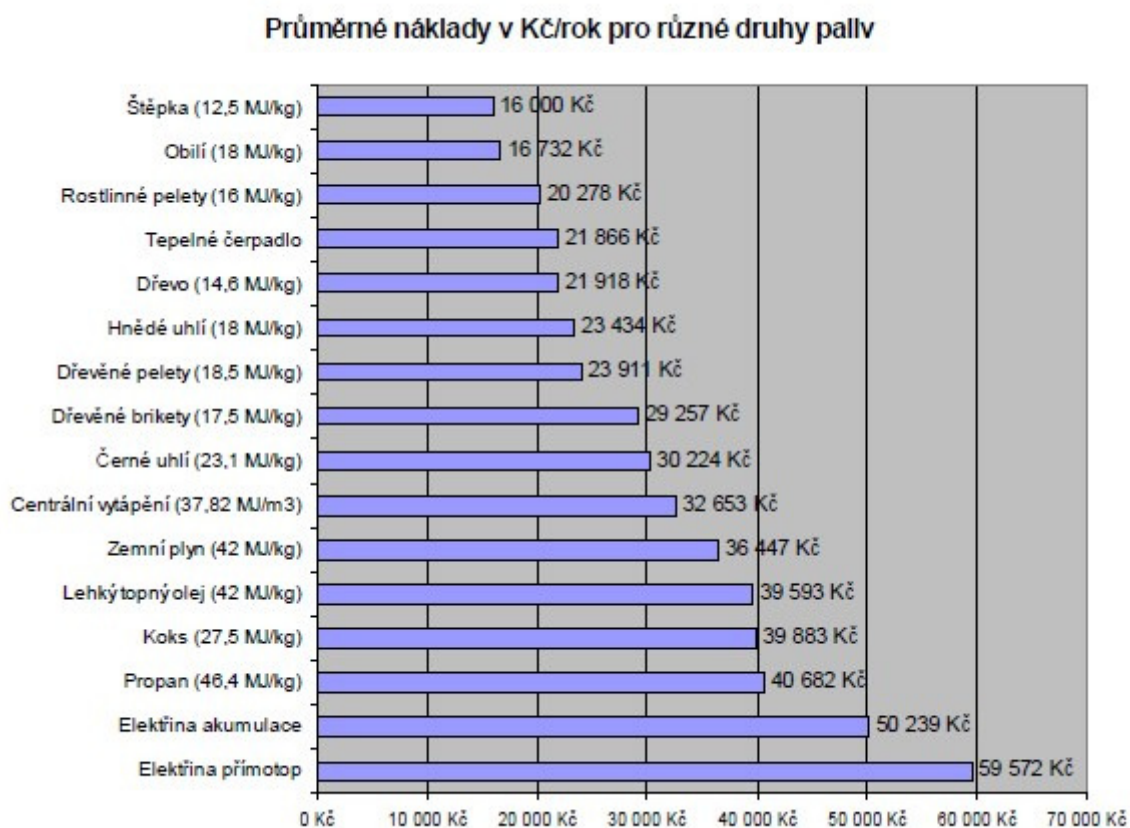
Obr. 9 Intenzita slunečního záření v Evropě [20]

3.1 Volba primární energie pro PD

Zdroje energie můžeme rozdělit na neobnovitelné a obnovitelné. Neobnovitelné zdroje budou vyčerpány, jsou to převážně paliva na bázi fosilních paliv (ropa, zemní plyn, uhlí). V dnešní době jsou stále více podporované OZE, především z EU. Jedná se hlavně o využití energie ze slunečního záření, biomasy, větru a také využití energie země, vody, vzduchu v tepelných čerpadlech.

V ČR je komplikované jaký druh primární energie zvolit. Zásoby uhlí budou vyčerpány mezi roky 2030 a 2050. Díky bohatým ložiskům uranu je možné využití jaderné energetiky. Na dodávkách zemního plynu je ČR z 80 % závislá na Rusku. Podle přijetí Směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov se v budoucnu nevyplatí jiný než pasivní dům.

Primární energie se potřebuje především na pokrytí dalších energetických potřeb budovy, tzn. na přípravu teplé vody, osvětlení, pro provoz domácích spotřebičů, atd. Cílem pasivních domů je snížení ekologické zátěže. Proto otázkou zůstává jaký vhodný typ vytápění zvolit s ohledem na účinnost a ekologii.



Obr. 10 Průměrné náklady různých druhů paliv: roční náklady na vytápění středně velkého rodinného domu při spotřebě tepla cca 80 GJ. Ceny jsou platné k 27. 1. 2011[21]

3.1.1 Využití energie ze slunce

V pasivních domech se sluneční energie využívá především k ohřevu teplé, který zajišťují termické kolektory. Přibližně je potřeba 1,5 m² na osobu, celoroční účinnost je 60 %.

Dále se využívají fotovoltaické kolektory, které přeměňují sluneční energii na elektrický proud. Vhodným využitím fotovoltaických kolektorů se může dům stát energeticky plusový. V letních měsících jsou přebytky do sítě dodávány, a v zimních měsících se elektrický proud v menší míře odebírá.

Optimální sklon panelů je 30 ° na jižní stranu, kde lze dosáhnout nejvíce solárních zisků. Životnost se udává mezi 20 až 30 lety. [22]

3.1.2 Zemní výměníky

Výměníky využívají stabilního tepla během celého roku v zemi, v hloubce větší než 2 metry. V létě je přiváděný vzduch ochlazován (až o 7 °C), v zimě přehříván (až o 10 °C). [23]

3.1.3 Tepelná čerpadla

Tyto zařízení pracují na základě přeměny tepla z okolí na energii pro vytápění a ohřev teplé vody. Tepelná čerpadla jsou velmi šetrná k ekologii, neboť při jejich provozu do ovzduší neunikají žádné emise. Rozlišujeme tepelná čerpadla vzduch/vzduch, vzduch/voda, voda/voda, země/voda.

Tepelná čerpadla si berou teplo z půdy, vzduchu nebo z vody, tím se ohřeje tekutá kapalina a přemění se do plynného stavu. Přejde do kompresoru, kde se zvýšeným tlakem ještě více ohřívá. Teplo pak předává topná kapalina, která ohřívá dům v radiátorech. Čerpadla typu země/voda využívají energii z hornin získanou hlubinným vrtem. [24]

3.1.4 Zemní plyn

I u pasivních domů lze využít tento druh vytápění. Výhodou plynových kotlů je dobré spalování, snadná regulace výkonu a minimální produkce emisí a díky rozsáhlé plynofikaci v posledních letech, jeho dostupnost. Nevýhodou může být stále vzrůstající cena plynu na trhu.

3.1.5 Elektrické vytápění

Hlavní výhodou tohoto druhu vytápění jsou nízké pořizovací náklady. Zásadní nevýhodou je vysoká cena elektřiny, protože elektřina je vysoce kvalitní forma energie. Také při pohledu na ekologii nelze mluvit o vhodném využití a šetření energií. V pasivních domech je lepší využít jiný druh energie pro vytápění.

3.1.6 Vytápění biomasou

Pod pojmem biomasa si můžeme představit veškerou hmotu organického původu (dřevo, rychle rostoucí plodiny, organické zemědělské odpady, dřevní odpad, piliny, štěpky, slámu, exkrementy hospodářských zvířat). Biomasa je obnovitelný zdroj energie a na životní prostředí má malý vliv. Výhodou při spalování např. briket nebo pelet je malý obsah popela oproti spalování uhlí. Nevýhodou je stále vyšší cena tohoto druhu paliva a vysoké pořizovací náklady kotle. Většina kotlů na spalování pelet má automatické zásobníky, které postupně dopravují pelety do kotle.

Dnes je cenově nejvýhodnější vytápění dřívím. Výhodné jsou kotle na tuhá paliva nebo lze i v pasivních domech využívat sálavého tepla pomocí krbových kamen. Za pomoci výměníku lze krbová kamna použít pro ohřev teplé vody. Můžeme se setkat s peletovými kamny s automatickým zásobníkem.

3.2 Kontrola kvality pasivních domů

3.2.1 Kniha konstrukčních detailů

Důležitou součástí kvalitního projektu by mělo být řešení důležitých konstrukčních detailů, které se zaznamenají v knize konstrukčních detailů. V knize jsou zaznamenány podrobnosti pro sestavení rozpočtu stavby, ale také detaily, na které je třeba se při stavbě zaměřit. Jednotlivé detaily by měli být rozkreslené s podrobným popisem konstrukcí. Důraz je kladen na grafické vyznačení hlavní vzduchotěsné vrstvy.

Vyřešení daného detailu již v projektu zabrání vzniku tepelných mostů i riziku netěsnosti v daném místě. Nejrizikovějšími bývají styky konstrukcí a prostupy. Přítomnost prostupů technických instalací pláštěm budovy je nevyhnutelná (např. okenní a dveřní otvory). Z tohoto důvodu se tepelné mosty nedají úplně vyloučit, ale je třeba je alespoň minimalizovat.

V knize konstrukčních detailů jsou zaznamenány např.:

- napojení vodorovných základů na svislé stěny
- detail u vstupních dveří,
- řešení oken v nadzemní části
- návaznost obvodového pláště na strop nad prvním patrem
- prostupy obvodovým pláštěm

Vypracováním konstrukčních detailů se majitel domu vyhne případným netěsnostem a v případě opravy jsou krizová místa snadno dohledatelná. [25]

3.2.2 Vzduchotěsnost budovy

Vzduchotěsný plášť domu je hlavní podmínkou fungování pasivního domu. Další důležitou podmínkou je vyhnout se tepelným mostům a tepelným vazbám (vznikají na styku dvou druhů konstrukcí např. připojovací spára u oken). K ověření vzduchotěsnosti budovy se používá tzv. testů neprůvzdušnosti, nazývané také Blower Door Test. [26]

Největší množství tepla uniká větráním a netěsnostmi konstrukce. U běžných staveb je výměna vzduchu nechtěnými netěsnostmi 10 – 50 % objemu stavby za hodinu. Právě těmito únikům se snažíme v pasivních domech zabránit a větrání řídit přes rekuperační jednotky. Důležité je dosažení vysokého stupně vzduchotěsnosti. Úroveň vzduchotěsnosti zajišťuje Blower Door test. Při tomto testu je možné lokalizovat všechny netěsnosti.

3.2.2.1 Blower Door test

V České republice se nejčastěji používá metoda tlakového spádu tzv. Blower Door test, dle ČSN EN 13829. Pro pasivní domy je doporučeno provádět dva testy.

První test se nazývá metoda „B“. Touto metodou je testována těsnost obálky domu v průběhu výstavby, kdy jsou ještě parotěsné roviny obnažené a test je určen pro správnost jejich provedení. Obnažení těchto zábran umožňuje snadnou identifikaci vad a následně snadná oprava.

Při druhém testu nazývaném metoda „A“ je budova testována po úplném dokončení stavby. Často se používá jako součást přejímkového řízení stavby před kolaudací. Cílem tohoto testu je udělení Certifikátu o měření průvzdušnosti budovy s vyjádřením souladu s ČSN 73 0640-2.

Cílem přípravy testu je provizorně utěsnit všechny funkční otvory, které by mohly zkreslit výsledky měření. Jedná se hlavně o výdechy vzduchotechniky, ventilace kanalizace, centrálního vysavače, komín a jiné prostupy pláštěm domu. Těsnění se provádí gumovými balónky, páskami, fóliemi apod. Okna se zavřou, interiérové dveře se otevřou. Řízené větrání a další spotřebiče musí být vypnuté. Do vstupních dveří je nainstalován těsný systémový teleskopický rám s plachtovou výplní a vysokootáčkovým ventilátorem s možností regulace otáček, napojeným na měřící techniku s výstupem do počítače (viz. Obr. 10).

Podstatou testu je měření množství vzduchu, které pronikne netěsnostmi při různých hodnotách tlakového spádu, vyvolaného uměle ventilátorem. Standardní hodnota je 50 Pa. (to odpovídá zatížení, kterému je stavba vystavena při větru o rychlosti 10 – 14 m/s). Měření by se mělo provádět ve dvou sériích při podtlaku a při přetlaku. Například při nedolepených parozábranách na bázi fólií se v jednom směru mohou tlakem více otevírat, naopak v protisměru je tlak vzduchu přimkne k sobě. [27]



Obr. 11 Provedení Blower Door testu ve fázi rozestavěnosti [28]

3.2.2.2 Metody odhalování netěsností

Tyto metody se používají pro přesné určení netěsností. Velmi jednoduchou metodou ohledávání spár při podtlaku je použití vlastní dlaně. Při podtlaku v interiéru je citlivá pokožka ruky schopná zachytit průvan.

Další metodou nenáročnou na vybavení je použití inertního dýmu. Tato metoda slouží pro zmapování cest průniku konstrukcí. Do interiéru je při přetlaku umístěn vyvíječ bílého inertního dýmu a z exteriéru se pozorují místa úniků (viz Obr. 11).

Nejpřesnější a nejčastěji používanou metodou je použití anemometru. Velmi přesně měří rychlost proudění vzduchu. Je to tenká trubička s malým hrotem, která veškeré ochlazování přenáší do měřicího přístroje. Při podtlaku v interiéru se čidlo umísťuje co nejbližší povrchu. V kombinaci s termovizním měřením je možné kvalitně vyhledat každou netěsnost.

Termovizní snímkování je přesná metoda. Bohužel jsou vysoké pořizovací náklady za termovizní kameru a od toho se odráží i výše služby za provedení měření (ceny se pohybují od 2.500 až do 5.000 Kč). Velké nároky jsou také kladeny na zkušenosti obsluhy. Při měření se vyžaduje teplotní rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou 10 °C. Principem je snímání infračerveného spektra povrchu konstrukce v rozsahu 5 – 15 μm a zobrazení zdánlivého teplotního pole.

Měření netěsností se provádí i ultrazvukem. U nás tato metoda není moc rozšířená. Měří se při běžném tlaku, kdy je na jedné straně konstrukce umístěn generátor ultrazvuku a na straně druhé přijímač ultrazvukových vln. Na netěsnost v konstrukci upozorní zvukový signál. [29]



Obr. 12 Umístění generátoru kouře v interiéru

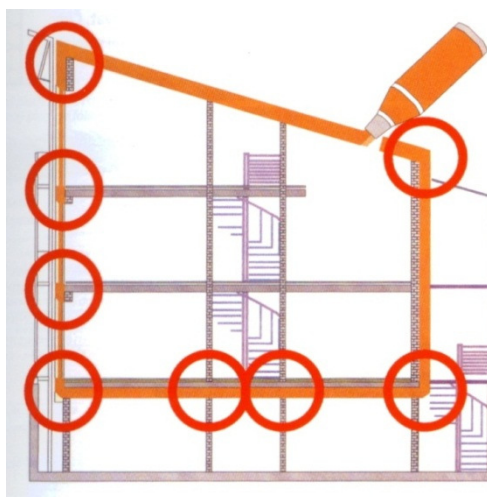


Obr. 13 Měření manometrem

[30]

3.2.3 Tepelné mosty

Jedná se o slabá místa v plášti budovy, která způsobují ztrátu energie. Postavení domu bez tepelných mostů je hlavní prioritou pasivních domů. Plášť domu musí být navrhován tak, aby každý náčrt mohl být obkreslen jedním tahem. Kritické jsou ty oblasti, kde je nutné zastavit tužku (viz Obr. 14). V těchto místech je nutné vypracovat detailní řešení a zaznamenat do knihy konstrukčních detailů. [31]



Obr. 14 Náčrt k odhalení tepelných mostů [32]

3.3 Výpočetní nástroje energetické náročnosti

Výpočet energetické náročnosti budov s velmi nízkou potřebou energie není lehkým úkolem. Pro určení existují normy a předpisy, ale ty bohužel nejsou dost přesné. První pasivní domy byly dokončeny v roce 1991 a od té doby se energetickou náročností pasivních domů zabývá německý Passivhaus Institut. Proto byl vytvořen nástroj, pomocí něhož lze získat spolehlivé výsledky energetické náročnosti. Program PHPP (Passive House Planning Package) je návrhový nástroj v prostředí tabulkového editoru. Hlavními přednostmi programu jsou spolehlivost a jednoduché ovládání.

V programu PHPP najdeme tyto výpočetní nástroje:

- výpočet součinitelů U stavebních prvků s velkou mírou tepelné izolace
- výpočet energetické bilance (klimatická data pro 11 míst v ČR)
- návrh řízeného větrání
- výpočet topné zátěže (klimatická data pro ČR zatím nejsou dostupná)
- výpočet letního případu – četnosti přehřívání
- a další nástroje pro spolehlivý návrh pasivního domu

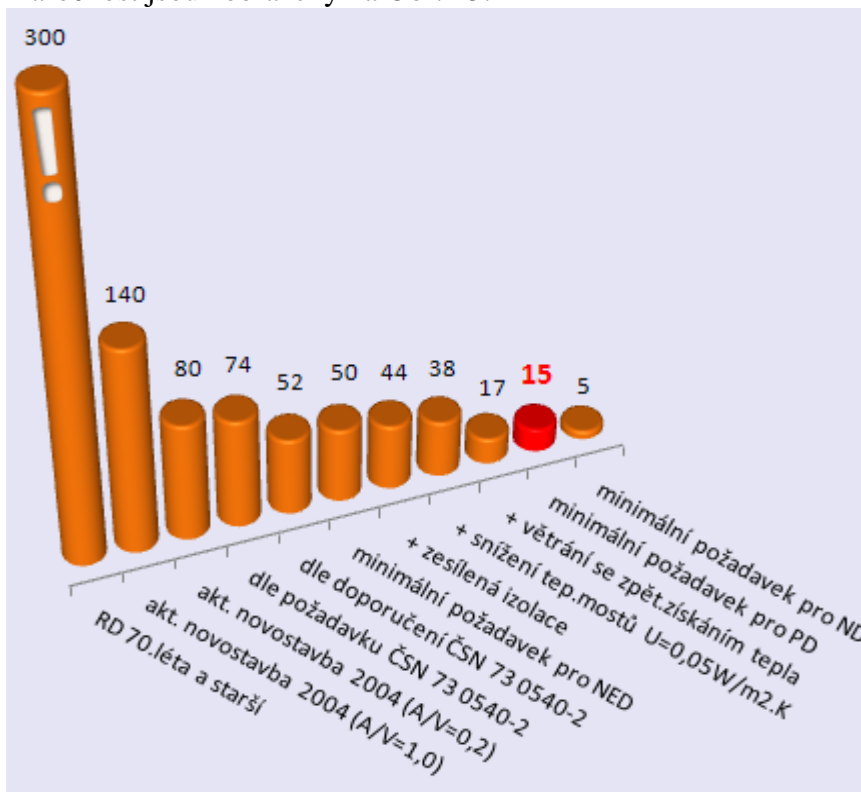
Program PHPP byl poprvé představen v roce 1998. Od té doby je neustále aktualizován a vyvíjen. Základem programu jsou moduly pro výpočet potřeby tepla na vytápění, výrobu tepla a distribuci, potřebu elektřiny a potřebu primární energie. Dále jsou přidávány další moduly např. výpočet parametrů oken, stínění, topné zátěže a letní případy.

PHPP je stále aktualizován na základě nových měření a výsledků výzkumu. Součástí doprovodných výzkumů bylo provedeno měření u více než 300 domů, které ukázalo velmi uspokojivou přesnost. [33]

V současné době se na trhu objevilo několik plánovacích nástrojů, které mohou projektantovi pomoci při návrhu a optimalizaci pasivního domu. Takovým nástrojem je například Multi-Comfort House Designer 2.0 CZ. Tento nástroj vznikl na základě určitého zjednodušení programu PHPP, pro uživatelsky jednoduchou obsluhu. Jeho hlavním pozitivem je snadné, rychlé vyhodnocení parametrů domu a snadná změna zadávaných údajů. Produkt nabízí firma ISOVER a program zasílá na požádání zdarma. Každý zájemce o pasivní dům si tam může spočítat, zda jeho objekt splňuje podmínky pro pasivní dům. [34]

3.4 Porovnání energetické náročnosti NED, PD a nulových domů

V dnešní době je možné stavby rozdělit podle jejich energetické náročnosti na vytápění na domy běžné, nízkoenergetické, pasivní a nulové. Požadavky na jejich energetickou náročnost jsou zobrazeny na Obr. 13.



Obr. 15 Měrná spotřebovaná energie na vytápění [kWh/m²·a] [35]

3.5 Časté chyby při návrhu a konstrukci PD

Dosažení pasivního standardu není v podmínkách ČR jednoduché. Stavba pasivních domů začala v Německu a Rakousku, kde s výstavbou mají hodně zkušeností. Oproti těmto zemím má ČR nižší teploty a méně slunečního svitu. Proto je nutné vyvarovat se chybám při návrhu i při samotné konstrukci domu.

Chyby v návrhu

Výběr pozemku

Výběr pozemku je většinou na investorovi. Jen málo investorů vybírá pozemky vhodné pro výstavbu pasivních domů. Proto se musí často dělat ústupy a dům pak stěží dosáhne pasivního standardu. Také je hodně klientů, kteří si nenechají od architekta poradit a nenechají si zpracovat studii technického a tepelně-technického řešení. Při porušení vstupních zásad pro stavbu, má pak projektant špatná vstupní data, která lze vylepšit pouze vhodným návrhem.

Orientace domu na pozemku

Velmi častým problémem pro orientaci domu, je nemožnost umístit dům na jižní stranu, nebo je problémem se stíněním na jižní straně. V podmínkách ČR znamená otočení o 30 ° a více stupňů oproti geografickému jihu nemožnost dosažení pasivního standardu.

Tvar domu

Větší přízemní dům např. o rozloze 150 m² i více nemůže dosáhnout pasivního standardu. U takové rozlohy je velmi špatný poměr A/V a tím pádem jsou ochlazované plochy veliké. Pro stavbu pasivního domu v podmínkách ČR je hranice zastavěné plochy 120 m², což odpovídá užité ploše 95 m². Pro pasivní dům je velmi důležitý kompaktní tvar.

Chyby v projektování

Nedostatečné řešení konstrukčních detailů (zabránění tepelným mostům)

Důležité je posuzovat detaily styku vodorovné a svislé izolace u zděné stavby, kde je obvyklé místo vzniku tepelného mostu. Při jejich ignorování nemusí být dosaženo pasivního standardu. V projektu je nutné posuzovat detaily kotvení – např. pergoly, balkony apod. a také ocelové kotvy, které vedou skrz silné zateplení. Často je zanedbáváno kotvení okapů, vnějších svítidel, domovních čísel, zvonků, vnější elektroinstalace na fasádě, atd.

Nepoužívání výpočetních nástrojů pro určení energetické náročnosti

Mnoho lidí si myslím, že pasivního domu dosáhnou přidáním silné izolace a zlepšením kvality oken. Není tomu tak. Velmi málo projektantů používá k optimalizaci výpočetní nástroj PHPP, který je velmi efektivním nástrojem pro vytvoření pasivního domu. Většina prvotních návrhů od architektů má spotřebu mezi 18 – 45 kWh/m² za rok. Což je až 300 % spotřeba pasivního domu.

Neznalost nových materiálů, technologií a ostatních technických možností

Toto se týká zejména oken, skel, vchodových dveří, nových izolačních materiálů a jejich použití. Výrobci oken mnohdy neuvádějí tepelně-technické parametry rámců, skel a je někdy těžké se v tom zorientovat.

Chyby při konstrukci

- chybné provedení detailů
- regulace vzduchotechniky se neprovádí dle výpočtu PHPP
- nedodržení zásad pro dosažení vzduchotěsnosti
- nedodržení zásad pro kompaktní tepelnou obálku

Pasivního domu nedosáhneme pouze lepším zateplením nízkoenergetického domu. Další osvěta veřejnosti může vést k lepšímu seznámení s poměrně složitou problematikou pasivních domů. [36]

4 Zhodnocení vývojových trendů v oblasti PD

Dlouhodobým cílem v současnosti je snížení energetické náročnosti budov, tím omezit potřebu energetických zdrojů a snížit emise skleníkových plynů. Nejvíce energie se spotřebuje na vytápění, větrání a klimatizaci, což tvoří 40 % z celkové státní energetické bilance. Při přeměně stávajících budov na nízkoenergetické až pasivní lze uspořit více než 80 % energie. Úspory energie mají příznivý vliv na ekologii, zajišťují intenzivnější využití dostupných zdrojů a přispívají k energetické nezávislosti. [37]

4.1 Směrnice o energetické náročnosti budov

Lídrem v energetických úsporách je Evropská unie. Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (EPBD1 = Energy Performance Building Directive) se stala základním evropským předpisem. V důsledku jejího přijetí se v Zákoně o hospodaření s energiemi objevila povinnost vybavit každou budovu průkazem energetické náročnosti, který musí být nedílnou součástí projektové dokumentace stavby ke stavebnímu povolení.

Od 1. ledna 2009 je povinnost provádět nové budovy a rozsáhlejší změny stávajících budov tak, aby měly požadovanou nízkou energetickou náročnost.

Další přijatá směrnice ze dne 19. Května 2010 (EPBD2) vytyčuje čtyři hlavní oblasti a zavazuje členské státy zajistit:

- do 31. prosince 2020 všechny nové budovy budou vybudovány s „téměř nulovou spotřebou energie“, v případě budov používaných a vlastněných veřejnou mocí se termín zkracuje do roku 2018
- snížení celkových emisí skleníkových plynů alespoň o 20 %
- zvýšit energetickou účinnost do roku 2020 o 20 %
- zvýšit podíl energie z OZE do roku 2020 na 20 % [38]

Dle nově přijaté směrnice bude po roce 2020 možné stavět domy s energetickou spotřebou blízké nule. EU chce koncepcí dosáhnout ekonomičtějšího hospodaření s energiemi a omezit jejich plýtvání. Toto nevhodné zacházení se negativně promítá do stavu životního prostředí.

Dle Ministerstva životního prostředí jsou vyhlídky na budování energetických staveb optimistické. Bohužel v současnosti se u nás nachází pasivních domů kolem stovky. Důvodem je stále malý počet projektantů a firem, které jsou schopny kvalitní pasivní dům navrhout a postavit. Kvalitní a promyšlený projekt je pro pasivní domy klíčovým parametrem. V České republice působí kolem 70 projektantů, kteří jsou schopni navrhout kvalitní pasivní dům. Část těchto projektantů sdružuje Centrum pasivního domu, kde je zaregistrováno asi 55 firem, které splnili podmínky pro stavbu pasivních domů.

V Evropě nejvíce pasivních domů najdeme v Rakousku, kde stojí přibližně 12 500 pasivních domů. Požadavky na energetickou výstavbu domů v současné době také zavádí Velká Británie. [39]

4.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkazem energetické náročnosti musí být od příštího roku označena každá budova nebo byt, který bude chtít majitel prodat či pronajmout.

Průkaz má především pomoci kupujícím jako vodítko při pořizování nové nemovitosti. Při výběru domu pak bude snadné si porovnat, u kterého domu lze na provozu ušetřit. Většina odborníků věří, že zavedení energetických průkazů donutí majitele nemovitostí více investovat do zateplení, úspornějších topení apod., aby snížili energetickou spotřebu budov.

Už dnes jsou energetické štítky povinné u novostaveb a většiny rekonstrukcí. Ceny průkazů se u rodinných domů pohybují mezi třemi až pěti tisíci korun, u administrativních budov se jedná o desítky tisíc korun.

Energetický průkaz klasifikuje budovy do sedmi kategorií od velmi úsporných A až po mimořádně nevhodných G. Za vyhovující se považují budovy v kategoriích A až C. Třída A odpovídá domům pasivním, třída B nízkoenergetickým. Ve třídě C jsou budovy vyhovující doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla. Třídy D a E odpovídají průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006. V poslední třídě G jsou domy označovány za mimořádně nevhodné. Součástí průkazu je protokol popisující tepelné parametry budovy.

Rozdělení podle tříd bude zvlášť pro vytápění, obálku budovy, větrání nebo osvětlení. Podle toho se lépe pozná, kudy z domu uniká nejvíce energií. V materiálech vypracovaných od autora budou uvedena doporučení, která opatření může majitel udělat, aby uspořil. (ukázka průkazu energetické náročnosti viz Příloha 1) [40]

4.3 Rekonstrukce v pasivním standardu

Mnoho domů z hlediska energetické náročnosti ve většině spadá do kategorie „nevyhovující a ž mimořádně nevhodné“ a jsou spíše tepelnými zářiči. Právě tyto domy jsou nejnáročnějším energetickým odvětvím a svým provozem se z velké části podílejí na 40 % spotřebě energie u nás. Zkušenosti ze stavby pasivních domů by měly vést k aplikaci zkušeností na stávající domy a zlepšit tak jejich energetické vlastnosti. V zahraničí se mluví o faktoru 10, tedy o desetinné spotřebě energie po renovaci budov v pasivním standardu. Potřeba tepla na vytápění u starších budov se pohybuje mezi 150 až 250 kWh/m²·a, u domů postavených po roce 2002 mezi 80 až 140 kWh/m²·a. Domy rekonstruované v pasivním standardu mají potřebu tepla na vytápění menší než 25 kWh/m²·a. To je úspora 80 až 90 % oproti původnímu stavu.

Rekonstrukce je výhodná z hlediska finančních úspor i menší zátěže na životní prostředí. Obnova budov s sebou nese řadu problémů. Důležité je zhodnocení prvků, které jsou v pořádku a které je zapotřebí vyměnit. V domech ze 70. až 90. let je hodně prvků, které jsou funkčně v pořádku a komplikují rozhodování. Domy ze starších dob jsou pro rekonstrukce vhodnější, protože často potřebují generální opravu a je zde jednodušší volit radikální řešení. Základem je kvalitní koncept renovace.

Rekonstrukce panelových a bytových bytů na pasivní standard jsou z hlediska konstrukčního nepochybně jednodušší než rekonstrukce rodinných domů. Vylepšit energetické vlastnosti lze u většiny budov (rodinné domy, panelové a bytové domy, administrativní budovy, historické objekty nebo školy, školky nemocnice a další sociální zařízení). Smyslem rekonstrukce je celková obnova, ochrana stávající konstrukce, prodloužení životnosti a zvýšení komfortu a tím i zvýšit cenu nemovitosti. Jednotlivé druhy budov se liší zvoleným přístupem, technickým řešením, poměrem finančních nákladů potřebných na rekonstrukci a logistiku. V těchto případech jsou budovy po rekonstrukci cenově srovnatelné s novostavbami a mnohdy i s lepšími energetickými parametry a užitnými vlastnostmi.

Rekonstrukce větších budov

Tyto stavby jsou většinou financovány z veřejných prostředků a měly by jít při snižování energetické náročnosti příkladem. Výhodou těchto objektů bývá zpravidla kompaktní tvar, jednoduchost detailů, menší členitost a množství podobných prvků. Všechny tyto prvky zjednodušují a zlevňují rekonstrukci. Nejnáléhavější je v tomto sektoru jednoznačně potřeba komplexních rekonstrukcí panelových a bytových domů. Přes sto miliónů lidí ve východní Evropě bydlí v panelových domech s obrovskou energetickou náročností.

Stávající budovy – problémy	Možnosti sanace
<ul style="list-style-type: none"> • obvodové stěny nespĺňují požadavky na přestup tepla, velké tepelné mosty a vazby • degradace konstrukčních prvků – koroze výztuží, zatékání ve stycích 	<ul style="list-style-type: none"> • zateplení obvodových stěn 16 – 30 cm izolace, • zateplení sklepa (případně základů) – 10 až 20 cm izolace • kvalitní ochrana fasády – omítkový systém nebo obklad
<ul style="list-style-type: none"> • masivní tepelné mosty v napojení balkonů a lodžii 	<ul style="list-style-type: none"> • důsledné odstranění tepelných mostů – úprava balkonů a lodžii • umístění komunikačních prostor, balkonů, lodžii mimo objekt, s minimalizací tepelných mostů – řešit je jako samonosné prvky (pokud to jde)
<ul style="list-style-type: none"> • nevyhovující střešní konstrukce - obecně nespĺňují požadavky na prostup tepla, velké tepelné mosty, časté škody - např. porušená hydroizolace nebo krytina 	<ul style="list-style-type: none"> • izolace střechy včetně atiky – 20 až 40 cm izolace • instalace vhodné krytiny
<ul style="list-style-type: none"> • netěsná okna a rámy, zasklení nespĺňují požadavky na prostup tepla 	<ul style="list-style-type: none"> • výměna oken – použití zasklení a ráků, aby celé okno splňovalo $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ • osazení do vrstvy izolace
<ul style="list-style-type: none"> • netěsnost konstrukcí způsobuje značné tepelné ztráty a ochlazování konstrukcí 	<ul style="list-style-type: none"> • vzduchotěsné napojení ráků oken, • test neprůvzdušnosti, utěsnění spár
<ul style="list-style-type: none"> • značné tepelné ztráty větráním 	<ul style="list-style-type: none"> • instalace systému řízeného větrání s rekuperací tepla s účinností >80%
<ul style="list-style-type: none"> • značné ztráty otopného systému, nízká efektivita 	<ul style="list-style-type: none"> • zateplení rozvodů, armatur teplé vody • výměna zdroje tepla + využívání OZE

Tab. 4 Tabulka problémů s rekonstrukcí panelových domů a jejich řešení



Obr. 16 Ukázka rekonstrukce výrobní haly na pasivní standard, před a po rekonstrukci.[41]

4.4 Certifikace pasivních domů v ČR

Certifikát uděluje Centrum pasivního domu a slouží jako záruka kvality postaveného domu. Předmětem kontroly je projektová dokumentace i vlastní provádění stavby. Záměrem certifikátu je omezit nekvalitní realizace pasivních domů a také možnost rozpoznat klamavé reklamní nabídky.

Předmětem certifikace je:

- ověření projektové dokumentace a ověření výpočtu potřeby tepla na vytápění a dalších závazných hodnot dle programu PHPP + TNI
- kontrola realizace stavby – shoda navržených a skutečně použitých výrobků a materiálů, provedení klíčových konstrukčních detailů, doložení testu neprůvzdušnosti, protokol o zaregulování vzduchotechnického zařízení

Postup vydávání certifikátu PD:

- kontrola výpočtu dle PHPP + TNI
- podrobné doložení a výpočet tepelných mostů a vazeb
- podrobné doložení zastínění
- doložení projektu pro provedení stavby, včetně detailů tepelných mostů
- doložení průběhu realizace (fotodokumentace, test neprůvzdušnosti)
- doložení protokolu o zaregulování vzduchotechnického zařízení [42]

Závěr

Pasivní domy se v současné době stávají stále aktuálnějším tématem z důvodu neustále se zvyšujících cen energií. Tento trend ještě více posílí přijetí evropské směrnice platné od roku 2020, která bude dovolovat stavět nové domy pouze v pasivním nebo nulovém standardu.

V první části práce jsou analyzovány energeticky úsporné stavby, se kterými se můžeme dnes setkat. Dále jsou popsány rozdíly mezi nízkoenergetickými, pasivními a nulovými domy. Na tyto stavby jsou kladeny přísné požadavky z hlediska architektury a stavebních prvků. Klíčovým parametrem pro dosažení pasivního standardu u novostavby je správné umístění domu na pozemku a jednoduchý kompaktní tvar.

Zásadami pro výstavbu pasivních domů se podrobněji zabývá druhá kapitola, ve které je uvedena studie vlivu tvaru domu na splnění pasivního standardu.

Hodnocením jednotlivých druhů vytápění se zabývá třetí kapitola. Popisuje vhodné druhy vytápění a jejich vliv na životní prostředí. Je zde také vyvrácen rozšířený mýtus o tom, že pasivní domy nepotřebují další zdroj energie. V nejchladnějších zimních měsících je nutné pokrývat ztráty doplňkovým zdrojem energie. Dále jsou v této kapitole rozebrány nejčastější chyby při výstavbě pasivních a nízkoenergetických domů, kterých se projektanti dopouštěli od počátku realizace těchto objektů u nás, tj. zhruba od roku 1991.

Závěrečná kapitola se zabývá vývojem pasivních domů do budoucna. Od příštího roku bude v České republice platit povinnost vystavení průkazu energetické náročnosti budovy při každém prodeji nebo pronájmu domu či bytu. Toto opatření má vést k tomu, že se majitelé budou snažit snížit energetickou náročnost budov. V dnešní době většina starších domů spadá do kategorie „nevyhovující až mimořádně nehospodárné“ a jsou spíše tepelnými zářiči než úspornými stavbami. Také zkušenosti ze stavby nových pasivních domů by měly vést k aplikaci zkušeností na stávající domy a zlepšit tak jejich energetické vlastnosti.

Seznam použité a citované literatury

- [1] *Centrum pasivního domu* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz>
- [2] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, s. 100-101. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [3] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, s. 43. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [4] *Galerie termogramů* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: http://www.termogram.cz/galerie_termoviznich_snimku
- [5] *Energeticky úsporný rodinný dům v praxi* [online]. 2004 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1828-energeticky-usporny-rodinny-dum-v-praxi-i>
- [6] SMOLA, Josef. *Architektura pasivních domů. Pasivní domy 2011*. 2011.
- [7] *Nízkoenergetický dům RONDO - Ing. Arch. Josef Smola*. www.isover.cz [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/nizkoenergeticky-dum-rondo-ing-arch-josef-smola>
- [8] HEC, Ondřej. *Vliv geometrie objektu na splnění pasivního energetického standardu. Pasivní domy 2010*. 2010, 88 - 90.
- [9] POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům*. Brno: ERA group spol. s r. o., 2008, 25 - 26. ISBN 978-80-7366-131-1.
- [10] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 139. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [11] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2008, s. 156. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [12] *Zásady výstavby pasivních domů. EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [13] www.naseinfo.cz. *Jakou střechu pro nízkoenergetický dům* [online]. 2010 [cit. 2012-06-04]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/horni-stavba/strecha/jakou-strechu-pro-nizkoenergeticky-dum>
- [14] *Na návštěvě domu se zelenou vlnou místo střechy*. www.dumazahrada.cz [online]. 2011 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/bydleni/interiery/2011/1/29/clanky/na-navsteve-domu-se-zelenou-vlnou-misto-strechy/>

- [15] Zásady výstavby pasivních domů. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [16] Zásady výstavby pasivních domů. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [17] Schéma pasivního domu. *www.euroline.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.euroline.cz/cz/projekty/rodinne-domy/pasivni-dum.html>
- [18] Jak efektivně topit v pasivním domě?. *www.nalezeno.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/jak-efektivne-topit-v-pasivnim-dome.aspx>
- [19] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, s. 242. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [20] Pásma intenzity slunečního svitu v Evropě. *www.casopisstavebnictvi.cz* [online]. 2007 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/nejvetsi-fotovoltaicka-elektrarna-ve-stredni-evrope-je-v-busanovicich_A190_I04_07
- [21] Průměrné náklady různých druhů paliv. *www.biom.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/prumerne-naklady-ruznych-druhu-paliv>
- [22] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 255 - 257. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [23] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 254. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [24] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 258 - 259. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [25] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 167 - 168. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [26] *Pasivní domy*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ s. r. o., 2011, 13. ISBN 978-80-254-8508-8.
- [27] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 211 - 212. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [28] Blower door test. *www.drevodomek.nevilias.net* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://drevodomek.nevilias.net/?x=entry:entry100320-171208>
- [29] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 214. ISBN 978-80-247-2995-4.

- [30] Identifikace a vizualizace defektů. *www.radion.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://radion.cz/?id=40>
- [31] *Pasivní domy*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ s. r. o., 2011, 25. ISBN 978-80-254-8508-8.
- [32] *Pasivní domy*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ s. r. o., 2011, 25. ISBN 978-80-254-8508-8.
- [33] Plánovací nástroj PHPP 2007 CZ. *www.pasivnidomy.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/software-pasivni-domy/planovaci-nastroj-phpp-2007-cz-ceska-verze.html>
- [34] *Pasivní domy*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ s. r. o., 2011, 28 - 30. ISBN 978-80-254-8508-8.
- [35] Nestačí jen nízkoenergetický dům. *www.radion.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://radion.cz/?id=30>
- [36] KONEČNÝ, Martin. Časté chyby při návrhu a provádění pasivních domů masivní konstrukce v ČR. *Pasivní domy 2009*. 2009, 319 - 324.
- [37] *Pasivní domy*. Častolovice: Saint-Gobain Isover CZ s. r. o., 2011, 22 - 23. ISBN 978-80-254-8508-8.
- [38] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, 337 - 338. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [39] Pasivní domy povinně od roku 2021!. *www.nalezeno.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/pasivni-domy-povinne-od-roku-2021.aspx>
- [40] Dům bez energetického štítku majitel neprodá. *Hospodářské noviny*. 2012, č. 060, s. 6.
- [41] Rekonstrukce v pasivním standardu. *www.pasivnidomy.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-05-31]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/rekonstrukce/rekonstrukce-v-pasivnim-standardu.html?chapter=zpasivnit-lze-vsechny-druhy-budov>
- [42] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha 7: Grada Publishing, a.s., 2011, ISBN 978-80-247-2995-4.

Seznam příloh

Příloha 1 – Ukázka průkazu energetické náročnosti

Příloha 2 – První administrativní budova v pasivním standardu

Přílohy

Příloha 1 – Ukázka průkazu energetické náročnosti budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení Adresa budovy Celková podlahová plocha:			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
			A	
			B	
			C	C
			D	
			E	
			F	
			G	
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok			XY	XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval			Jméno a příjmení Osvědčení č.	

Obr. 17 Ukázka Průkazu energetické náročnosti – písmeno C je požadavek normy, A je aktuální náročnost domu

Příloha 2 - První administrativní budova v pasivním standardu

Obr. 19 První administrativní budova v pasivním standardu (Zdroj: www.asb-portal.cz)

Pasivní standard nemusí být dosahován pouze u rodinných domů. V červnu minulého roku vznikla v Ostravě u nás zatím první administrativní budova dosahující pasivního standardu. Jedná se o čtyřpatrovou budovu, která slouží jako sídlo firmy se školicím střediskem pro zájemce o problematiku staveb v pasivním a nízkoenergetickém standardu. Dům je navržen jako vzorová stavba pasivního domu a zároveň slouží jako školicí pomůcka, na které si návštěvníci mohou prohlédnout nejmodernější technologie používané při realizaci těchto staveb.

I když se u nás v poslední době stále více prosazuje stavba pasivních rodinných domů, za ostatními zeměmi západní Evropy silně zaostáváme. V Rakousku se staví asi 20 % domů v pasivním standardu. Pasivní administrativní budovy jsou trendem blízké budoucnosti, dle evropské směrnice EPBD se od roku 2021 mohou stavět budovy s téměř nulovou potřebou energie, u budov veřejné správy je doba zkrácena o dva roky.

Ostravská administrativní budova stála 32 mil Kč, sahá do výšky 15 metrů a celková využitelná plocha činí 1 300 m². Vnější plášť tvoří 25 cm silný tepelný štít a okna jsou zasklená trojsklem. Hlavním zdrojem tepla a užitkové vody je tepelné čerpadlo vzduch/voda, u kterého lze využít i zpětný chod pro klimatizaci. Při vytápění objektu se počítá s maximálními teplotními zisky z pobytu osob a kancelářské techniky. Na střeše je instalováno 48 solárních kolektorů, předpokládaný výkon se odhaduje na 9 440 kWh.

Výstavba budovy ověřila reálnost nízkoenergetického navrhování v pasivním standardu i pro vícepodlažní administrativní budovy lokalizované na území ČR. Především se prokázalo, že tyto stavby nemusí být cenově nedostupné a jsou vhodné pro běžnou výstavbu.

V tabulce č. 5 je vidět roční návrh potřeby energie. Na Obr. 19 je znázorněn pohled na stavbu z jednotlivých světových stran. Na stranách, kde není dosahováno maximálních tepelných zisků, bylo třeba minimalizovat množství oken. Tento estetický problém architekt vyřešil zelenými obdélníky na omítce, které nahrazují okna.

Roční spotřeba energie	
Teplo na vytápění	18 180 kWh/rok (65,45 GJ/rok)
Měrná potřeba tepla	15,0 kWh/rok/m ²
Elektřina na výrobu chladu (předpoklad)	10 080 kWh/rok

Tab. 5 Návrh roční potřeby energie



Obr. 19 Pohledy na stavbu.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Dům služeb a školici středisko energetických úspor, Infoza s.r.o. ul. Varšavská, Ostrava – Mariánské Hory Celková podlahová plocha: 1267,4 m ²	Hodnocení budovy			
	A			
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² za rok	58			
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	253,14			
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení, el.
12 %	21 %	16 %	19 %	32 %
Doba platnosti průkazu do	duben 2019			
Průkaz vypracoval	Ing. Michal Havlíček Osvědčení č. 0764			

Obr. 20 Průkaz energetické náročnosti budovy.

Zdroj: časopis Stavitel a www.stavebni-forum.cz