



Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra regionálního managementu

Bakalářská práce

Ekonomické výhody a nevýhody pasivních domů v ČR a EU

Vypracovala: Zlataše Petřů

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.

České Budějovice 2016/2017

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

Jméno a příjmení: **Zlatuše PETRŮ**
Osobní číslo: **E13375**
Studijní program: **B6202 Hospodářská politika a správa**
Studijní obor: **Strukturální politika EU pro veřejnou správu**
Název tématu: **Ekonomické výhody a nevýhody pasivních domů v ČR a EU**
Zadávající katedra: **Katedra regionálního managementu**

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

Cíl práce:

Cílem práce je charakterizovat specifika pasivních a nízkoenergetických domů a posoudit zda, úspory energií při provozování takového domu pokryjí zvýšené náklady spojené s výstavbou.

1. Charakteristika pasivních a nízkoenergetických domů
2. Výhody a nevýhody pasivních a nízkoenergetický domů
3. Náklady na jejich výstavbu
4. Porovnání tepelných úspor při užívání stavby
5. Analýza efektivity investic

Výstupem je analýza a posouzení veškerých nákladů na výstavbu a provoz pasivních domů.

Metodika práce:

Metodicky bude práce založena na studiu odborné literatury zaměřené na problematiku pasivních domů, legislativních dokumentů a veřejně dostupných dat. V práci budou použity analytické metody historické, logické a komparační s využitím základních statistických metod.

Rámcová osnova:

1. Úvod
2. Literární rešerše - obecné uvedení do problematiky
3. Stanovení cíle, metodiky
4. Analýza a vyhodnocení
5. Diskuse a opatření
6. Závěr
7. Přehled užitých zdrojů a literatury
8. Přílohy.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran formátu A4
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


1. Korytářová, J. (2005). *Ekonomika investic, opora*. Brno: VUT FAST.
2. Marková, L. (2006). *Ceny ve stavebnictví, studijní opora*. Brno: VUT FAST.
3. Tichá, A., Tichý, J., & Vysloužil, R. (2008). *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm.
4. *Pasivní domy (2012)*. Sborník z konference Pasivní domy 2012. Brno: Centrum pasivních domů.
5. ČSN 730540-2/2002 - Energetický štítek budov.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.
Katedra regionálního managementu

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2013
Termín odevzdání bakalářské práce: 17. dubna 2016


doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 13 (25)
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. března 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to - v nezkrácené podobě / v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 30. 08. 2017

Zlataše Petřů

Poděkování

Děkuji tímto vedoucí bakalářské práce **doc. Ing. Evě Cudlínové, CSc.** za odborné vedení, pomoc, praktické rady a věnovaný čas.

Zároveň bych chtěla poděkovat panu **Ing. Miroslavu Maříkovi** ze společnosti Heluz s.r.o. za poskytnutí potřebných informací a faktických podkladů k práci.

OBSAH

1	Úvod.....	3
2	Cíl a metodika.....	4
2.1	Cíl práce.....	4
2.2	Metodika práce	4
3	Teoretická část - obecné informace	6
3.1	Posouzení vlivu na životní prostředí	6
3.1.1	Ekologie bydlení	6
3.1.2	Úspory energie a vody.....	7
3.2	Specifika nízkoenergetických a pasivních domů	9
3.2.1	Definice nízkoenergetických budov	9
3.2.2	Definice pasivních domů	9
3.2.3	Definice energeticky nulového domu	12
3.3	Odlišnosti nízkoenergetických a pasivních domů	12
3.4	Alternativní projekt soběstačného domu "Zeměloď Zeměnka"	13
3.5	Historie pasivních domů	15
3.6	Situace v ČR.....	17
3.7	Situace v EU.....	18
3.8	Legislativní požadavky	19
3.8.1	Snížování energetické náročnosti budov	19
3.9	Nová zelená úsporám	20
3.9.1	Oblast podpory B.....	20
3.10	Technické informace o pasivních domech.....	23
3.10.1	Správný návrh koncepce pasivního domu	23
3.10.2	Přehled požadavků na stavební konstrukce a komponenty pasivního domu	25
3.10.3	Výhody a nevýhody pasivních domů	28
4	Praktická část	34
4.1	Konkrétní popis pasivního domu společnosti Heluz	35
4.1.1	Technický popis domu	38
4.1.2	Partneři projektu domu	39
4.1.3	Porovnání pasivního domu s domem nízkoenergetickým	40
4.1.4	Náklady na provoz stavby.....	42
4.1.5	Energetická návratnost investice.....	43
4.2	Novostavba RD v Českých Budějovicích.....	44
4.2.1	Technické parametry rodinného domu	45
4.2.2	Roční spotřeba plynu v domě	46
4.2.3	Průměrný týdenní výkon topení	48
4.2.4	Tepelné ztráty domu	49

OBSAH

4.2.5	Shrnutí vlastností nízkoenergetického domu - reálné zkušenosti.....	51
5	Závěr	53
6	Summary	54
7	Seznam použité literatury	55
8	Seznam tabulek, obrázků a grafů	59
9	Seznam příloh.....	60

1 ÚVOD

Jako téma pro svou bakalářskou práci jsem si zvolila "Ekonomické výhody a nevýhody pasivních domů v ČR a EU". Pro mé rozhodnutí měl zásadní význam zájem o ekologii, životní prostředí a energeticky úsporné bydlení. Důvodem výběru bylo také načerpání konkrétních znalostí o nových stavebních materiálech a technologických postupech. Porovnání ekonomických výhod a nevýhod pasivních domů s nízkoenergetickými stavbami je zajímavé též z hlediska propojení moderního, komfortního a zároveň ekologicky efektivního bydlení. Získané informace jsou pro mě velmi cenné a výborně uplatnitelné v reálném životě.

Snižování energetické náročnosti budov je v současnosti základním trendem i příležitostí do budoucna, jak pro jednotlivce, tak pro společnost jako celek. K realizaci staveb pasivních domů je potřeba vzájemná spolupráce od projektantů, přes realizační firmy, dodavatele materiálů a uživatele staveb.

Pro člověka, který si chce pořídit pasivní dům, vyvstane v souvislosti se stavbou mnoho otázek, na které hledá odpovědi. Takovéto otázky jsou přirozené a je na ně důležité najít kvalifikované odpovědi. Lidé v dnešní době řeší bydlení, které odpovídá minimální energetické náročnosti a maximální energetické úspoře. Oproti minulosti se změnilo ekologické smýšlení českých občanů. Zvýšil se počet těch, kteří upřednostní stavby z ekologických materiálů, které do budoucna nebudou zátěží pro životní prostředí.

2 CÍL A METODIKA

2.1 Cíl práce

Cílem mé práce je charakteristika specifik pasivních a nízkoenergetických domů a zhodnocení jejich ekonomické efektivity. Jedná se zejména o posouzení úspor energií při běžném provozu. Chtěla bych odpovědět na otázku, zda úsporný provoz pasivních domů pokryje zvýšené náklady spojené s výstavbou. A pokud ano, v jakém časovém horizontu.

Dalším z cílů je vyhodnocení vlivu pasivních a nízkoenergetických domů na životní prostředí a porovnání s klasickými stavbami.

2.2 Metodika práce

Prvním bodem mé práce bylo získání informací o pasivních domech z literatury. Konkrétní informace o pasivním domě, který se nachází na českobudějovickém výstavišti, jsem získala od společnosti Heluz. Jako zdroj informací posloužilo také Energy Centre České Budějovice (ECČB, 2017), kde jsem získala mnoho dalších materiálů, prospektů, rad, názorů a kontaktů na společnosti, zabývající se stavbou a projektováním pasivních staveb. Dalším zdrojem informací byly názory odborníků. Absolvovala jsem několik konzultací s Ing. Martinou Kozelkovou, která je jednatelkou firmy Origis, jež se zabývá projektováním nízkoenergetických dřevostaveb.

Teoretická část je zaměřena na posouzení vlivu úsporných staveb na životní prostředí a definování základních druhů úsporného bydlení. Jsou zde popsány hlavní principy pasivních domů a jejich ekonomické výhody a nevýhody. Začleněna je také historie pasivních domů, aktuální situace v ČR a EU, legislativní pohled na problematiku a zmínka o dotačním programu na pasivní bydlení "Nová zelená úsporám". Z důvodu kontrastu a zajímavosti tématu jsem vybrala také alternativní pohled na věc a prezentovala ojedinelý projekt soběstačného domu "Zeměloď Zeměnka".

Praktická část se věnuje porovnání vzorového pasivního domu firmy Heluz se stejnými typy domů, které byly vyprojektovány jako nízkoenergetický a standardní dům. Zhodnotila jsem tepelně-energetické parametry a ekonomickou efektivnost těchto staveb. Použila jsem výpočet efektivnosti investice. Základem tohoto výpočtu byla technická normalizační informace TNI 73 0329 - zjednodušené výpočtové hodnocení a

klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění pro rodinné domy. Výsledky porovnála s daty firmy Heluz.

Pro dotvoření představy o možnostech úspor energií, jsem se zabývala porovnáním reálné nízkoenergetické stavby v Českých Budějovicích, kde bylo možné podrobně sledovat vývoj nákladů na topení a ohřev vody v časovém horizontu osmi let. Porovnání je zajímavé právě tím, že majitel domu v projektu uvažoval nejprve o standardní stavbě. Až v pozdní fázi projektu se přiklonil ke zlepšení základních detailů domu, které považoval za důležité z hlediska budoucích úspor nákladů. Dům lépe zaizoloval, zredukoval tepelné mosty, vybral kvalitní okna a úsporný kondenzační plynový kotel. Výsledky tohoto kroku jsou jedinečné svou jednoduchostí a schopností přeměny nepříznivých vlastností standardní stavby na nízkoenergetický dům, bez nutnosti vysokých pořizovacích nákladů na nadstandardní technologie, které jsou používány u pasivních staveb. Příznivé výsledky, ohledně tepelných ztrát nízkoenergetického domu v porovnání s původním standardním projektem, jsou podrobně popsány a zhodnoceny ke konci praktické části.

3 TEORETICKÁ ČÁST - OBECNÉ INFORMACE

3.1 Posouzení vlivu na životní prostředí

3.1.1 Ekologie bydlení

Ekologické bydlení je vysoce úsporné oproti běžnému typu bydlení. Rozdílná je zde pouze distribuce finančních prostředků. Běžný dům má relativně nízké pořizovací náklady, ale vysoké náklady provozní. U energeticky úsporných pasivních domů je tomu naopak. Životnost domů je v desítkách let a proto se vyplatí investovat do kvality dnes a ušetřit v budoucnu. Úspora je vyjádřena nejen v penězích, ale i v ochraně životního prostředí. Pasivní domy spotřebují minimum energie a domácnosti jsou právě tím největším spotřebitelem energie. Čtyřicet procent celosvětové energie je spotřebována na vytápění a chlazení domů, což je větší spotřeba energie než u průmyslových podniků. (Plamínková, 1998)

Ekologické bydlení se vyznačuje nejen respektem k přírodě, ale i k historicky a kulturně památným místům. Výstavba domů by měla navazovat na stávající infrastrukturu a neměla zabírat kvalitní zemědělskou půdu či ekologicky významné lokality s výskytem vzácných druhů rostlin. U projektů ekologického bydlení se počítá s šetrným nakládáním s odpady a jejich tříděním. Biologický materiál se kompostuje a slouží ke zkvalitnění okolní půdy. Některá ekosídliště v Rakousku se snaží i o částečnou samoprodukcii potravin na biozahradách. Biozahradou jsou označovány zahrady, kde lidé hospodaří v souladu s přírodou a bez nutnosti používání škodlivých chemikálií.

U ekologického bydlení se lidé snaží o snížení absolutní spotřeby energie a o snížení spotřeby energie získávané z neobnovitelných zdrojů. Využívají k tomu netradičních zdrojů energie jako například dřevo, fotovoltaické panely, sluneční kolektory či tepelná čerpadla. Nejlepší ekonomickou návratnost vykazují kotle na dřevo nebo biomasu a tepelná čerpadla. (Plamínková, 1998)

Současnou architektonickou produkci, jež je označována slovem ekologická, lze rozdělit do několika skupin.

- Architektura nenáročná na fosilní paliva - je největší a nejprostudovanější oblastí ekologického stavitelství. Těžba, zpracování a následné pálení fosilních paliv jsou hlavními příčinami znečišťování ovzduší a tvorby skleníkových plynů a klimatických změn. Neobnovitelné zdroje se nahrazují obnovitelnými.

Mezi obnovitelné zdroje patří sluneční a solární energie, energie zemského jádra a vody, energie větrná nebo energie biomasy. (Suske, 2008) Solární fotovoltaické systémy patří k obnovitelným zdrojům energie se zanedbatelným vlivem na životní prostředí. Neprodukují emise ani nespotřebovávají externí energii. (Centrum pasivního domu, 2014)

- Architektura na bázi přírodních stavebních materiálů - používání přírodních materiálů je v architektuře považováno za ekologickou kvalitu. Důvodů je několik. První je energetický - energie se spotřebovává pouze na opracování. Při použití místních materiálů odpadají náklady na dopravu. Dalším důvodem je estetika. Přírodní materiál se harmonicky začlení do místního přírodního rámce.
- Zelená architektura - zeleň vytváří přátelské prostředí přírodě i člověku. Architektura maximálně využívající zeleň jako prvek architektonický nebo urbanistický je považována za ekologickou. Reprezentantem této architektury jsou zelené střechy nebo fasády. (Suske, 2008)

3.1.2 Úspory energie a vody

Při růstu spotřeby energie se zvyšuje její vyrobené množství a negativní dopady na životní prostředí, přírodu, ekosystémy a biosféru vůbec. (Belica, 2006)

K šetření energie vede člověka mnoho důvodů. Nemusí jít vždy o peníze. Může jít také o potřebu snížení závislosti na dodavatelských paliv a energiích nebo o snahu udělat něco pro životní prostředí a své svědomí. (Srdečný, 2004)

Úspory energií vždy znamenají i zmírnění dopadů na životní prostředí. Energetické úspory jsou dosahovány zaváděním účinných systémů osvětlení, vytápění atd. Nevyrobená, ušetřená energie vyjde mnohem levněji než jakékoliv nové zdroje. (Molda, 2003)

Reálné možnosti úspory elektrické energie:

V moderních domech je možné uspořit energii bez snížení pohodlí a to odstraněním zbytečné spotřeby energie a jejího plýtvání.

V následujícím textu najdete nejčastější chyby, kterých se dopouštějí majitelé domů a kterými je možné energii ušetřit.

- Problémem je dlouhodobé větrání otevřenými okny v době provozu otopného nebo chladicího systému.
- Nevyužívání vnějších žaluzií k přitápění sluneční energií v topném období a odražení slunečního tepla do venkovního prostoru v létě.
- Ventilační systém nevyužívá tepelnou energii odsávaného vzduchu k ohřevu přiváděného vzduchu.
- Teplo odpadní vody je nevyužito pro přehřívání studené vody.
- V prostorách s krátkodobým pohybem osob svítí světlo po nadměrně dlouhou dobu.
- Osvětlení je zbytečně v provozu i v místnostech s dostatečným venkovním osvětlením.

Maximálního využití energií je dosaženo pomocí komplexních automatických systémů s možností ručních zásahů v případě potřeby změny nastavení. Pro šetření energií je potřeba umět měřit okamžité podmínky objektu a spotřebu měnit dle zjištěných okolností.

U pasivních domů je nejvýznamnější položkou pro úspory energií co neekonomičtější řízení vzduchotechniky (odvádění nadměrně vlhkého vzduchu a naopak přivádění vzduchu studeného) a otopné soustavy. Další úspory jsou možné například využíváním dešťové vody v domácnosti, která je používána např. pro praní, splachování WC, provozní a údržbové činnosti, zalévání zahrad apod. Spotřebu vody také šetří moderní sanitární technika. (Velfel, 2010) Častou chybou při nakládání s dešťovou vodou je její odvod přímo do kanalizace bez jakéhokoliv dalšího využití. (Báčová, 2010) Zdrojem vody může být také používání vlastní studně, nacházející se na pozemku. Pro používání vody jako pitné je potřeba pravidelných měření kvality vody. (Hudec, 2013) Podstatné úspory jsou zaručeny používáním spotřebičů a elektroniky nové generace (chladničky, pračky, sušičky, myčky, varné desky a trouby), kde je garantován vysoký stupeň energetických a ekologických úspor. (Velfel, 2010)

Reálné možnosti úspory vody:

- Nahrazení pitné vody dešťovou a studnovou
- Použití úsporných spotřebičů
- Použití úsporného splachovacího zařízení
- Instalace průtokových redukci (snižují průtok a následně i spotřebu)

- Použití bezdotykových baterií a úsporných sprchovacích hlavíc
- Instalace termostatických mísičů vody (okamžité dosažení požadované teploty vody)
- Upřednostnění sprchy před koupelí
- Použití technologie na zachytávání zbytkového tepla odpadní vody (Hudec, 2013)

3.2 Specifika nízkoenergetických a pasivních domů

V současné době je možné sledovat velký rozvoj výstavby nízkoenergetických a pasivních budov.

Nejrozšířenější v oblasti nízkoenergetických staveb jsou nízkoenergetické domy. Zdokonalováním nízkoenergetických staveb se dospělo ke standardu energeticky pasivních domů. Výjimkou nejsou ani energeticky nulové a energeticky nezávislé domy. Odlišnost výše zmíněných staveb spočívá především v řešení energetických soustav. V praxi, pokud budeme porovnávat jejich energetické parametry, se většina budov pohybuje v těsném rozmezí mezi nízkoenergetickými a pasivními domy. (Nagy, 2009)

3.2.1 Definice nízkoenergetických budov

Jejich hlavní charakteristikou je nízká potřeba tepla na vytápění. Té je dosahováno zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy.

Za nízkoenergetickou se dle ČSN 73 0540-20 (2011) považuje budova, jejíž průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy nepřekračuje normou doporučenou hodnotu a současně měrná potřeba tepla na vytápění v souladu s ČSN EN ISO 13790, TNI 73 0330 nepřekračuje 50 kWh.

3.2.2 Definice pasivních domů

Pasivní dům je definován jako dům s minimální potřebou tepla na vytápění, dům využívající solární zisky a dům s velmi dobře izolovanou obálkou budovy.

Jan Tywoniak, profesor z Katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT v Praze a vědecko-výzkumný pracovník, charakterizuje pasivní domy jako domy s minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů

na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením. (Autorský kolektiv: Jan Tywoniak, 2012)

Existují různé způsoby definování pasivního domu. Číselné hodnoty, které pasivní dům vymezují, se mohou v závislosti na zvolené metodě lišit.

1. Definice dle Centra pasivního domu

K těm nejstarším způsobům, jak charakterizovat pasivní dům, patří kritéria německého Passive House Institute. V České republice pak tyto kritéria známe přeneseně přes Centrum pasivního domu. Pro splnění certifikace „pasivní dům“ je třeba splnit následující:

- součinitel prostupu tepla konstrukcí $U \leq 0,15$ [W/(m².K)];
- měrná potřeba tepla na vytápění ≤ 15 [kWh/(m².a)];
- celková potřeba primární energie ≤ 120 [kWh/(m².a)];
- průvzdušnost obálky budovy $n_{50,N} \leq 0,6$ h⁻¹;
- měrný příkon tepla ≤ 10 W/m².

Dále je třeba konstrukci navrhnout bez tepelných mostů, zaručit tepelnou pohodu v letním období a také zajistit kvalitu vnitřního prostředí. Tzn. zajistit dostatečnou výměnu vzduchu. Pro hodnocení se využívá Passive house planning package (PHPP). PHPP, oproti české metodě výpočtu, odlišně vnímá podlahové plochy. Tato skutečnost má vliv zejména na veličiny, které se rozpočítávají na metry čtvereční plochy. Pracuje s odlišným přístupem k výpočtu solárních zisků. (Centrum pasivního domu, 2017)

Centrum pasivního domu vydalo formulář s názvem "Desatero pasivního domu". Pokud dům splní všech deset bodů, lze předpokládat, že se jedná o dům pasivní. Formulář je přiložen v příloze 5.

2. Definice dle české legislativy I.

Český pasivní dům je oproti německému (viz výše) mírněji hodnocený. Jsou zde jiné veličiny, i podmínka, že v rodinném pasivním domě nesmí být užito chlazení. Komfort v letních dnech se zajišťuje přednostně vhodnou konstrukcí stínění, přesahů střech atd. Proto, abychom rodinný dům mohli označit jako energeticky pasivní dle ČSN 73 0540:2 (hodnocení se provádí v součinnosti s TNI 73 0329) a je třeba splnit pět následujících základních požadavků:

- průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \leq 25$, lépe 0,20 [W/(m².K)];
- měrná potřeba tepla na vytápění ≤ 20 , lépe **15** [kWh/(m².a)];
- měrná potřeba energie na chlazení = 0 [kWh/(m².a)];
- měrná potřeba primární energie ≤ 60 [kWh/(m².a)];
- průvzdušnost obálky budovy $n_{50,N} \leq 0,6$ h⁻¹.

Oproti předešlému způsobu hodnocení je požadavek na primární energie nižší. To je způsobeno tím, že ČSN neuvažuje energii na provoz spotřebičů. Také si můžeme povšimnout odlišné hranice pro měrnou potřebu tepla na vytápění. Vzhledem k různým metodám výpočtu se ve výsledku jedná o naprosto odlišné hodnoty.

3. Definice dle české legislativy II

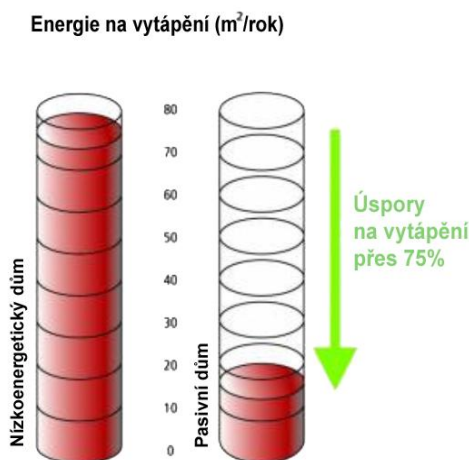
Předchozí dvě metody hodnocení se běžně používaly do roku 2013, kdy vstoupila v platnost vyhláška č. 78/2013 Sb. Jedná se o prováděcí vyhlášku k zákonu o hospodaření s energií, vyhlášku o energetické náročnosti budov.

Tento předpis vnáší zcela nové pohled na hodnocení energetické náročnosti budov. Oproti předchozím, pevně nestanovuje hodnoty, které je třeba splnit. Metoda hodnocení je založena na porovnávání posuzované budovy s budovou referenční. Vlastnosti konstrukcí a technických systémů jsou pro referenční budovu zakotveny v předpisech. Ve výsledku se tedy hodnotí, kolikrát je posuzovaná budova lepší, než budova referenční. Na rozdíl od předešlých, vyhláška nepracuje s měrnou potřebou tepla na vytápění, ale s veličinami:

Obrázek 1: Porovnání nízkoenergetických a pasivních domů z hlediska úspor na vytápění

- U_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla;
- Q_d – dodaná energie;
- Q_p - primární neobnovitelná energie. (ČVUT, 2014)

Vyhláška č. 78/2013 Sb. nevyužívá pojem „pasivní dům“, ale pojmem budova s téměř nulovou spotřebou energie.



Zdroj: Heluz, Mařík, 2017

3.2.3 Definice energeticky nulového domu

Energeticky nulový dům je vlastně dům s "nulovou potřebou energie", tzn. s potřebou tepla blízkou nule - tj. menší než 5kWh. Realizace takového domu je náročná pro investice do technického zařízení a závisí také na výběru mimořádně vhodných podmínek pro stavbu domu. Tyto domy se objevují velmi zřídka. Zásadní snahou je dosažení neutrálního výsledku bilance energie a emisí v období jednoho roku.

Produkce elektřiny v těchto domech bývá často zajišťována fotovoltaickými systémy nebo malou větrnou turbínou. Rozhodující roli pro vyrovnání energetické nabídky a poptávky, závislé na sezónních vlivech, sehrává napojení na veřejnou energetickou síť. (Nagy, 2009)

3.3 Odlišnosti nízkoenergetických a pasivních domů

Nízkoenergetické a pasivní domy – oba typy úsporných staveb nabízejících příjemné vnitřní prostředí, vysoký komfort bydlení a hlavně nižší náklady na energie. Nejsou však zdaleka totožné. Rozdíly jsou následující:

- Spotřeba energií - požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění za rok je u nízkoenergetických domů maximálně 50 kWh/m², u pasivního domu je tato hodnota 15 kWh/m².
- Ekonomická návratnost - díky minimální spotřebě energií na vytápění má pasivní dům větší ekonomickou návratnost než dům nízkoenergetický.
- Způsob vytápění - modernější a úspornější topné a solární systémy u pasivních domů umožňují vytápění pouze obytných místností a koupelen. Za slunečných mrazivých dnů nemusí být vůbec nutné pasivní dům vytápět, protože slunce přes den poskytne okny dostatek tepla i pro mrazivé noci.
- Tepelné izolace - stavební konstrukce pasivního domu se vyznačují silnější vrstvou tepelně izolační vrstvy a jsou použité jiné otvorové výplně než u nízkoenergetických domů.
- Projekt - je klíčem k úspěšnému vytvoření pasivního domu. Velkou roli při navrhování hraje vybraný pozemek, jeho zastínění okolním terénem a výstavbou či možností využití solárních zisků - orientace většiny oken, které by měly směřovat na jih. Důležitý je také kompaktní tvar objektu.

- Teplotní rozdíly uvnitř domu - pasivní dům je teplotně stálejší, teplotní rozdíly jsou nejvýše 3 - 4 °C.
- Komfort - pasivní dům poskytuje nejvyšší komfort ze všech forem výstavby, a to i oproti domu nízkoenergetickému. Klima v pasivním domě je celoročně jako v běžném domě na přelomu jara a léta. (Leschingerová, 2012)

Pasivní a nízkoenergetické domy se shodují v použitých materiálech i technologiích. U pasivních domů jsou ovšem použity modernější, úspornější a také finančně náročnější řešení.

Přehled krátkodobých a dlouhodobých měření vlastností pasivních domů je uveden v příloze 8.

3.4 Alternativní projekt soběstačného domu "Zeměloď Zeměnka"

Pro velký kontrast s pasivním a nízkoenergetickým domem, zařazují ukázkou soběstačného, jedinečného a originálního domu, který funguje v souladu s přírodou a člověkem. Je zde vyzdvížena důležitost recyklace materiálů a ochrana životního prostředí. Ekologie je velmi významnou vědní disciplínou a je důležité myslet v souladu s přírodou, vážit si krásné krajiny (lesů, polí), čistého vzduchu, vodních zdrojů a příjemného klimatu.

Zeměloď je název spolku, propagujícího udržitelné bydlení. Založili ho tři osoby: Margarita Manev - výtvarnice/překladatelka, Martin Pruška - developer a Pavla Furmánková - designérka. Datum založení spolku je 11. 5. 2011 a název Zeměloď je registrován na patentním úřadu. Spolek je financován z vlastních finančních zdrojů, ze spolkových aktivit a darů.

Zeměloď je považován za ostrovní dům. Dům, který nepotřebuje napojení na síť a na jehož postavení byl využit z velké míry materiál určený k recyklaci a místní hlína. (Švec, 2012)

Zeměnka je první Zeměloď ve střední Evropě. Je postavena poblíž Sázavy a jejího vedení se ujal arch. Reynoldse a s pomocí spousty ochotných dobrovolníků. Hrubá stavba trvala 21 dní - od 5. do 25. května 2012. Průběh stavby dokumentovala Česká televize, spolek Zeměloď i děti základní školy Barrandov II.

Evropské centrum Zeměloď, které je vlastníkem a správcem Zeměloď, by mělo po dokončení výstavby fungovat jako informační a vzdělávací centrum soběstačných

staveb. Návštěvníci si budou moci stavbu prohlédnout a na vlastní kůži se seznámit s konceptem zemělodi.

Zeměnka je modelovou stavbou, která je jako první stavba tohoto typu ve střední Evropě určena k testování v našich podmínkách. Zatím má za sebou čtyři zimy. Pro celkové vyhodnocení je potřeba minimálně pět let. Spolek Zeměloď průběžně informuje o získaných poznacích formou besed a přednášek. (Zeměloď Evropské centrum Zeměloď, 2017)

Michael Reynolds je americký architekt, který studoval architekturu na universitě v Cincinnati. Od roku 1970 se věnuje alternativním obytným stavbám z odpadového materiálu, které jsou soběstačné ve spotřebě vody a elektřiny. Součástí domů jsou také skleníky produkující zeleninu a ovoce. Základem pro stavby jsou hlavně použité pneumatiky naplněné hlínou a regulující vnitřní teplotu zcela přirozeně. Dům je dále postaven z PET lahví nebo plechovek. Tento způsob využití odpadu je podle názoru Michaela Reynoldse šetrnější k životnímu prostředí než průmyslová recyklace. Využívá se alternativních zdrojů energie. Součástí domů jsou malé solární panely nebo větrné elektrárny.

V městečku Taos v Novém Mexiku Reynolds postavil několik experimentálních domů, které jsou v provozu už desítky let. V jednom z těchto domů se svou ženou také bydlí. Po ničivém zemětřesení v roce 2004 pomáhal při budování nových obydlí na Andamanských ostrovech v Indickém oceánu. Jeho domy byly postaveny postupem času v Belgii, Velké Británii, Francii, Nizozemsku, Portugalsku, Španělsku, Švédsku a Estonsku, Jihoafrické republice, Svazijsku nebo Haiti.

V roce 2007 o něm a o jeho práci natočil Oliver Hodge celovečerní dokument Architekt odpadu (Garbage Warrior). V roce 2009 získal tento film hlavní cenu festivalu Ekofilm v Českém Krumlově.

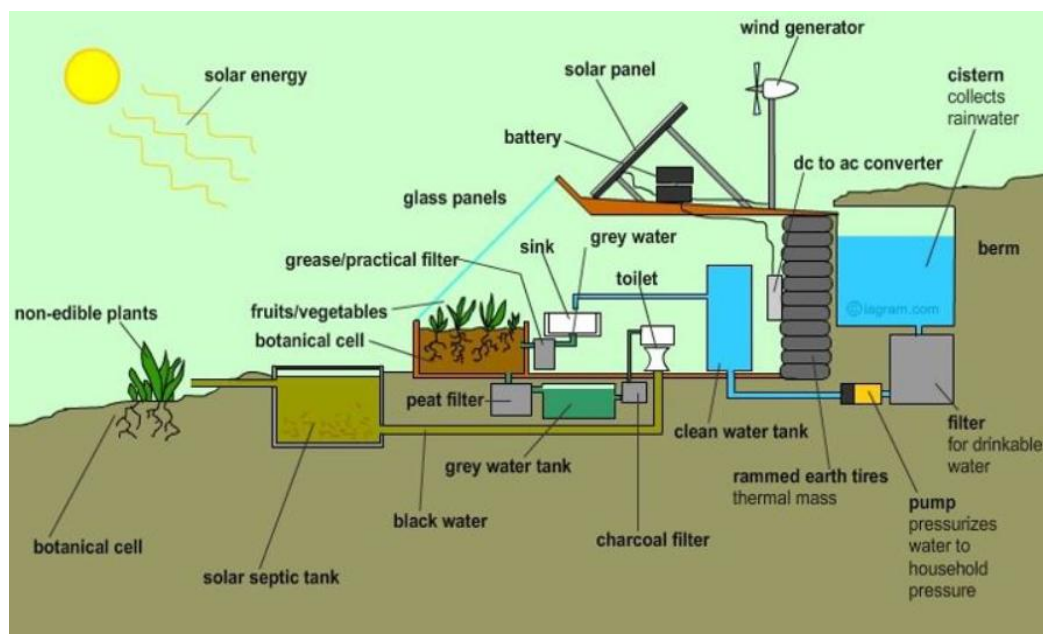
Margarita Manev a Martin Pruška uspořádali i velmi úspěšnou výstavu prací architekta Michaela Reynoldse, která se konala od května do června 2012 v Galerii Jaroslava Fragnera v Praze. Nad výstavou převzalo záštitu Americké velvyslanectví v Praze a primátor hl. města Prahy. (Wikipedie, 2016)

Michael Reynolds je nadčasový architekt a jeho alternativní postoje jsou ovlivněny především tím, že umí využít to, co nám příroda sama nabízí. Jeho stavby mají střechu uzpůsobenu k zachytávání dešťové vody na mytí, splachování a praní, která je následně

využita jako šedá či černá (po filtraci) k zásobování rostlin - které slouží obvykle k obživě obyvatel. Vytápění je řešeno sluncem. Dům v ČR má i možnost připojení kamen. Slunce má velkou sílu, tak proč ho nevyužít jeho energie. Jižní strana domu je v podstatě skleník, severní je masa hlíny, kam se ukládá teplo ze slunce, které pak v noci vyzařuje zpět do obytného prostoru.

Nejzajímavějším na celé filozofii stavění Zemělodí je to, že nutí lidi přemýšlet jinak o tom, jak žijeme. (HighExistence, 2012)

Obrázek 2: Schéma fungování domu Zemělodí Zeměnka



Zdroj: (Bízek, 10 důvodů, proč se rozhodnout pro Zemělodí, 2014)

3.5 Historie pasivních domů

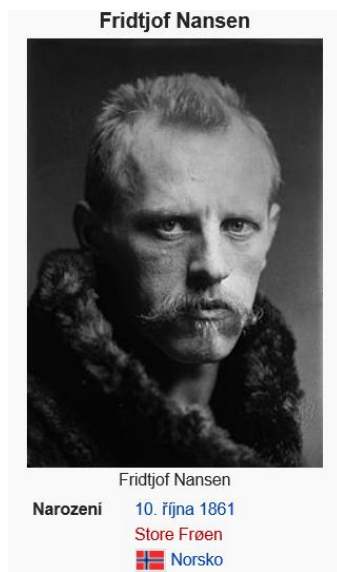
Ačkoliv se při stavbě pasivních domů používají velmi pokročilé technologie a materiály, nalezneme zde několik základních principů starých již stovky let.

Předchůdce pasivních domů je možno nalézt v mnoha klimatických pásech naší země. Pravidlo kvalitně postaveného domu, který již nepotřebuje žádné další dodatečné zdroje vytápění, bylo uplatňováno například v teplém podnebí Iránu, Portugalska nebo Číny. Vývoj pasivních domů je možné pozorovat také v chladných oblastech, například na Islandu. Zde jsou konstruovány již od středověku výborně izolované domy z hlíny, mechu a trávy, které umožňují minimalizovat úniky tepla a šetřit vzácné palivo. Samozřejmě u těchto historických domů chybějí odpovídající okna i větrání, ale v principu je možné se ze staveb velmi poučit.

Pasivní domy svého druhu jsou konstruovány vlastně odjakživa, jen neexistovala jejich klasifikace. Zájem o tento druh staveb se zvedl v 80. a 90. letech 20. století. V tomto období skupina německých vědců zkoumala možnost přenesení principů fungování pasivních domů z oblastí, kde se takto staví, do jiných klimatických podmínek při použití moderních technologií.

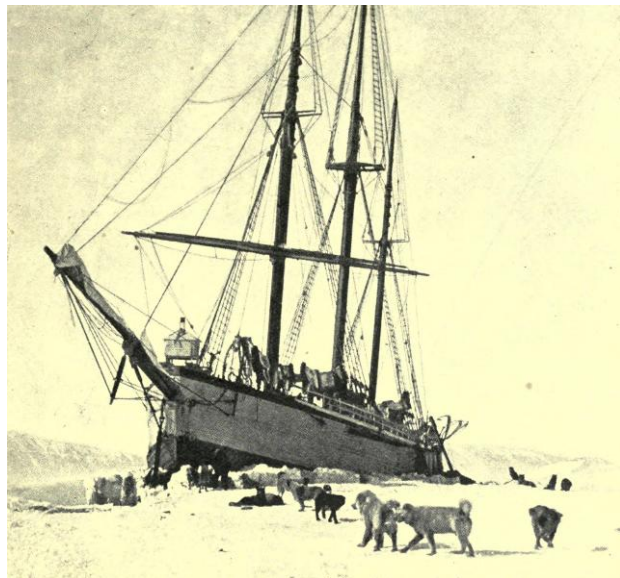
Zajímavou pro využívání principů pasivního domu byla výzkumná loď polárníka

Obrázek 3: Polárník F. Nansen, jehož loď využívala principů pasivního domu



Zdroj: (Wikipedia, 2016)

Obrázek 4: Loď polárníka F. Nansena



Zdroj: (Wikipedia, 2017)

Nansena s názvem Fram, viz obrázky 3 a 4. Boky a stropy této loď byly zatepleny 40 cm různých izolačních materiálů a okna byla již tenkrát vyrobena s trojitým zasklením. Podle zápisků F. Nansena nebylo třeba v interiéru topit, ať bylo plus 5°C nebo minus 30°C. O vyhřátí se postarala pouze petrolejová lampa. K větrání bylo použito menších plachet, které byly směřovány na ventilátor.

V 70. letech 20. století v souvislosti s ropnými šoky a energetickou krizí, se rozběhl výzkum domů s nízkou energetickou spotřebou. První skutečně nulový energetický dům vznikl v této době na univerzitě v Kodani. Dům je dodnes funkční a slouží zde jako ubytování pro hosty. V současné době již funguje pouze jako dům nízkoenergetický, z důvodu poruchy solárních panelů.

Další pokusy s kvalitně zateplenými budovami probíhaly ve Skalistých horách v Severní Americe, ve výšce více než 2000 m nad mořem. Tato budova byla v roce 2011 oceněna Institutem pasivního domu jako jedna z důležitých průkopnických staveb.

70. léta 20. století jsou význačná také rozvojem programu výzkumu energeticky šetrných domů v Německu. Zdejší projekty již využívají potenciál řízeného větrání, zemních tepelných výměníků a dalších dnes již známých prvků. Byl zde zapojen i monitoring vnitřního prostředí pomocí moderní výpočetní techniky. V 80. letech vznikl v Německu také projekt nulového domu, který se bohužel kvůli vysokým energetickým nárokům na fungování svých systémů bohužel neosvědčil. Budova v Dörpe, nedaleko Hannoveru, je ovšem dodnes využívána a funguje v nízkoenergetickém standardu a je zdrojem mnoha cenných poznatků.

Ve zmíněných budovách se rovněž řešily problémy a to velmi podobného charakteru. Domy nebyly dostatečně vzduchotěsné, neměly kvalitní okna zamezující velkým tepelným ztrátám a jejich technická výbava byla pouze experimentálního charakteru s vysokou měrou poruchovosti.

Pokrokem při řešení těchto problémů bylo stavění nízkoenergetických domů s kvalitními okny, mechanickou ventilací a slušnou úrovní zateplení. Takovéto domy se začaly stavět ve Švédsku. Poslední krok k pasivnímu energetickému standardu byl ale udělán v Německu v rámci mezinárodní výzkumné skupiny zkoumající potenciál širšího budování pasivních domů. (Centrum pasivního domu, 2013)

3.6 Situace v ČR

V České republice se v současnosti požadavky na výstavbu energeticky úsporných budov z velmi benevolentních stávají přísnými a dosahují trendu zemí jako je Rakousko, Německo či Švýcarsko. Budovy postavené ve stylu nízkoenergetických staveb tvoří zatím jen malé procento z celkového počtu domů, ale do budoucna se předpokládá razantní nárůst jejich výstavby. Očekává se, že splnění požadavků pro nízkoenergetické budovy bude standardem většiny staveb a také důvodem pro zvyšování podílu energeticky úsporného bydlení v ČR. Další významnou příčinou rozšiřování pasivních novostaveb je i postupné snižování cen moderních technologií, které se stávají dostupnějšími českému spotřebiteli. Vliv má i silnější koruna vůči euru a konkurenční prostředí. Současnou situaci, kdy české stavitele vede k efektivnějšímu

řešení staveb pouze smýšlení konkrétních jednotlivců, změni jednotná politika EU, kterou ČR respektuje.

Současná situace v ČR ve vazbě na stávající budovy a novostavby z hlediska energetické náročnosti:

Budovy lze rozdělit do několika tříd energetické náročnosti:

- velkou část stávajících budov lze zařadit do tříd E -nehospodárná, F - velmi nehospodárná a G - mimořádně nehospodárná (jedná se o budovy nezateplené nebo o objekty s ocelovými fasádami),
- panelové domy z 80. let 20. století a většina z domů postavených v 90. letech 20. století mohou být řazeny do třídy D - nevyhovující,
- domy postavené v lepším standardu v 90. letech 20. století a domy splňující normové tepelně technické požadavky pro stavební konstrukce platné na začátku 21. století jsou řazeny do skupiny C - vyhovující,
- domy splňující alespoň doporučené normové požadavky začátku 21. století, které využívají lepší technologická zařízení, řadíme do třídy B - úsporné,
- domy, které dosáhnou lepších hodnot nízkoenergetické výstavby a energeticky pasivní domy jsou řazeny do skupiny A - mimořádně úsporné.

3.7 Situace v EU

Počínaje rokem 2020 se v ČR podle nové legislativy EU (směrnice 2010/31/EU, o energetické náročnosti budov, ze dne 19. května 2010) budou stavět pouze pasivní domy nebo budovy jim podobné. Rozhodnutí evropské legislativy je platné od prvního července 2010 a bude zaneseno i do českých zákonů. Nová právní úprava bude spojena se změnami ve stavebních technologiích i způsobu stavění.

Nová směrnice o energetické náročnosti budov požaduje, aby nové budovy v zemích EU byly téměř energeticky nulové, což dokážou splnit pouze pasivní domy. Zásadní je minimální spotřeba energie na vytápění nebo ohřev vody.

Směrnice se týká snížení potřeb energie budov v zemích EU o 20% do roku 2020 (porovnáváno s rokem 1990). Přijetím evropské směrnice jde současně o požadované snížení emisí skleníkových plynů, ochranu životního prostředí a zajištění energetické bezpečnosti.

Evropská komise provedla výpočty, při kterých zjistila, že ekonomicky rentabilní opatření k vylepšení energetické bilance budov mohou do roku 2020 snížit konečnou spotřebu energie ve státech EU o 11%.

Evropská unie při přípravě směrnice o energetické náročnosti vyzvala všechny členské státy, aby se svými programy snažily o dosažení co největších úspor spotřeby energie a tepla v obytných domech. Osvěta v oblasti bydlení by měla vést občany k úpravám starších domů a bytů a výstavbě energeticky méně náročných budov.

V ČR je reakcí na tyto výzvy program Zelená úsporám, který je určen na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů v bytových domech. (Ministerstvo životního prostředí, 2017)

3.8 Legislativní požadavky

3.8.1 Snižování energetické náročnosti budov

Nejvíce energie spotřebuje v energeticky úsporných a pasivních domech vytápění, větrání a klimatizace budov. Jejich podíl je nad 40% z celkové státní energetické bilance. Při přeměně stávajících budov na nízkoenergetické až pasivní domy lze uspořit více než 80% energie. Cílem energetické koncepce ČR je dosažení velmi nízké energetické náročnosti většiny budov ČR a tím také omezení potřeby energetických zdrojů a snížení emisí skleníkových plynů.

Základní mezinárodní legislativa, ze které vycházejí cíle v oblasti energetické náročnosti budov, vychází z principu trvale udržitelného rozvoje, konkrétně z jeho enviromentální části, která obsahuje mimo jiné požadavek na cílené snižování emisí.

Východiskem mezinárodní legislativy zabývající se energetickou náročností budov je směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/ES o energetické náročnosti budov.

Tato směrnice EU byla v ČR implementována zákonem 406/2000 Sb., o hospodaření energií a jeho prováděcí vyhláškou č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.

Aplikace těchto předpisů je v základních dokumentech stavebního zákona č. 183/2006 Sb., vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb a vyhláše č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.

Povinností stavebníka při realizaci novostavby je tyto předpisy na požadovanou úroveň energetické náročnosti budov dodržovat. (House, 2011)

Povinný standard budovy s tzv. nulovou spotřebou energie startuje pro větší průmyslové budovy od 1. ledna 2018. To bude mít zásadní dopad zejména do návrhu obálky budovy. (Cihlář, 2017)

Již od roku 2018 musí mít budovy nad 1 500 m² stavěné veřejnou správou téměř nulovou spotřebu tepelné energie. Zpřísnění energetické náročnosti bude následovat i pro rodinné domy. Od roku 2020 se dle evropské směrnice budou moci stavět pouze domy s téměř nulovou energetickou náročností. (Alfahaus, 2016)

Na obrázku 5 je možné shlédnout ukázkou průkazu energetické náročnosti budovy.

Obrázek 5: Ukázka průkazu energetické náročnosti budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					
Dle vyhlášky 148/2007. Sb.			Hodnocení budovy		
Typ budovy:	Rodinný dům		STÁVAJÍCÍ STAV	PO REALIZACI DOPORUČENÍ	
Adresa:	Litoměřice				
Celková plocha:	150,0 m ²				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² .rok			42	0	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			11,7	0,0	
Podíl dodané energie připadají na jednotlivé část v %					
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení	Celkem
55,3	0,0	19,1	20,8	4,8	100,0
Průkaz vypracoval	Jméno a příjmení:		Ing. Zpracovatel		
	Osvědčení č. :		00001		
	Datum vypracování:		1.1.2008		

Zdroj: (Termobau, 2017)

3.9 Nová zelená úsporám

3.9.1 Oblast podpory B

Situaci ve výstavbě energeticky úsporných budov se snaží řešit příslušné státní instituce různými opatřeními a podporami. Jednou z těchto podpor je dotační program Ministerstva životního prostředí Nová zelená úsporám, který běží od roku 2014. Řadí se mezi nejefektivnější a nejdostupnější dotační programy v České republice. Je

zaměřen na úspory energií v budovách pro bydlení. Program administruje Státní fond životního prostředí ČR a běží nepřetržitě. O dotaci je možné zažádat kdykoliv až do roku 2021 nebo do vyčerpání prostředků v programu. Je financován z výnosů z emisních povolenek, o něž se rovným dílem dělí program Nová zelená úsporám a Ministerstvo průmyslu a obchodu. (Ministerstvo životního prostředí, 2017)

B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností

Dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.

Oblast podpory B se dělí na dvě podoblasti podpory: B.1 a B.2.

Podpora se poskytuje formou jednorázové fixní dotace na jeden rodinný dům. Její výše se určí dle dosažené úrovně energetické náročnosti budovy a požadovaných technických parametrů (tedy dle dosažené podoblasti B.1 nebo B.2).

Maximální výše dotace:

Podpora se poskytuje formou jednorázové fixní dotace a její celková výše na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů. Maximální výše dotace je znázorněna v tabulce 1, která se věnuje maximální výši dotace.

Tabulka 1: Maximální výše dotace

Podoblast podpory	Popis	Výše podpory [Kč/dům]
Podoblast B.1	Dům s velmi nízkou energetickou náročností	300 000
Podoblast B.2	Dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů energie	450 000

Zdroj: (Nová zelená úsporám, 2017)

Dotace na výstavbu rodinných domů v Moravskoslezském a Ústeckém kraji je zvýhodněna o 10 % (navýšení se nevztahuje na podoblast podpory B.3 a B.4).

Podoblast B.3 – Podpora na zpracování odborného posudku, zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy a na odborný technický dozor nad prováděním stavby - maximální celková výše podpory je 35 000 Kč.

Podoblasti podpory a jejich základní požadavky na technické parametry:

I. Podoblast B.1 - Dům s velmi nízkou energetickou náročností

- splnění hodnoty měrné roční potřeby tepla na vytápění E_A nejvýše 20 kWh.m².rok⁻¹ po realizaci podporovaných opatření
- splnění hodnoty měrné neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$ nejvýše 90 kWh.m².rok⁻¹ po realizaci podporovaných opatření
- povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

II. Podoblast B.2 - Dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů energie

- splnění hodnoty měrné roční potřeby tepla na vytápění E_A nejvýše 15 kWh.m².rok⁻¹ po realizaci podporovaných opatření
- splnění hodnoty měrné neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$ nejvýše 60 kWh.m².rok⁻¹ po realizaci podporovaných opatření
- povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Podoblast B.1 a B.2 - požadované parametry

V tabulce 2 jsou vypsány požadované parametry pro podoblast B.1 a B.2.

Tabulka 2: Podoblast B.1 a B.2 - požadované parametry

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≤ 20	≤ 15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pN,A}$ [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≤ 90	≤ 60
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ U_{pas}	≤ U_{pas}
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,22	≤ 0,22
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	n_{50} [1.h ⁻¹]	≤ 0,6	≤ 0,6

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období	$\theta_{ai,max}$ [°C]	$\leq \theta_{ai,max,N}$	$\leq \theta_{ai,max,N}$
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	[-]	Ano	Ano

Zdroj: (Nová zelená úsporám, 2017)

III. Podoblast B.3 – Podpora na zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy

- lze žádat pouze současně s podáním žádosti z podoblasti podpory B.1 nebo B.2 (Oficiální web programu NZU, Státní fond životního prostředí, Ministerstvo životního prostředí, 2017)

3.10 Technické informace o pasivních domech

Významnou oblastí, která je důležitá ke správnému pochopení fungování principů pasivních domů, je technická stránka návrhu a stavby pasivního domu. V následujícím textu je popsán výběr koncepce domu a zpracován přehled nejdůležitějších požadavků na stavební komponenty.

3.10.1 Správný návrh koncepce pasivního domu

Výběr správné koncepce budovy je ze všech fází stavby nejdůležitější. Při nižších nákladech je možné dosáhnout největších úspor. Nedodržení základních zásad návrhu (kompaktní tvar, orientace, prosklení) vede k maření dosažení standardu pasivního domu. Napravováním chyb v navyšování kvality ostatních materiálů způsobí výrazné zvýšení nákladů stavby. Cíle pasivního domu je možné dosáhnout optimalizací jednotlivých prvků budovy. Nejklíčovější úlohu hraje architekt a projektant, kteří poskytnou stavební firmě detailní dokumentaci pro stavbu, včetně detailů jak řešit např. tepelné mosty. Významnou úlohu mají také dozor projektanta, stavební dozor a požadavky investora.

Co ovlivňuje koncepci stavby?

- Výběr materiálů: Při výběru materiálu by měl být uplatňován princip trvalé udržitelnosti výstavby. Snahou je šetřit neobnovitelnými materiály, používat

konstrukce s dlouhou životností a používat materiály umožňující dobrou recyklaci a likvidaci. Je také možnost použít materiály ekologičtější a snížit tak ekologickou zátěž stavby při zachování parametrů pasivního bydlení. Často používaným materiálem se zmíněnými výhodami je dřevo. Je vhodné jak na konstrukce, tak dřevovláknité izolace.

- Umístění na pozemku: Důležitou vlastností stavby je její umístění a to tak, aby měla co nejvyšší solární zisky (zejména v zimním období), které sehraávají zásadní úlohu při vytápění budovy. Těchto zisků lze dosáhnout orientací hlavní fasády na jih. Významné je také co nejmenší zastínění okolní výstavbou, stromy a terénem. Pokud se stromy ponechají, je výhodné ponechat listnaté stromy na jižní straně. Možnost využití výhod řadové a blokové výstavby.
- Tvar a velikost budovy: Pro úsporné budovy využíváme kompaktních, tzn. málo členitých (co nejméně složitých) tvarů, jež mohou vytvářet nechtěné tepelné mosty. Tvarová kompaktnost je základní pravidlo při navrhování pasivních domů. Ideální tvar stavebního objektu je kvádr otočený delší stranou k jihu. Úspornost budovy ovlivňuje i tvar střechy. Z hlediska kompaktnosti je výhodnější plochá nebo pultová střecha, která je také o něco levnější.
- Návrh dispozice domu a otvorů: Správné dispoziční řešení interiéru s ohledem na světové strany. Základní rozdělení prostoru v objektu je na vytápěné a nevytápěné prostory, které je nutné oddělit kvalitní tepelnou obálkou. Garáž, případně dílna by měly být umístěovány mimo tepelnou obálku domu. Dále je kladen důraz na řešení otvorů z hlediska tepelných zisků a ztrát. Pro maximální solární zisky je nejvhodnější použít velké okenní otvory nebo prosklené stěny na jižní fasádě. Přiměřená velikost se udává kolem 40% plochy. Velmi důležité je také letní stínění fasády, které pomáhá ke snížení tepelné zátěže a pečlivé navržení délky rozvodů, jejich izolace a instalace.
- Návrh detailů a řešení tepelných mostů: K závažným poruchám konstrukcí patří tepelné mosty - místa s větším prostupem tepelné energie, jež způsobují tepelné ztráty. Dojde-li k poklesu teploty v konstrukci pod teplotu rosného bodu, nastává kondenzace vodních par a může dojít ke vzniku plísní a degradaci konstrukce.

Konkrétní klíčové detaily jsou:

- u základů s napojením svislého zdiva,

- u osazení oken a dveří,
- u návaznosti stropů na obvodovou stěnu,
- u napojení svislých stěn na konstrukci střechy,
- u hřebene,
- u prostupů obálkou budovy (Hudec, 2013)

3.10.2 Přehled požadavků na stavební konstrukce a komponenty pasivního domu

Schéma fungování pasivního domu je možné si prohlédnout v příloze 1.

Jsou zde zakresleny základní stavební prvky, které by měla stavba pasivního domu obsahovat a jejich stručný popis.

1. Požadavky na konstrukční prvky obvodového pláště

Ve srovnání s donedávna běžnou výstavbou se energeticky efektivní domy vyznačují určitými specifiky - na obvodové stěny, střechy, stropy nad nevytápěnými prostory, podlahy na terénu a především na okna a dveře jsou kladeny zvýšené tepelně technické nároky. Obvodové a ostatní konstrukce, které oddělují prostory s rozdílnými teplotami vzduchu, musí splňovat speciální požadavky, které jsou mnohem přísnější než u obvyklé výstavby.

Mezi základní požadavky patří:

- omezení prostupu tepla (součinitel prostupu tepla U)
- vyloučení průniku vzduchu přes konstrukce
- omezení tepelných mostů v místech propojování konstrukcí
- omezení kondenzace par v konstrukcích
- zabezpečení dostatečné teploty ve vnitřním povrchu konstrukcí i při nízkých teplotách venkovního vzduchu (Nagy, 2009)

2. Požadavky na tepelné izolace

Z důvodu zvýšení tepelně-izolační tloušťky a současného rozvoje energeticky pasivních domů, byly vyvinuty různé varianty obvodových stěn, podlah a střech.

Z hlediska nepřerušného obalu obvodových konstrukcí je nejvhodnějším řešením vnější tepelná izolace. Obvodové stěny pasivních domů bývají obvykle zatepleny tepelně-izolačním materiálem o tloušťce 30 - 36 cm. Tímto zateplením se dosáhne hodnoty $U 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U tepelně-izolační vrstvy střechy 40 cm i více se dosahuje

hodnota U 0,10 W/(m². K). Minimální tloušťka tepelné izolace podlahy na terénu bývá 25 cm.

Tepelně izolační materiály

Výběr je závislý na účelu použití izolačních materiálů. Upřednostňuje se syntetický pěnový izolační materiál, zejména polystyren a polyuretan. Bohužel jejich environmentální vlastnosti jsou hodnoceny velmi negativně, kvůli vysoké energetické náročnosti výroby, neobnovitelné surovinové základně (ropa, zemní plyn) a omezeným možnostem recyklace, skladování a odstraňování. Místo klasického pěnového polystyrenu se využívá jeho modifikovaná varianta s příměsí 3% grafitu. Zlepšuje se tím tepelně izolační účinek a zmenšuje se šířka izolace o 20%. K zateplení okenního ostění se z důvodů požární bezpečnosti používá minerální vlna nebo pěna.

Pro zateplení vlhkého prostředí, např. ve styku s terénem, se doporučuje extrudovaný polystyren a polyuretan. Tyto materiály lze nahradit ekologičtějšími materiály jako je např. pěnové sklo, které se vyznačuje vysokou pevností a je vyráběno ze skleněných střepek.

Na lehké konstrukční systémy se používá nejčastěji minerální vlna. V mnoha případech byly syntetické materiály nahrazeny přírodními, např. měkkými dřevovláknitými deskami, korkem, ovčí vlnou, konopím nebo lnem. (Nagy, 2009)

3. Požadavky na základy a podlahy

Většina energeticky efektivních domů je stavěna bez sklepů z důvodu úspory nákladů nebo vyloučení náročných konstrukčních opatření.

Podlaha na terénu a strop nad nevytápěným suterénem se vyznačují tloušťkou tepelně izolační vrstvy 25 až 30 cm. Nedosahují však tloušťky pro obvodové stěny nebo střechy.

Stavebně konstrukční požadavky na podlahy

Tepelně-izolační vrstva podlahy se realizuje nad hydroizolací - podle způsobu uložení podlahové krytiny na nosnou konstrukci se dělí na:

- plovoucí podlahu na potěru - uložení tvrzených desek
- plovoucí podlahu na násypu - nasypání volné izolace (perlitu, keramzitu)
- samonosná podlaha - vyplnění dřevěného roštu rohožemi (minerální vlnou, celulózou) a překrytí bedněním (OSB, sádrovláknité, cementotřískové desky).

4. Požadavky na vnitřní konstrukce

Ke vnitřním konstrukcím řadíme dělicí stěny a mezistropy. Ve stavebně-energetické koncepci budov mají menší váhu než obvodové konstrukce. U realizace vnitřních stěn se často podceňuje tepelné oddělení od základové desky.

5. Požadavky na střechy

Nejexponovanějším prvkem obvodového pláště stavby z hlediska klimatických vlivů je střecha. Chrání dům před vlivy počasí nebo slunečního záření. Měla by splňovat tepelně-technická, statická, požárně-bezpečnostní a akustická kritéria. Je též architektonickým prvkem, který vytváří výraz budovy. Z důvodu energetické hospodárnosti je výhodné při výběru a návrhu zvažovat jednodušší tvary. Minimalizuje se tím riziko vzniku tepelných mostů a netěsností.

6. Požadavky na okenní a dveřní konstrukce

U energeticky úsporných staveb mají okenní konstrukce velmi důležitou funkci zajišťování pasivních solárních zisků. Každá místnost pasivního domu by měla mít jedno otevíratelné okenní křídlo k možnosti zajištění účinného přirozeného větrání.

Prosklení

Tepelně-izolační trojskla byla vyvinuta speciálně pro pasivní domy. Součinitel prostupu tepla uprostřed prosklení je $U_g < 0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Trojskla jsou složena ze tří skleněných tabulí a vyplněny inertním plynem, nejčastěji argonem. Dvě tabule jsou opatřeny tenkým kovovým povlakem s nízkou pohltivostí infračerveného záření, ale současně propouští sluneční záření.

Tepelně-izolační účinek trojskel je srovnatelný s hodnotami běžných obvodových stěn. Výhodou je, že povrchové teploty prosklení jsou i v zimě dostatečně vysoké a z toho důvodu jsou topná tělesa pod okny již zbytečná.

Okenní rámy

Příznivé solární zisky trojskel mohou být v celkové energetické bilanci okna znehodnoceny špatným výběrem okenních ráků a vznikem tepelných mostů v místě osazení okna do obvodové stěny. Kvalitní prosklení vyžaduje kvalitní okenní rám s výbornými parametry, protože rám tvoří 30% - 40% podíl celkového rozměru okenní konstrukce.

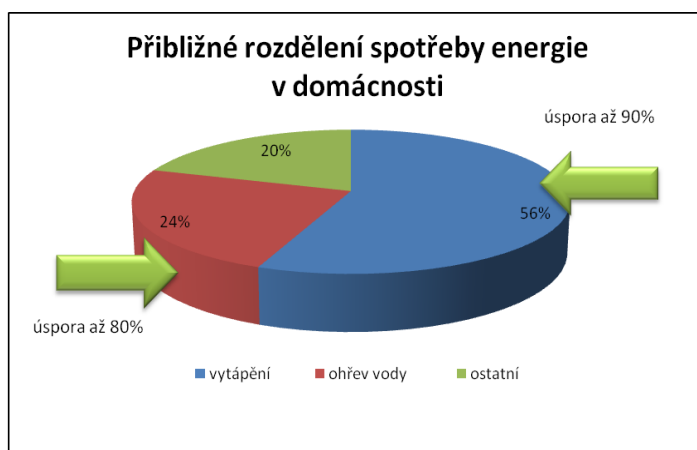
Vchodové dveře

Hodnota U zabudovaných dveří standardní velikosti 1,1 x 2,2 m by neměla překročit 0,80 W/(m².K). Tepelný most v oblasti prahu je akceptovatelný, protože rám nelze v tomto místě dostatečně zateplit. Důležitý je požadavek vzduchotěsnosti, z důvodu větší namáhanosti dveří oproti oknům. (Nagy, 2009)

3.10.3 Výhody a nevýhody pasivních domů

V následujícím grafu 1 je patrné, že největší množství energie domácnosti je vynaloženo na vytápění. Výstavbou domů se sníženou spotřebou energie (tzv. pasivních domů) může dojít ke značným, téměř 56% energetickým úsporám.

Graf 1: Rozdělení spotřeby energie v domácnosti



Zdroj: (Ekotrend 21, 2008)

Z technických parametrů vyplývají ekonomické výhody a nevýhody pasivních domů.

Výhody pasivních domů

Pasivní domy nemají ve srovnání s "běžnými" domy žádné zásadně odlišné, přídavné nebo exotické prvky. Koncept energeticky efektivních domů se zakládá na výrazném vylepšení kvality těchto prvků.

1. Vnitřní klima a komfort - proenergeticky efektivní domy je charakteristická nejvyšší míra tepelné pohody a kvalita vnitřního vzduchu. Dále je důležitý akustický komfort, parametry relativní vlhkosti vzduchu a možnost regulace teploty místností podle subjektivní požadavků.

- vnitřní povrchy výborně tepelně izolovaných prvků obvodového pláště mají stálou teplotu - v zimě vysokou a v létě se nepřehřívají
 - kvalitu prostředí zvyšuje neustálý přísun čerstvého vzduchu
2. Kvalita vnitřního vzduchu - výhodou pasivních domů je instalace systému řízeného větrání. Standardní objem přiváděného vzduchu na jednu osobu je 30 m³/h. V běžných stavbách dochází v uzavřené místnosti s více lidmi v krátké době k několikanásobnému překročení hranic CO₂, což zapříčiňuje únavu a pokles koncentrace. Tomuto jevu je možné se v energeticky efektivních domech zcela vyhnout. Nepřetržitá činnost větracího systému je typická pro období od listopadu do února a také v období letních veder. Systém zaručuje výměnu vzduchu přes den a v noci i v době nepřítomnosti uživatelů domu. Venkovní vzduch se filtruje již při nasávání do větrací jednotky. Zbavuje se také mikročástic prachu, pylů a škodlivin. V přechodném období roku je větrání otevřenými okenními křídly samozřejmostí.
3. Teplotní komfort - je ovlivněn následujícími faktory: teplotou vzduchu, teplotou povrchů, pohybem vzduchu a způsobem vytápění. Teplotní pohoda je určena kvalitou obvodového pláště a systémem řízené výměny vzduchu. Tohoto stavu se dosáhne, pokud teplota všech vnitřních povrchů a teplota přiváděného vzduchu neklesne více než o 3,5°C pod teplotu vnitřního vzduchu. Vytápění pasivních domů na teplotu 20 °C je bezproblémové i za nejméně výhodných venkovních podmínek.

Teplota vnitřních povrchů je pociťována jako komfortní od 19°C. Důležitý je také malý rozdíl teplot různých povrchů, který je pociťován jako příjemný a vyvážený. Rozdíl se pohybuje v rozmezí do 2,5°C. U pasivních domů nevzniká pocit proudění vzduchu okolo oken v zimních měsících, protože teplota prosklení neklesá pod 17°C.

Rychlost proudění vzduchův místnosti by neměla překročit 0,1 m/s, protože vyšší rychlost vnímá lidský organismus jako nepříjemnou. Při rychlosti proudění 0,2 m/s dochází k úbytku povrchové teploty pokožky, prochlazení nebo zánětu svalstva.

Způsob vytápění má také velký vliv na komfortní klima interiéru. Je možné využít teplovzdušného i stěnového vytápění nebo vytápění kamny.

4. Vlhkost vnitřního vzduchu má mít parametry 40 a 50% při teplotě vzduchu 19 - 24°C. Vlhkost nižší než 40% způsobuje vysychání dýchacích cest a sliznice, zvýšené riziko choroby z prochlazení, svědění pokožky a pálení očí. Krátkodobé odchylky v pásmu 30 až 60% jsou akceptovatelné. Zajímavou skutečností je fakt, že ideální kapilární vodivost (transport vody přes stavební látku) má například keramika nebo dřevo. Biologicky nejvhodnější vliv na lidský organismus má nepálená hlína s rovnovážným staveb vlhkosti 4-5%. Tento kladný vliv na vlhlost dokládají uživatelé objektů s hliněnými omítkami, kteří nemají v zimě problém s kolísáním vlhkosti. Sádrokartony tuto vlastnost bozužel nemají.
5. Akustický komfort zaručuje tepelněizolační vrstva obvodového pláště, okna s trojsklem, vzduchotěsnost a vyloučení nutnosti přirozeného větrání okny. V důsledku těchto faktorů se ale zvyšuje vnímání vnitřních zdrojů hluku. Potenciálně největším zdrojem hluku může být větrací systém. Pozornost je třeba věnovat umístění větracího přístroje a akustickému oddělení místnost s větracím zařízením od obytného prostoru.
6. Enviromentální výhody je možné vyhodnotit bilancováním potřebného množství energie v celkovém životním cyklu budovy. Extrémně nízká potřeba tepla neznamena pouze nepatrné náklady na vytápění, ale také snížení spotřeby paliv a s tím spojené snížení množství škodlivých emisí ze spalování fosilních paliv. Velký význam je kladen na výběr ekologicky šetrných materiálů.
7. Perspektivnost a uživatelská bezpečnost je zaručena v pasivních domech z následujících důvodů:
 - díky filtraci čerstvého vzduchu není kvalita vnitřního vzduchu závislá na lokální kvalitě venkovního vzduchu,
 - pomyslná připravenost na růst cen energií, které jsou v pasivních domech až o 75% nižší.

Po přerušení dodvky tepla vychladne pasivní dům jen velmi pomalu. Zásluhou vynikající tepelné ochrany a využívání sluneční energie je možné výstavbou pasivního domu ušetřit nejen na jednom, ale na dvou systémech vytápění. (Nagy, 2009)

8. Ekonomická návratnost a rentabilita

Snahou každého majitele pasivního domu by mělo být maximální zefektivnění provozu domu snížením spotřeby energií. To by následně mělo přinést úsporu finančních prostředků, tzn. zvýšenou návratnost investic vložených do lepšího nadstandardu.

Při výběru typu stavby stojí za zvážení veškerá pro a proti. Důležitá je optimalizace nákladů spojených s investicemi do technologií v závislosti na úsporách. S lepší technologií náklady na energie exponenciálně klesají. Rostou však náklady na pořízení této technologie a její údržbu. Ideální investice je někde na pomezí těchto hodnot. (Velfel, 2010)

Při výběru typu stavby stojí za zvážení veškerá pro a proti. Důležitá je optimalizace nákladů spojených s investicemi do technologií v závislosti na úsporách. S lepší technologií náklady na energie exponenciálně klesají. Rostou však náklady na pořízení této technologie a její údržbu. Ideální investice je někde na pomezí těchto hodnot. (Velfel, 2010)

Od roku 1991 se otázkou výpočtu energetické bilance budov zabývá Passivhaus Institut. V tomto roce byly dokončeny první z pasivních domů v EU a vznikla potřeba přesného změření stavebních vlastností domů. K měření se využívá speciální program PHPP (Passive House Planning Package), což je celosvětově nejvíce rozšířený návrhový nástroj, umožňující přesnou energetickou optimalizaci pasivních a nulových domů.

Výpočet energetické bilance budov s velmi nízkou spotřebou energie je velmi náročný úkol, pro který existující normy a předpisy ztrácejí potřebnou přesnost. Proto se pro maximalizaci potenciálních úspor a volbu správných technologií používají výpočtové programy. Pomocí těchto programů dochází k ekonomické optimalizaci řešení. Jejich užitím se investor vyhne vyšším pořizovacím nákladům a také zvýšeným nákladům na provoz.

Program PHPP je možné rozdělit na dvě základní skupiny - na návrhové a ověřovací. Návrhové nástroje jsou nejdůležitější a jsou určeny pro optimalizaci návrhu (např. výplní otvorů, systému řízeného větrání s rekuperací tepla, tloušťky a druhu izolace atd.) a dimenzování technologií (vytápění, chlazení, stínění, osvětlení atd.). Ekonomická optimalizace pasivního domu musí však být

komplexní. Například investice do obálky budovy se životním cyklem více než 30 let je výhodnější než investice do technologií se životností kolem 15 let. (Centrum pasivního domu, 2014)

Nevýhody pasivních domů

1. Hlavním úskalím stavby pasivního domu je nutnost precizního provedení projektu a následné stavby. Od těchto základů se odvíjí cena pasivního domu. Uváděné 10% navýšení oproti běžným stavbám zní lákavě, ne vždy však odpovídá realitě.
2. Náklady na výstavbu domu ovlivňuje také lidský faktor, který představuje projektant či architekt, kteří dle požadavků klienta a svých zkušeností volí materiály. Ty musí být cenově přijatelné, ale zároveň maximálně funkční.
3. Projekty pasivních domů je možné řešit individuálně nebo formou typových projektů. Individuální řešení navyšuje celkové náklady na stavbu. Typové projekty pasivních domů jsou zase pro řadu zájemců nepoužitelné a často vyžadují další úpravy na míru.
4. Velký problém je výběrem kvalitního dodavatele stavby a opravdu odborně vyškoleného stavebního dozoru. Pasivní domy jsou náročné na preciznost provedení stavebních prací a na jakost použitých materiálů. V dnešní době je zajištění kvalitně odvedené práce velmi důležité.
5. V pasivním domě není klimatizace. Díky silným izolacím se pasivní dům v létě nepřehřívá. V létě se do domu přiváděný vzduch může nanejvýš mírně zchladit prostřednictvím průchodu přes zemní kolektor.
6. Problémy se vzduchotechnikou v obytných prostorech souvisejí opět se špatným zpracováním projektu, provedením nebo použitím nevhodných komponentů. Pokud je něco z toho špatně, potom se může projevit v zásadě několik problémů: hlučnost, citelné proudění vzduchu, nedostatečná tepelná pohoda, zápach nebo vysoká spotřeba elektrické energie. Větrací systém by měl správně vrátit zpět do domu 80 – 90 % odváděného tepla. Energie potřebná na jeho provoz nesmí přesahovat 10 % z energie navraceného tepla.

7. Tvarově složitý dům s mnoha výstupky není pro pasivní výstavbu vhodný. Na následujících obrázcích 6 a 7 je možné porovnat složitě tvarovaný dům a dům s jednoduchou konstrukcí. (EkoBonus, 2013)

Obrázek 6: Jednoduchý tvar domu



Zdroj: (Centrum pasivního domu, 2017)

Obrázek 7: Složitý tvar domu



Zdroj: (Centrum pasivního domu, 2017)

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části je porovnání konkrétního vzorového pasivního domu firmy Heluz se stejným typem domu, který byl vyprojektován jako nízkoenergetický a standardní. Hlavní náplní této části práce je ekonomika výstavby, náklady na stavbu i provoz domu a ekonomická návratnost investice.

Společnost Heluz nabízí veřejnosti se zájmem o stavbu pasivních domů možnost výše zmíněný referenční dům kdykoliv navštívit a veškeré nejasnosti ohledně principů pasivních domů zkonzultovat s odborníky. Pro opravdu vážné zájemce jsou nabízena individuální řešení na míru nebo možnost objednání realizace stavby na klíč jako komplexní služby.

Poskytovaných služeb jsem využila a referenční stavbu navštívila. Účelem bylo získání informací o pasivních domech. Prohlídka domu byla velmi zajímavá a stala se zdrojem inspirace a poznání. Při osobní schůzce s panem Maříkem (technickým specialistou) mi byl prezentován postup výstavby i její ekonomická stránka. Byly mi představeny použité materiály a technologie. Prohlédla jsem si všechny důležité technické systémy v domě, včetně řídicí rekuperační jednotky a inteligentního ovládání domu. Všechny získané znalosti jsem uplatnila v této praktické části práce.

Dalším z podstatných cílů praktické části je zhodnocení provozních nákladů a tepelných ztrát soukromého nízkoenergetického domu v Českých Budějovicích. Tento dům je, oproti domu společnosti Heluz, používán již 8 let k rodinnému bydlení a právě z tohoto důvodu je pro srovnání nákladů vhodnější variantou.

4.1 Konkrétní popis pasivního domu společnosti Heluz

Referenční dům firmy Heluz (obrázek 8), jehož energetickými parametry se budu zabývat, se nachází v areálu Výstaviště České Budějovice. Slouží jako referenční stavba společnosti a také jako testovací dům Českého vysokého učení technického.

Měří se zde tepelně-technické vlastností cihelných materiálů v kombinaci s používanými technologiemi pro domy s nízkou energetickou náročností. V objektu je monitorována kvalita vnitřního prostředí, tepelná stabilita, tepelné ztráty, spotřeba elektrické energie a mnoho dalších vlastností.

Obrázek 8: První cihlový pasivní dům v areálu českobudějovického výstaviště, projekt FR-T13/085

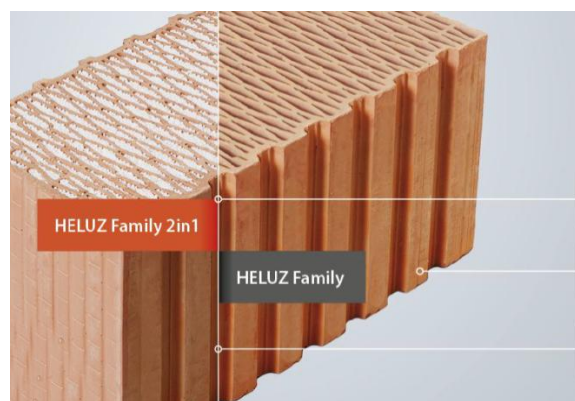


Zdroj: Heluz, 2017

Při stavbě referenčního pasivního domu byly využity inovační stavební materiály a technologie. Rodinný dům, který byl postaven v letech 2012 - 2013, je založen na železobetonové základové desce, která je od zeminy izolována tepelně-izolační vrstvou zhutněného náspu pěnového skla Refaglass.

Obvodové zdivo je z broušených cihel HELUZ FAMILY 50 2in1 s integrovanou tepelnou izolací. Tyto cihly jsou považovány za jedny z nejlépe tepelně-izolujících na českém trhu, bez nutnosti dodatečného zateplení. Obrázek 9 ukazuje průřez výše zmíněnou cihlou.

Obrázek 9: Průřez cihly HELUZ Family 2in1 s s polystyrenovou výplní a nízkým součinitelem



Zdroj: Heluz, 2017

Strop nad přízemím je trámečkový. Střecha pultová a tvoří ji keramobetonové stropní panely uložené ve spádu. Tepelnou izolaci střechy zajišťují desky z PUR pěny. Okna jsou s kompozitními rámy bez ocelové výztuhy a zasklení je tvořeno obdobou čtyřskla (2 x sklo a 2 x fólie Heat Mirror). Podrobnější nákres a detail okna je v příloze 3. Jako zdroj tepla slouží integrovaný zásobník v kombinaci se střešním fotovoltaickým systémem. Hygienické limity na větrání a mikroklimatické podmínky jsou zajištěny rekuperační jednotkou se střední účinností 85%. Rekuperační jednotka a její fungování je zobrazena v příloze 2.

Všechna vstupní data, technicko-energetické a stavební údaje, mi poskytla firma Heluz za účelem zpracování bakalářské práce. Další informace jsem čerpala z propagačních materiálů a videí firmy Heluz a ostatních partnerů, podílejících se na výstavbě pasivního domu.

Důležitou vlastností pasivního domu je neprůvzdušnost, která byla u pasivního domu Heluz měřena Blower-door testem. Blower-door test je metoda zjišťování vzduchotěsnosti obálky budovy, která má určeny konkrétní limitní hodnoty.

Pro nízkoenergetický dům jsou hodnoty definovány výměnou vzduchu za tlakového rozdílu 50 Pa $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$. Pro pasivní dům je hodnota $< 0,6 \text{ h}^{-1}$. Nejčastěji se používá pro lokalizaci netěsností a dosažení správné účinnosti řízeného větrání interiéru s rekuperací tepla. Netěsnosti se musí odstranit kvůli pronikání vlhkého vzduchu do konstrukce obvodového pláště, ve kterém působením chladného vzduchu dochází ke kondenzaci vlhkosti. Pro účely tohoto testu je nutné budovu připravit a speciálními těsnícími prostředky (zátky, vakové uzávěry, dočasné lepicí pásy, folie) uzavřít otvory a vyloučit tím jejich případnou netěsnost z důvodu nedokončenosti. (Stavimepasiv, 2015)

Při měření vzduchotěsnosti je hodnota n_{50} u pasivního domu nižší nebo rovna $0,6 \text{ h}^{-1}$, což znamená, že při zkušebním tlaku o velikosti 50 pascalů smí spárami uniknout za hodinu maximálně 60 % z celkového objemu vzduchu v určeném prostoru. (doc. Ing. Josef Chybík, 2004)

První měření domu proběhlo v říjnu 2012 ve fázi hrubé stavby (byly zhotoveny vnitřní omítky a osazena okna, nebyla dodělána konstrukce čisté podlahy). Proběhly čtyři testy a byla zjišťována místa netěsností v obálce domu. Byla naměřena hodnota $n_{50}=0,63 \text{ h}^{-1}$. Problémovými místy byly především otvory v okenních rámech pro osazení ovládacích klik, místa průniku kanalizačního potrubí přízdívkami a nedokončení omítek k podlaze.

Druhé měření v listopadu proběhlo po zhotovení čistých podlah. Hodnota vzduchotěsnosti byla $0,4 \text{ h}^{-1}$. Již v této fázi byla splněna požadovaná hodnota neprůvzdušnosti $n_{50}=0,6 \text{ h}^{-1}$.

Po dodělání vnější omítky, jež představuje další důležitou vzduchotěsnou vrstvu, klesla hodnota neprůvzdušnosti v testu na $n_{50}=0,2 \text{ h}^{-1}$. Při kolaudačním procesu bylo vyhověno všem požadavkům tohoto testu. (Stavimepasiv, 2015) Dům získal energetický štítek pasivní budovy a nárok na čerpání dotace Zelená úsporám, o které se zmiňují v příloze 6.

4.1.1 Technický popis domu

V tabulce 3, která následuje na této stránce, naleznete technický popis referenčního domu Triumf Heluz a jeho základní stavebně-technické charakteristiky.

Tabulka 3: Popis referenčního domu

Popis referenčního domu		
Lokalita	České Budějovice, areál Výstaviště ČB	
Dispozice	Dvoupodlažní nepodsklepený dům s pultovou střechou	
Konstrukce	Zděná, monolitická	
Architekt	Architekt firmy Heluz ve spolupráci s ČVUT	
Dispozice	5+kk	
Materiál	Cihlový dům	
Zastavěná plocha	90,75 m ²	
Podlahová plocha	127,40 m ²	
Počet obytných místností	5	
Sklon střechy	7°	
Rozvržení užité plochy v přízemí a v poschodí		
Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a stavebních otvorů		
Konstrukce	Koeficient přestupu tepla U (W/m ² K)	Tepelný tok R (m ² K/W)
Střecha	0,09	10,94
Stěna vnější	0,11	8,92
Okna	0,61	
Podlaha na terénu	0,13	7,52

Zdroj: www.heluz.cz, 2017

Pasivní dům firmy Heluz se řadí do kategorie inteligentních pasivních domů.

Inteligentní dům je dům, zajišťující optimální vnitřní prostředí pro komfort osob prostřednictvím stavební konstrukce, techniky prostředí, řídicích systémů, služeb a managementu. Je efektivní ekonomicky, energeticky i z hlediska působení na vnější prostředí a umožňuje víceúčelové použití. Inteligentní dům reaguje na potřeby obyvatel s cílem zvýšit jejich pohodlí, zpříjemnit jim zábavu, zaručit co nejvyšší bezpečí a snížit náklady na provoz.

Realizace inteligentního domu začíná projektem, definujícím rozsah celého řešení. Srdcem je centrální systém, který díky potřebné centrální infrastruktuře a aktivním prvkům automatizuje provoz domu. Ovládání a řízení celého systému je velmi jednoduché a intuitivní. Inteligentní dům se stará o zabezpečení domácnosti a poskytuje vám kdykoliv a kdekoliv přehled o aktuálním stavu. Důležitým faktorem je optimální a efektivní ovládání tepelné techniky, díky čemuž se dosahuje velkých finančních úspor a systém je tím šetrný životnímu prostředí. Samozřejmostí je napojení veškerého osvětlení do centrálního systému a navázání na vaše činnosti. (Wikipedie, 2017) Schéma fungování inteligentních domů je znázorněno v příloze 4.

4.1.2 Partneri projektu domu

Dům byl postaven za pomoci specializovaných firem, které se následně staly partnery projektu. Jejich služeb je možné využít jak při stavbě vlastního bydlení, tak k odborným konzultacím ohledně pasivních domů.

Důvodem pro uvedení seznamu těchto partnerů, je utvoření reálné představy o stavbě a o jejich pořizovacích i provozních nákladech. Podrobný přehled dodavatelů a dodaných komponentů je k nahlédnutí v příloze 7. Zde vypsán pouze jejich stručný přehled.

- ATREA s.r.o. – řízené větrání a rekuperace
- LB Cemix s.r.o. – vnitřní sádrové omítky, vápno-cementové omítky, fasádní omítky, fasádní barvy
- Recifa, a.s. – pěnové sklo Refaglass pod základovou deskou
- ECO-DESIGN spol. s r.o. – interiérová svítidla
- Schneider Electric CZ, s.r.o. – instalační systémy a systémy ovládání realizované firmou IQ Domy - montáž inteligentních rozvodů
- SULKO s.r.o. – okna a venkovní dveře
- W a WEINZETTL, s.r.o. – vnitřní designové dveře PRÜM

- SIKO KOUPELNY a.s. – koupelny a dlažby
- TerrainEco, s.r.o. – venkovní terasy PERWOOD

4.1.3 Porovnání pasivního domu s domem nízkoenergetickým

Ekonomika výstavby pasivního domu Triumf Heluz

V tabulce 4 je uvedeno porovnání celkových pořizovacích nákladů jednotlivých typů domů. Tyto náklady obsahují hrubý rozpočet základních stavebních prvků a prací dle tabulky 5. Dále také technologické systémy pro vytápění a rekuperaci vzduchu a ohřev užitkové vody, kompletní náklady na elektroinstalaci, rozvod vody, vnitřní a venkovní omítky, obklady a sanitární technika.

Tabulka 4: Celkové pořizovací náklady porovnávaných staveb

	Pasivní cihlový dům	Nízkoenergetický cihlový dům	Standardní dům
Cena domu bez DPH	3.180.000,-Kč	2.660.000,-Kč	2.200.000,-Kč
DPH 15%	477.000,-Kč	399.000,-Kč	330.000,-Kč
Celková cena	3.657.000,-Kč	3.059.000,-Kč	2.530.000,-Kč
Rozdíl v ceně bez DPH	-	520.000,-Kč (20 %)	980.000,-Kč (44%)

Zdroj: Heluz, 2015

Tabulka 5: Hrubý rozpočet základních stavebních prvků a prací

Hrubý rozpočet základních stavebních prvků a prací			
pasivní dům		nízkoenergetický dům	
Náklady na zemní práce a zakládání	233.000,- Kč	Náklady na zemní práce a zakládání	193.000,- Kč
<ul style="list-style-type: none"> • výkopy • pěnové sklo • bednění • armování • betonáž desky • hydroizolace 		<ul style="list-style-type: none"> • výkopy • základové pásy • zdivo z betonových tvárnic • armování • betonáž desky 	
Náklady na svislé konstrukce 1. a 2. NP	441.000,- Kč	Náklady na svislé konstrukce 1. a 2. NP	353.000,- Kč
<ul style="list-style-type: none"> • obvodové zdi • nosné zdi 		<ul style="list-style-type: none"> • obvodové zdi • nosné zdi 	

Hrubý rozpočet základních stavebních prvků a prací			
pasivní dům		nízkoenergetický dům	
<ul style="list-style-type: none"> • příčkové zdivo • překlady • doprava 		<ul style="list-style-type: none"> • příčkové zdivo • překlady • doprava 	
Náklady na konstrukci střechy	454.000,- Kč	Náklady na konstrukci střechy	371.000,- Kč
<ul style="list-style-type: none"> • stropní panely • hydroizolace • tesařské konstrukce • tepelná izolace • dřevěný záklop • střešní krytina 		<ul style="list-style-type: none"> • konstrukce střechy • hydroizolace • tesařské konstrukce • tepelná izolace • střešní krytina 	
Náklady na okna a dveře	190.000,- Kč	Náklady na okna a dveře	132.000,- Kč
Náklady na rekuperační systém	111.000,- Kč	Náklady na rekuperační systém	111.000,- Kč
Celkem	1.429.000,-	Celkem	1.160.000,-
Rozdíl v ceně		269.000,- Kč (23 %)	

Zdroj: Heluz, 2015

Společnost Heluz klade důraz na systémová řešení s jednoduchými detaily. Je zastáncem výstavby svépomocí a používání vlastních specifických řešení, která zabezpečí neprůvzdušnost objektu. Jedinečné fyzikální parametry použitých materiálů jsou zárukou kvalitního bydlení. Náklady na stavbu jsou srovnatelné s konkurenčními materiály.

Jak je vidět z tabulky 4, celkové náklady na stavbu pasivního domu jsou zhruba o 20 % vyšší, než na stavbu nízkoenergetického domu. Návratnost nákladů pasivního domu se dle propočtů firmy Heluz odhaduje přibližně po 25 letech. Předpokládaná životnost technologií je přibližně 25 let.

Lze se domnívat, že pro případné prodloužení životnosti technologií budou potřeba dodatečné investice, které mohou stavbu pasivního, ale i nízkoenergetického domu nečekaně prodražit.

Při využití dotačního programu Zelená úsporám, kde je možné čerpat až 450.000,- Kč na pasivní bydlení, se tyto nedostatky a rozdíly eliminují. Dodatečné finanční příjmy

na stavbu pasivního domu vyrovnávají finanční bilanci pasivního bydlení. A je v podstatě ekonomicky výhodnější pořídit si pasivní dům za cenu nízkoenergetického.

4.1.4 Náklady na provoz stavby

Základní ukazatel energetické náročnosti domu udává, kolik energie je třeba na vytápění domu za rok vztažený na m² vytápěné plochy a udává se v kWh/m². Roční potřebu energie pro vytápění stavby lze vypočítat součinem podlahové plochy objektu a měrné potřeby na vytápění.

Tabulka 6: Měrná potřeba energie porovnávaných staveb

	Měrná potřeba na vytápění [kWh/m²]	Podlahová plocha objektu [m²]	Roční potřeba energie pro vytápění [kWh]
Pasivní dům z cihel	15	127,40	1911
Nízkoenergetický cihlový dům	50	127,40	6370
Standardní dům	90	127,40	11466

Zdroj: (Best, 2017)

Provozní náklady na vytápění jsem stanovila výpočtem energetické náročnosti dle TNI 73 0329. Pro pasivní a nízkoenergetický dům byla spočítána energetická náročnost za rok a z ní byla určena potřeba energie v kWh.

Tabulka 7: Provozní náklady porovnávaných staveb

	Roční potřeba energie pro vytápění [kWh]	Průměrná cena za kWh [Kč]	Cena ročních paušálů [Kč]	Provozní náklady celkem [Kč]
Pasivní cihlový dům	1911	3,71	2341	9430,81
Nízkoenergetický cihlový dům	6370	3,71	2341	25973,7
Standardní dům	11466	3,71	2341	44879,86

Zdroj: vlastní zpracování

Z roční potřeby energie pro vytápění jsem vynásobením průměrné ceny za kWh a přičtením ročních paušálů získala provozní náklady každého z domů. Údaje o tarifech jsem našla pro Jihočeský kraj od firmy E-on. (Energie123, 2017)

4.1.5 Energetická návratnost investice

Prostá návratnost investice vychází z rozdílu pořizovacích nákladů mezi jednotlivými typy budov a podílu roční úspory provozních nákladů, viz tabulka 8.

Tabulka 8: Výpočet prosté doby návratnosti investice

	Pořizovací náklady [Kč]	Rozdíl pořizovacích nákladů [Kč]	Roční úspora provozních nákladů [Kč]	Prostá návratnost [roky]
Pasivní cihlový dům	3.657.000,-	1.127.000,- - 450.000,- = 677.000,-	35.449,05	19,1
Nízkoenergetický cihlový dům	3.059.000,-	529.000,-	18.906,16	27,98
Standardní dům	2.530.000,-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování

Posouzení výsledků návratnosti investice

Prostá návratnost investice pro pasivní dům je v porovnání se standardním domem 19 let, což odpovídá předpokladům firmy Heluz. Vzhledem k dotaci na pasivní domy, se vyplatí investovat právě do tohoto typu domu. Důvodem je možnost odečtení státního příspěvku 450.000,- Kč, který významně ovlivní počítanou návratnost investice. Nízkoenergetický dům má prostou návratnost investice v porovnání se standardním domem téměř 28 let, což je o 9 let více než návratnost investice do pasivního domu.

Náklady na pořízení pasivního bydlení jsou po odečtení příspěvku podobné nízkoenergetickým domům. Přínosem je použití kvalitnějších materiálů a technologií.

4.2 Novostavba RD v Českých Budějovicích

Předchozí kapitola praktické části se zabývala porovnáváním vzorového pasivního rodinného domu s nízkoenergetickou stavbou firmy Heluz. Hlavním hlediskem pro srovnání staveb byly stavební a provozní náklady domů. Náklady na stavbu byly vyčísleny dle informací poskytnutých firmou Heluz. Výpočtem byly stanoveny provozní náklady a vyhodnocena efektivnost a návratnost investice. Konkrétní informace o provozu pasivního domu a aktuální spotřebě energií nebyly využity z důvodu zkreslení pohledu na reálné bydlení. Dům Heluz je používán pouze pro účely firmy (při prohlídkách, výstavách apod.), není však trvale obydlen.

Tyto okolnosti vedly k vyhledání domu, který je používán nepřetržitě jako rodinné bydlení a pro porovnání tepelných ztrát a zejména provozních nákladů se hodí lépe. Byla získána velmi zajímavá data o rodinném domu, který lze zařadit do kategorie nízkoenergetických domů a ve kterém se bydlí již přes 8 let. Tento nízkoenergetický dům se odlišuje od vzorového rodinného domu Heluz především: tvarem střechy, počtem podlaží, druhem topení a řešením zateplení. Je užíván 4 člennou rodinou a jeho obytná plocha je srovnatelná s obytnou plochou pasivního domu Heluz. Reálná fotka domu je na obrázku 10.

Obrázek 10: Soukromý rodinný dům v Českých Budějovicích, které splňuje vlastnosti nízkoenergetických staveb



Zdroj: Fotka poskytnutá majitelem domu

4.2.1 Technické parametry rodinného domu

V tabulce 9 jsou uvedeny technické parametry tohoto rodinného domu

Tabulka 9: Parametry rodinného domu

Parametry rodinného domu	
Přízemní dům s obytnou vytápěnou plochou 115 m ²	
Nevytápěná garáž 25 m ² , přiléhá k severní straně domu, je však součástí zateplené obálky domu, takže v ní nemrzne.	
Nezateplený, nevyužívaný půdní prostor	
Zdivo Porotherm SI 40 cm	celkové U = 0,17 w/m ² K
Zateplení 14 cm minerální vaty	
Základy zateplené do hloubky 60 cm deskami XPS o tloušťce 10 cm	
Okna i dveře p vlastová Internorm s trojsklem (krypton, U=0,5 W/m ² K).	celkové U=0,9 W/m ² K
Stropy tvoří SDK podhledy pod vazníky, 32cm minerální vaty.	celkové U=0,12 W/m ² K
Podlahy s izolací 14 cm EPS. Anhydrit. Dlažba v celém domě.	celkové U= 0,25 W/m ² K
Celkové tepelné ztráty včetně větrání dle výpočtu cca 4 kW při venkovní teplotě -15 °C.	
Větrání obývacího pokoje s kuchyní lokální rekuperační jednotkou, jinde okny.	
Orientace oken převážně J a JZ s příznivými tepelnými zisky v zimě.	
Vytápění v celém domě teplovodní podlahové s keramickou dlažbou.	
Kotel Geminox THRi 1-10 B120. Teplota komfortní 23 °C (7-17 hodin) Teplota útlumová 21,5 °C Strmost topné křivky 4,5 Přechod léto/zima 13 °C Počet startů kotle za rok cca 2000. Naprostá většina startů z důvodu ohřevu TUV (v průměru cca 5x denně). Celoroční bezobslužný provoz kotle.	

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.2 Roční spotřeba plynu v domě

Majitel domu si zapisoval spotřeby plynu na topení a ohřev teplé vody. Vývoj spotřeby je vidět v tabule 10. Je zde zaznamenána spotřeba od roku 2009 do roku 2016. Největší celková spotřeba plynu byla první rok po nastěhování do domu. To lze vysvětlit většími ztrátami, které předcházely správnému nastavení kotle a optimalizaci teplot ve všech místnostech domu. Průměrná spotřeba plynu je 856 m³. Na topení se využijí dvě třetiny celkové spotřeby plynu. Jedna třetina připadá na ohřev vody. Spotřeba vody je odhadována podle letních spotřeb bez topení a v průběhu let roste. To lze zdůvodnit růstem dětí v domácnosti. Roční platby za plyn se pohybují v rozmezí 12-15 tis. Kč.

V roce 2014 byla naměřená celková spotřeba kotle 260 kWh, což je do 1000 Kč v tarifu společnosti E-on D25d.

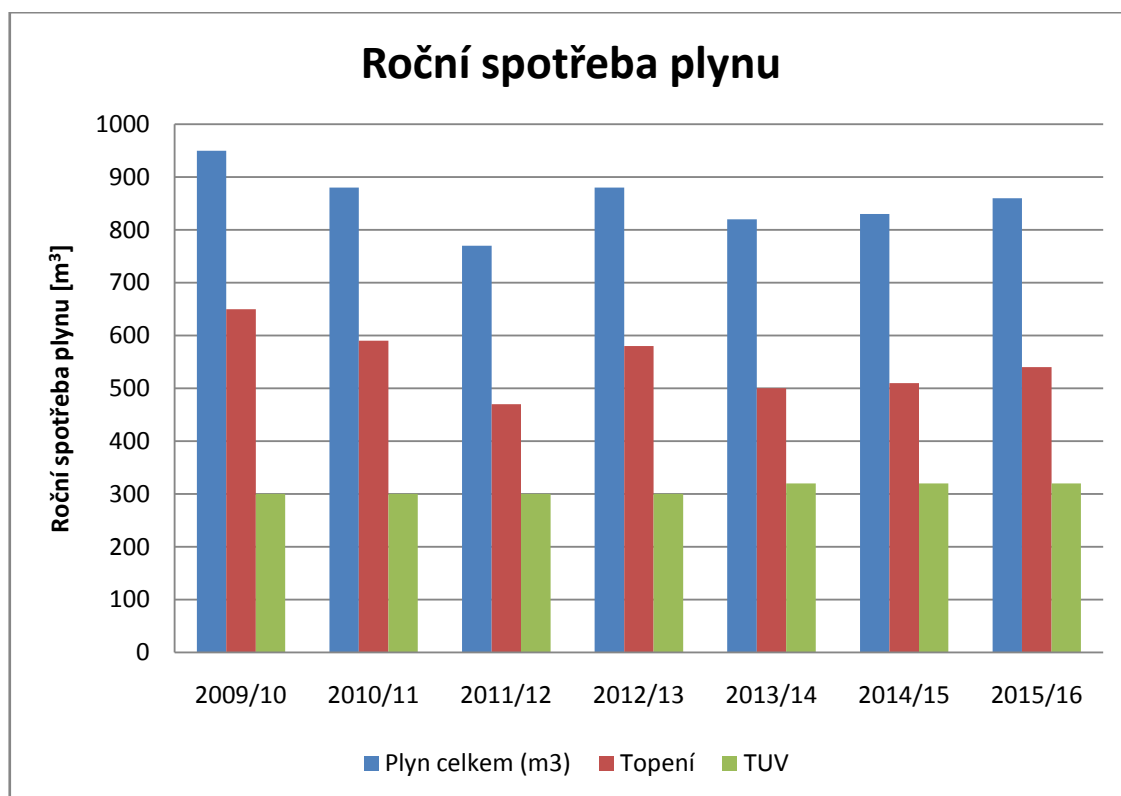
Tabulka 10: Tabulka roční spotřeby plynu

Tabulka roční spotřeby plynu (vždy od 1.6. do 1.6.)				
Rok	Plyn celkem (m³)	Topení	TUV	Poznámka
2009/10	950	650	300	Ladění topení první sezonu. Topení dle ekvitermu bez vlivu vnitřní teploty.
2010/11	880	590	300	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.
2011/12	770	470	300	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.
2012/13	880	580	300	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.
2013/14	820	500	320	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.
2014/15	830	510	320	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.
2015/16	860	540	320	Ekviterm s vlivem vnitřní teploty.

Zdroj: vlastní zpracování

Z následujícího grafu 2 je možné sledovat průběh celkové roční spotřeby plynu a její rozdělení na topení a ohřev vody.

Graf 2: Roční spotřeba plynu



Zdroj: Vlastní zpracování

Při zapnutém vlivu vnitřní teploty majitel využívá s výhodou funkci rychlého útlumu, kdy se ihned vypne čerpadlo po přechodu na útlumovou teplotu a déle šetří elektřinu. Útlumová teplota byla nastavena na hodnotu $21,5^{\circ}$. Hlavním důvodem tohoto nastavení bylo, aby dům při větších mrazech nevychladl přes noc pod 21°C . Teplota přechodu léto/zima 13°C byla nastavena proto, aby se v přechodném období na jaře a na podzim dům zbytečně nepřetápel, protože jsou dostatečné solární zisky. Naopak při velmi chladném létě pak kotel může v případě potřeby automaticky přitopit.

4.2.3 Průměrný týdenní výkon topení

Průměrný týdenní výkon topení v tabulce 11 ilustruje tepelnou ztrátu domu při dané venkovní teplotě včetně ztrát větráním i tepelných zisků (vnitřních i solárních). Většinu topné sezóny je výkon kotle blízko minimálnímu výkonu v rozmezí 1-2 kW. Průměrná teplota v topné sezóně je v ČB kolem 2 °C.

Tabulka 11: Průměrný týdenní výkon topení, vypočtený ze spotřeby plynu

Průměrný týdenní výkon topení (vypočteno ze spotřeby plynu)			
Průměrná týdenní venkovní teplota (°C)	Spotřeby plynu za týden na topení (m³)	Průměrný výkon topení za týden (kW)	Poznámka
15	0	0,0	
10	11	0,7	
5	15	1,0	Od cca 5 °C (průměrná denní teplota !) níže kotel schopen topit bez přerušování.
0	22	1,4	
-5	29	1,8	
-10	36	2,3	
-15	43	2,7	

Zdroj: vlastní zpracování

Reálné chování kotle je takové, že po skončení nočního útlumu v 7 hodin ráno najede vyšším výkonem 30-60% (dle venkovní teploty) a postupně moduluje během několika hodin výkon dolů až k minimálnímu. Teplota v domě plynule roste z 21 °C k nastavené komfortní teplotě 23 °C. V 17 hodin pak přepnutí do útlumu kotel odstaví včetně čerpadla. Setrvačností nahřáté podlahy dům velmi pomalu chladne.

Pokud jsou během topného období slunečné dny, netopí kotel celý interval 7-17 hodin, ale díky úsporným funkcím topení přerušuje, pokud interiérová teplota stoupne nad 23-24 °C.

Teplota topné vody se během topné sezóny pohybuje od cca 26 °C do 38 °C. Teplota podlahy pak dosahuje od 24 °C do 32 °C. Při běžných zimních teplotách kolem 0 °C, kdy má topná voda cca 32 °C a podlaha cca 27 °C, je podlaha (dlažba) pocitově mírně vlažná. Až při podnulových teplotách je podlaha teplá, nikdy však nepříjemně moc.

Kotel je takto nastavený schopen celoročního automatického provozu bez zásahu obsluhy s výborným teplotním komfortem a přitom velmi úsporným provozem.

Pokud by majitel topil na výpočtových 20 °C, **klesla by zřejmě spotřeba plynu ještě o cca 10 procent.** Při několikadenní cestě mimo dům majitel neřeší dokonce ani přepínání na trvalý útlum nebo vypínání ohřevu TUV.

4.2.4 Tepelné ztráty domu

Z tabulky 12 je možné vyčíst následující informace ohledně tepelných ztrát domu.

Původní projekt nezahrnoval zateplení fasády (pouze zdivo Porotherm 44 cm Si) a i další tepelné izolace byly slabší - podlaha 10 cm EPS, strop 30 cm vaty, zateplení základů 5 cm XPS, okna s celkovým $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Výpočet v technické zprávě uváděl bez podrobností celkovou potřebu tepla (včetně větrání) **6018 W** a byl stanoven součtem ztrát jednotlivých místností. Podlahové topení (včetně dvou žebříků v koupelně) bylo nadimenzováno na výkon 8410 W. Předpokládaná spotřeba plynu byla 1730 m³ ročně. Kotel byl původně vybrán Gemnix THRi 2-17 B120. Větrání okny. Ventilátory v koupelně a WC s výměnou vzduchu 1-2 x objemu/hod.

Těsně před stavbou majitel projekt z pohledu izolací výrazně posílil a omezil na minimum tepelné mosty, které jsou bez zateplení problematicky odstranitelné. Pro stavební firmu si nad rámec projektu připravil náčrtky řešení veškerých detailů.

Při návrhu doplnění izolací majitel postupoval zjednodušenou obálkovou metodou, která však poskytla dobrou shodu s reálnou spotřebou plynu na topení v týdenních průměrech. Výpočtová venkovní teplota byla uvažována -15 °C a vnitřní 20 °C. Teplotu podloží pod domem 5 °C a v garáži 0 °C (reálně tam nemrzne díky 30 m² společné zdi s domem). Vytápěný objem je 300 m³.

Do výpočtu byly dosazeny původní parametry domu a tepelné ztráta prostupem vyšla na 4460 W a větrání bez rekuperace 1500 W (dle zjednodušeného výpočtu na TZB Info), celkem **5960 W** (naprostá shoda s původním projektem).

S posílenými izolacemi a lokálním rekuperačním větráním v cca polovině domu (kuchyně + obývací pokoj) pak vyšla tepelná ztráta 3020 W prostupem a 1000 W větráním, **celkem 4020 W**, tj. o třetinu menší. Zde už byl jasnou volbou kotel Geminox THRi 1-10 B120.

Snahou stavitele toho domu bylo vybalancovat tepelné ztráty podlahou, stěnami, okny a stropem a odstranit systematické tepelné mosty. Rovněž přízemní dům má větší ochlazovanou obálku, ale pohodlí bydlení v jedné rovině (dokonce bez prahů) představuje značné výhody komfortu.

Jako důležité detaily stavitel zmiňuje navazující zateplení základů a zateplení fasády, dále přetažení vaty ve stropě až přes věnec a zateplení fasády, tj. ne pouze mezi obvodovými stěnami. Použita byla izolace v kapsách cihel ostění oken i dveří.

V tabulce jsou uvedeny hodnoty ztrát jednotlivých konstrukcí při výpočtové teplotě v původním a upraveném projektu.

Pro každou konstrukci je použit vzorec:

$$P(\text{okamžitá ztráta}) = U(\text{koeficient prostupu tepla}) \times \Delta T \times S(\text{plocha})$$

Tabulka 12: Tepelné ztráty domu

Tepelné ztráty domu				
	Původní projekt		Upravený projekt	
Obvodové zdi	44 Si	0,27x35x110= 1040 W	40Si + 14 cm vata	0,17x35x110= 660 W
Společná zeď s garáží	44 Si	0,3x20x30= 180 W	40Si	0,3x20x30= 180 W
Okna, dveře	Dvojskla Ar 1,1 Celkové U=1,3	1,3x35x20= 910 W	Trojskla Kr 0,5 Celkové U=0,9	0,9x35x20= 630 W
Stropy	Vata 30 cm	0,13x35x145= 660 W	Vata 32 cm, nad koupelnou 50 cm	0,12x35x145= 610 W
Podlahy	10 cm EPS	0,4x15x145= 870 W	14 cm EPS	0,25x15x145= 540 W
Ztráta zdí do základové desky	5 cm XPS kolem základů do 60 cm hloubky	800 W	10 cm XPS kolem základů do 60 cm hloubky	400 W
Ztráta prostupem celkem		4460 W		3020 W
Ztráta větráním	Pouze okny	1500	Okna + rekuperace	1000 W
Celková ztráta		5960 W		4020 W

Zdroj: vlastní zpracování

4.2.5 Shrnutí vlastností nízkoenergetického domu - reálné zkušenosti

Nízkoenergetický dům je v podstatě klasicky postavený dům se zesílenými izolacemi stěn, podlah a stropů a kvalitními okny. Je snaha o omezení systematických tepelných mostů. Vytápění je řešeno například plynovým kondenzačním kotlem. Výhodou je, že není ve větší míře použito investičně nákladných technologií, jako např. tepelné čerpadlo, centrální rekuperační vzduchotechnická jednotka, topný systém na biomasu s tepelným výměníkem, solární systém, akumulární nádrže a podobně. U nízkoenergetického domu se údržba omezuje na revizi a vyčištění kondenzačního kotle v ceně cca 1500 Kč.

Výše uvedené systémy jsou pro pasivní dům téměř povinné. Významně sníží náklady na topení a ohřev vody, ale rovněž představují potenciální zdroj poruch již v horizontu 10 až 15 let. Životnost hlavních komponent pak může dosahovat pouze 25 let při pravidelné údržbě. Kvalitní údržba technologií pasivního domu znamená nezanedbatelné roční náklady v řádu tisíců korun. Patří sem výměny filtrů větracího systému, dezinfekce výměníků a rozvodů vzduchu, povinné revize spalinových cest a spotřebičů apod. Jistou nevýhodou je také složitější ovládání technologií pro běžného uživatele.

Hlavní nevýhodou u nízkoenergetického domu je náročnější udržení zdravého vnitřního prostředí. Je nezbytné pravidelné větrání pro udržení nízké hladiny oxidu uhličitého ve vzduchu a v zimních měsících také pro udržení relativní vlhkosti pod cca 50 procent, což zamezuje vzniku plísní. Jedná se však především o zimní období zhruba listopad až březen. Zajímavým aspektem větrání okny je, že při přítomnosti např. kouře ve venkovním vzduchu se zápach nedostane do celého domu. Při nasátí kouře řízeným větráním se zápach během několika desítek sekund rozšíří do celého domu.

Požadavky současné (a připravované) legislativy staví malého investora do situace, kdy je nucen využívat technologie s omezenou životností a nemalými náklady na údržbu, aby byl schopen splnit normativní požadavky na výstavbu. Tyto požadavky jsou však do určité míry zdeformovány zpolitizovaným přístupem k ochraně životního prostředí a ekologii. Dle mého názoru by byl dostatečný požadavek na tepelně-technické vlastnosti základních stavebních konstrukcí a základní zajištění vnitřního prostředí budov. Jelikož je životnost domu 50-100 let i více, vzniká tak velká

disproporce mezi vlastnostmi existujících a nových staveb, přičemž na novostavby budou v blízké budoucnosti kladeny neadekvátně enormní nároky.

5 ZÁVĚR

Stěžejním cílem praktické části bakalářské práce bylo zhodnocení návratnosti investice do pasivních a nízkoenergetických domů. Výchozím bodem výpočtu je měrná spotřeba energie pro jednotlivé typy domů, které jsou definované normou. Z té vychází roční provozní náklady, jejichž kombinací s vyšší vstupní investice jsem vypočetla návratnost investice. Ta je v případě pasivních domů 19 let, což je nižší než u nízkoenergetických domů (28let). Tento rozdíl ovlivňují dva hlavní faktory: dotace "Zelená úsporám" a energetická úspornost pasivních domů. Ve výpočtu byla zohledněna aktuální a konstantní cena energií. Dá se předpokládat, že ceny energií do budoucna porostou, čímž se rozdíl návratnosti investice mezi pasivními a nízkoenergetickými domy ještě více prohloubí. Výsledky výpočtu návratnosti investice odpovídají i údajům uváděným různými dodavatelskými a developerskými firmami.

Při výstavbě pasivního domu stejně jako při nákupu spotřebního zboží většina investorů do detailů nepropočítává jeho ekonomickou návratnost. Nejpodstatnějším požadavkem se stává pokrytí potřeb vlastníka domu, zvýšení pohodlí a spokojenosti majitelů a menší závislost na zdrojích energie. Z hlediska budoucího vývoje cen energií a plateb za ni, je nejjistějším řešením energii nepotřebovat. A to je cesta, kterou se pasivní dům vydává. Pasivní rodinný dům je stavbou, kterou investor ovlivní nejen kvalitu svého života, ale také ráz krajiny mnohdy i na několik generací. Proto je prioritou soustředit se na jeho kvalitu.

Hlavní kritérium výběru mezi pasivním a nízkoenergetickým domem je na zvážení každého stavitele. Po konzultaci s odborníky a projektanty rodinných domů jsem zjistila, že je mnoho možných kombinací a variant použití různých stavebních materiálů a technologií. Každý zájemce o úsporné bydlení si najde řešení integrované přímo na míru, které bude vyhovovat jeho ekonomickým i kvalitativním požadavkům.

V současné době je kladen velký důraz na úsporu nákladů za bydlení a také na ekologické využívání přírodních zdrojů. Ekologie bude mít při výběru bydlení v budoucnosti významnou roli. Ceny energií rostou, zdroje jsou limitované a lidé se zajímají, jak být ekonomicky nezávislí a více soběstační.

6 SUMMARY

Subject of this thesis - Economic advantages and disadvantages of passive houses in the Czech Republic and the EU - is very topical with regards to building boom and the environment and related issues of energy-saving housing. Comparison of economic advantages and disadvantages between passive houses and low-energy buildings is also interesting considering connection modern, comfortable and environmentally effective housing.

Reducing the energy performance of buildings is currently a fundamental trend and an opportunity for the future, either for individuals as well as for society. It is the result of international legislation dealing with the energy performance of buildings, which is addressed by Directive 2002/91 / EC of the European Parliament and Council of the energy performance buildings.

The main target of the practical part of the bachelor thesis was to evaluate the return on investment in passive and low energy houses. The starting point of the calculation is the specific energy consumption for each type of house that is defined by the standard. The main benefit of this work is a finding based on the annual operating costs, which combined with the amount of the initial investment was calculated by the return on investment. This is 19 years for passive houses, which is lower than for low energy houses (28 years). This difference is influenced by the two main factors, namely the "Green Savings" subsidy for passive houses and the energy efficiency of passive houses. The calculation has taken into account the current and constant energy prices. It can be assumed that energy prices will rise in the future, making the investment return differential between passive and low-energy houses even more pronounced. The results of the return on investment are also consistent with those reported by different suppliers and developers.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knižní zdroje:

- Báčová, M. (2010). *Manuál energeticky úsporné architektury*. Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů.
- Belica, P. (2006). *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*. Valašské Meziříčí: Regionální energetické centrum.
- Centrum pasivního domu. (2014). *Pasivní domy 2014 - sborník z 10. ročníku mezinárodní konference*. Brno: Centrum pasivního domu.
- ČSN 730540-2/2002. (2002).
- Multi-comfort house. (2011). *Pasivní domy - principy, projekty, realizace, mýty*. Častolovice: Multi-Comfort House.
- Hudec, M. (2013). *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Praha: Grada.
- Chybík, J. (2004). *Pasivní dům zkušenosti z Rakouska a české začátky*. Brno: Veronica.
- Molda, B. (2003). *(Ne)udržitelný rozvoj ekologie - hrozba i naděje*. Praha: Nakladatelství Karolinum.
- Nagy, E. (2009). *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga.
- Plamínková, J. (1998). *Slabikář ekologického bydlení*. Praha: PROFES J&K.
- Srdečný, K. (2004). *Úspory energie v domě*. Praha: Grada.
- Suske, P. (2008). *Ekologická architektura ve stínu moderny*. Brno: Era.
- Tywoniak, J. (2012). *Sledování energetických vlastností pasivních domů*. Praha: Grada.
- Velfel, P. (2010). *Energie pro rodinný dům*. Hradec Králové: Paradise Studio.

Internetové zdroje:

- Alfahaus. (2016). *Od roku 2020 stavba domů pouze s téměř nulovou energetickou náročností*. Získáno 2017, Dostupné na: Alfahaus komfortní bydlení: <http://www.alfahaus.cz/aktualne/od-roku-2020-stavba-domu-pouze-s-temer-nulovou-energetickou-narocnosti>
- Atrea. (2017). *Atrea - o společnosti*. Získáno 2017, Dostupné na: Atrea s.r.o.: <http://www.atrea.cz/cz/o-spolecnosti>
- Best. (2017). *Best unika, tepelná příručka*. Získáno 2017, Dostupné na: www.best.info/_sys_/FileStorage/download/2/1867/best_unika_tepelna_prirucka_cz_final.pdf
- Bízek, O. (29. květen 2014). *10 důvodů, proč se rozhodnout pro Zemělod'*. Získáno 2017, Dostupné na: Oázy Života: <http://www.oazyzivota.cz/10-duvodu-proc-se-rozhodnout-pro-zemelod/>
- Bízek, O. (2014). *10 důvodů, proč se rozhodnout pro Zemělod'*. Získáno 2017, Dostupné na: Oázy života, stavitelství: <http://www.oazyzivota.cz/10-duvodu-proc-se-rozhodnout-pro-zemelod/?highlight=zemelod#fotografie>

- Cemix. (2017). *LB Cemix s.r.o. - Kdo jsme*. Získáno 2017, Dostupné na: Cemix: <http://www.cemix.cz/kdo-jsme>
- Centrum pasivního domu. (2017). *Co je pasivní dům*. Získáno 2017, Dostupné na: Centrum pasivního domu: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2?s=102>
- Centrum pasivního domu. (2017). *Vzorový pasivní dům Atrea*. Získáno 2017, Dostupné na: Centrum pasivního domu: <http://www.pasivnidomy.cz/domy/vzorovy-pasivni-dum-atrea-70>
- Centrum pasivního domu. (2013). *Z historie pasivních domů*. Získáno 2016, Dostupné na: Centrum pasivního domu: <http://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083>
- Cihlář, J. (2017). *Energetická náročnost průmyslových budov – ČÁST 3 – BUDOVA S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE*. Získáno 2017, Dostupné na: tzbinfo: <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15659-energeticka-narocnost-prumyslovych-budov-cast-3-budova-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- ČVUT. (2014). *Hodnocení energetické náročnosti budov - Národní kalkulační nástroj*. Získáno 2017, Dostupné na: ENB - NKN II: <http://nkn.fsv.cvut.cz/legislativa>
- ECČB. (2017). *Jak postavit pasivní dům? Nové poradenské centrum v Českých Budějovicích*. Získáno 2017, Dostupné na: Energy Centre České Budějovice: <http://www.eccb.cz/index.php?sk1=23&sk2=53&sk3=0&interni=>
- Eco-design. (2017). *Eco-design výrobce svítidel a světelných říms*. Získáno 2017, Dostupné na: Eco-design: <http://www.eco-design.cz/>
- EkoBonus. (2013). *Pasivní domy: Mýty a fakta*. Získáno 2016, Dostupné na: EkoBonus - magazín: <http://www.ekobonus.cz/pasivni-domy-myty-a-fakta>
- Ekotrend 21. (2008). *Výstavba pasivních-aktivních ekologických rodinných domů z přírodních materiálů*. Získáno 2017, Dostupné na: Ekotrend.
- Energie123. (2017). *Aktuální (průměrná) cena 1 kWh elektřiny*. Získáno 2017, Dostupné na: Energie123: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- Heluz. (2012). *Dům pro budoucnost - Siko koupelny*. Získáno 2017, Dostupné na: Dům budoucnosti: <http://dum-budoucnosti.cz/partneri/siko-koupelny/>
- Heluz. (2014). *Vzorový dům Heluz Triumf*. Získáno 2017, Dostupné na: vypinac: <http://www.vypinac.cz/#!/bydlete-chytre/vzorove-domy>
- HighExistence. (2012). *10 Reasons Why EarthShips Are Fing Awesome*. Získáno 2017, Dostupné na: HighExistence: <http://highexistence.com/10-reasons-why-earthships-are-fing-awesome/>
- <http://highexistence.com/10-reasons-why-earthships-are-fing-awesome/>. (2012). (J. Lejuwaan, Producent) Získáno 2017, Dostupné na: www.highexistence.com.
- IBSOLUTION. (2017). *IBSOLUTION - Systém KNX*. Získáno 2017, Dostupné na: IBSOLUTION: <http://www.ibsolution.cz/inteligentni-dum/system-knx/>
- IQ DOMY. (2014). *IQ DOMY - vzorové domy*. Získáno 2017, Dostupné na: IQ DOMY: http://www.iqdomy.cz/home_page/pro/
- Leschingerová, M. (2012). *Pasivní versus nízkooenergetický dům: Najděte 7 rozdílů*. Získáno 2017, Dostupné na: Nalezeno - chytrá řešení pro každého:

<http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-versus-nizkoenergeticky-dum-najdete-7-rozdilu.aspx>

Ministerstvo životního prostředí. (2017). Získáno 2017, Dostupné na: www.mzp.cz:www.mzp.cz/cz/articles_101112_pasivnidomy

Ministerstvo životního prostředí. (2017). *Nová zelená úsporám*. Získáno 2017, Dostupné na: Ministerstvo životního prostředí, tiskové zprávy: https://www.mzp.cz/cz/news_170609_NZU_novinky

Nová zelená úsporám. (2017). *Podmínky oblasti podpory B*. Dostupné na: Nová zelená úsporám: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-b-3-vyzva/>

Oficiální web programu NZU, Státní fond životního prostředí, Ministerstvo životního prostředí. (2017). *Nová zelená úsporám*. Získáno 2017, Dostupné na: 3. výzva pro rodinné domy - obecné informace: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/>

Origis. (2016). *Origis: domy České Budějovice*. Získáno 2016, Dostupné na: Origis promyšlené stavby: <https://www.origis.cz/nase-domy/K015/>

Prum. (2013). *Prum - designové dveře - o nás*. Získáno 2017, Dostupné na: Prum - designové dveře: <http://www.prum.cz/firma/>

Recifa a.s. (2014). *Refaglass s.r.o.* Získáno 2017, Dostupné na: Refaglass s.r.o.: <http://www.recifa.cz/refaglass/>

Stavimepasiv. (2015). *Vzduchotěsnost je základním standardem každého pasivního domu*. Získáno 2017, Dostupné na: Stavimepasiv: <http://stavimepasiv.cz/2015/02/vzduchotesnost-je-zakladnim-standardem-kazdeho-pasivniho-domu/>

Švec, P. (2012). *Nedaleko Sázkavy roste dům z odpadků, nepotřebuje vodovod ani elektřinu*. Získáno 2017, Dostupné na: iDNES: http://praha.idnes.cz/dum-z-odpadku-stoji-u-sazavy-d1w-/praha-zpravy.aspx?c=A120704_1800322_praha-zpravy_sfo

Termobau. (2017). *Průkaz energetické náročnosti budovy*. Získáno 2017, Dostupné na: Termobau: <http://www.termobau.cz/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy/>

Wikipedia. (2017). *Fram*. Získáno 2017, Dostupné na: Wikipedia, Fram: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fram>

Wikipedia. (2016). *Fridtjof Nansen*. Získáno 2017, Dostupné na: Wikipedia, Nansen: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fridtjof_Nansen

Wikipedie. (2017). *Inteligentní dům*. Získáno 2017, Dostupné na: Wikipedie: https://cs.wikipedia.org/wiki/Inteligentn%C3%AD_d%C5%AFm

Wikipedie. (2016). *Michael Reynolds*. Získáno 2017, Dostupné na: Wikipedie: https://cs.wikipedia.org/wiki/Michael_Reynolds

Zeměloď Evropské centrum Zeměloď. (2017). *Zeměloď Zeměnka - Evropské centrum Zeměloď*. Získáno 2017, Dostupné na: Zeměloď Evropské centrum Zeměloď: <http://www.zemelod.cz/cz/zemelod.html>

Ostatní zdroje:

Cihlostavby (Režisér). (2014). *Heluz - pasivní vzorový dům* [Film].

Poltikovič, V. (Režisér). (2017). *Dokument ČT o stavbě zemělodi Zeměnka* [Film].

Tesárek, P. (Režisér). (2014). *Cihlový pasivní dům HELUZ v Českých Budějovicích* [Film].

8 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Maximální výše dotace	21
Tabulka 2: Podoblast B.1 a B.2 - požadované parametry.....	22
Tabulka 3: Popis referenčního domu	38
Tabulka 4: Celkové pořizovací náklady porovnávaných staveb	40
Tabulka 5: Hrubý rozpočet základních stavebních prvků a prací.....	40
Tabulka 6: Měrná potřeba energie porovnávaných staveb	42
Tabulka 7: Provozní náklady porovnávaných staveb	42
Tabulka 8: Výpočet prosté doby návratnosti investice	43
Tabulka 9: Parametry rodinného domu	45
Tabulka 10: Tabulka roční spotřeby plynu	46
Tabulka 11: Průměrný týdenní výkon topení, vypočtený ze spotřeby plynu	48
Tabulka 12: Tepelné ztráty domu	50

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Porovnání nízkoenergetických a pasivních domů z hlediska úspor na vytápění	11
Obrázek 2: Schéma fungování domu Zeměloď Zeměnka	15
Obrázek 3: Polárník F. Nansen, jehož loď využívala principů pasivního domu	16
Obrázek 4: Loď polárníka F. Nansena.....	16
Obrázek 5: Ukázka průkazu energetické náročnosti budovy.....	20
Obrázek 6: Jednoduchý tvar domu	33
Obrázek 7: Složitý tvar domu	33
Obrázek 8: První cihlový pasivní dům v areálu českobudějovického výstaviště, projekt FR-T13/085	35
Obrázek 9: Průřez cihly HELUZ Family 2in1 s polystyrenovou výplní a nízkým součinitelem prostupu	36
Obrázek 10: Soukromý rodinný dům v Českých Budějovicích, které splňuje vlastnosti nízkoenergetických staveb	44

Seznam grafů:

Graf 1: Rozdělení spotřeby energie v domácnosti	28
Graf 2: Roční spotřeba plynu.....	47

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Schéma fungování pasivního domu

Příloha 2: Ukázka rekuperační jednotky DUPLEX EX4.D v pasivním domě Heluz

Příloha 3: Ukázka okna firmy Sulko, která byla použita v domě Heluz

Příloha 4: Ukázka fungování inteligentního domu

Příloha 5: Dotazník - desatero pasivního domu

Příloha 6: Základní informace o programu "Nová zelená úsporám"

Příloha 7: Partneři projektu domu

Příloha 8: Přehled měření stavebně - energetických vlastností budov

Jak funguje pasivní dům

Solární zisky

Dům stojí tak, aby získával energii ze slunce. Aby se v létě nepřehříval, počítají architekti se stíněním.

Solární kolektor

Také s výrobou teplé vody pomáhá slunce, díky kolektoru umístěnému na střeše.

Fotovoltaická elektrárna

U pasivního domu není podmínkou, pokud se pro ni majitel rozhodne, může mu pomoci snížit energetickou závislost na minimum.

Rekuperační jednotka

Řídí větrání v celém objektu, díky ní se teplo neztrácí při větrání. Do objektu se dostává nový vzduch, odpadní vzduch mu předá své teplo a míří z domu pryč.

Zemní výměník tepla

Jde o trubky cca 1,5 metru v zemi, kterými proudí do rekuperační jednotky čerstvý vzduch zvenku. Vzduch se oteplí nebo ochladí.

Spotřeba energie

Typ domu

Potřeba tepla na vytápění (kWh/m² a rok)

Domy běžné v 70. a 80. letech	Většinou nad 200
Současná novostavba	80 až 140
Nízkoenergetický dům	Méně než 50
Pasivní dům	Méně než 15
Nulový dům (s přebytkem tepla)	Méně než 5

Tepelná izolace

Oproti dnešním standardům je mnohem mocnější – na kolmých zdech třeba 30 centimetrů, u střechy může být i 40 centimetrů.

Vzduchotěsná obálka

V pasivním domě se dbá na precizní zatěsnění všech detailů, aby nevznikaly tepelné mosty a vzduchové netěsnosti.

Okna

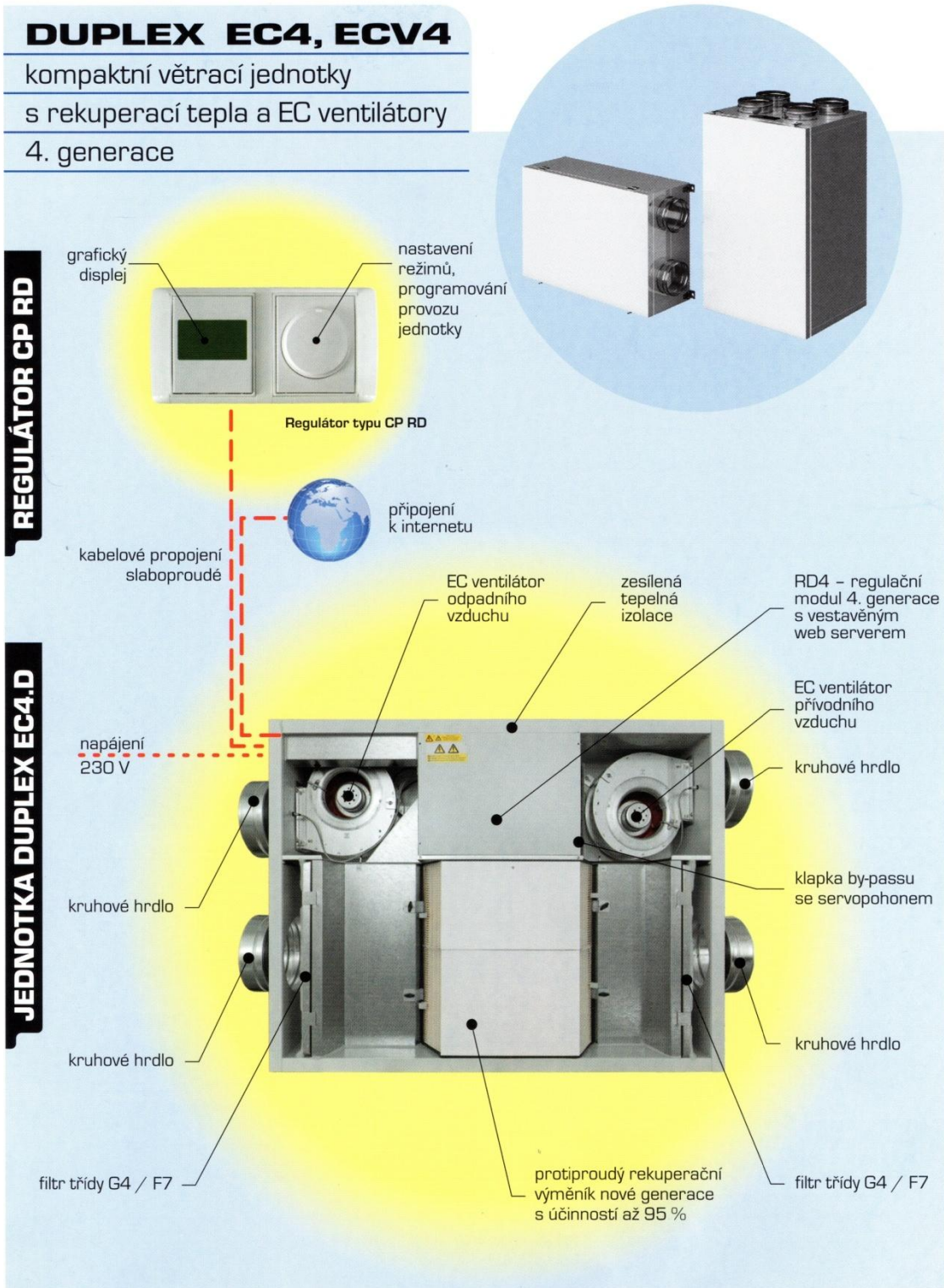
Standardem jsou trojskla, standardní okna mají tepelnou propustnost 1,5 W/m²K, v pasivním domě nesmí tento ukazatel překročit hodnotu 0,8

Příloha 1: Schéma fungování pasivního domu

Pramen: www.pasivnidomy.cz

Zdroj: www.pasivnidomy.cz

Příloha 2: Ukázka rekuperační jednotky DUPLEX EX4.D v pasivním domě Heluz



Zdroj: Společnost ATREA

Příloha 3: Ukázka okna firmy Sulko, která byla použita v domě Heluz

SULKO Profi

Řešení na celý život

SULKO
Spolehlivá okna

Nastaveno pro nejlepší skla

SULKO Profi zasklí i široká trojskla s použitím standardních, designových zasklívacích lišt.

Těsnění i pod sklem

Unikátní dodatečné těsnění pod sklem zvyšuje tepelně-izolační vlastnosti okna.

Špičková těsnost

Použití tří (u Profi Plus dokonce čtyř) vysoce elastických těsnění s dlouholetou životností.

Integrovaná montážní rovina

Integrovaná montážní rovina je jedinečná výhodou při tzv. předsazené montáži.

Unikátní dlouhovlákný kompozit

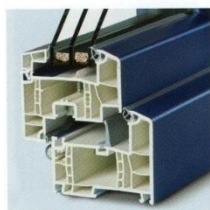
Unikátní systém kompozitových vláken zajišťuje stabilitu výrobků a jeho maximální tepelnou izolaci. Díky jeho užití mají okna nižší tepelnou roztažnost a vydrží déle plně funkční.

TECHNICKÉ INFORMACE

Stavební hloubka	86 mm
Počet komor	6
Počet těsnění	3-4
Šířka zasklení max	53 mm
Tepelná izolace s dvojsklem 1,1 (Uw)	1,0
Tepelná izolace s trojsklem 0,7 (Uw)	0,9
Tepelná izolace s trojsklem 0,5 (Uw)	0,75
Barevné dekory	30 druhů barev
Stříkané barvy RAL Resist	ano

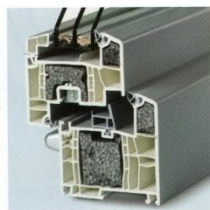
Integrovaný výztužný systém

Integrovaný výztužný systém je špičkový systém výztužení oken bez užití železa. Díky tomu nevznikají tepelné mosty a okno má o cca 30 % vyšší životnost.



PROFI LINE

Elegantní rovné křídlo pro moderní novostavby.



PROFI PLUS

Nejlepší okno na trhu, čtyřsklo, čtyři těsnění, integrované moduly.

Nová dimenze okenních konstrukcí s technologií RAU-FIPRO, unikátním materiálem na bázi polymerového kompozitu, díky němuž není nutné okna vyztužovat ocelí. Svou jedinečnou konstrukcí splňuje statické požadavky, které si běžné materiály pro výrobu okenních profilů nemohou dovolit. Současně eliminuje veškeré tepelné mosty v profilu rámu a křídla. Jedná se o šestikomorový systém se stavební hloubkou 86 mm a pohledovou výškou 115 mm. Okna PROFÍ Line jsou již dnes standardním řešením budoucnosti. Rámy oken a dveře od firmy SULKO se velmi snadno udržují díky vysoce kvalitní a hladké povrchové úpravě High-Definition-Finishing. Tato technologie zajišťuje velkou odolnost povrchu plastových profilů proti znečištění a eliminuje agresivní vlivy okolního prostředí.

Zdroj: Společnost SULKO

Příloha 4: Ukázka fungování inteligentního domu



Stmívač

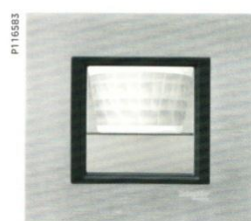
Stmívač omezuje proud, který napájí zátěž. Může ušetřit významnou část energie určenou pro osvětlení. Umožňuje zvolit vhodnou úroveň osvětlení, která je příjemná a efektivní.

Termostat

Ovládá teplotu bez výrazných poklesů či nárůstů, přispívá k efektivnímu využití elektrické energie. Programovatelné termostaty umožní nastavení optimální tepelné pohody.

Detektor pohybu

Automaticky zapne a vypne osvětlení v závislosti na přítomnosti osob a světelných podmínkách. Významně přispívá k úsporám. Zátěž je napájena jen v přítomnosti osob.



Zdroj: Společnost IQ DOMY

DESATERO PASIVNÍHO DOMU



Splnění dole uvedených principů tvoří základ pro dosažení pasivního standardu a zajištění vysokého komfortu, který pasivní domy poskytují. Pokud je jedna a víc odpovědí „ne“, lze předpokládat, že se nejedná o pasivní dům.

- 1. Má dům převahu oken na jižní stranu?** ano ne
- 2. Kolik tepelné izolace je použito v stěnách a ve střeše?** ano ne
- stěna min. 30 cm ($U < 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) – ano
- střecha min. 40 cm ($U < 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) – ano
- 3. Jaká tloušťka izolace je použita v podlaze?** ano ne
- min. 25 cm – ano
- 4. Byla řešena vzduchotěsnost domu a jak?** ano ne
- těsnicí pásy / desky / fólie – ano
- 5. Jsou řešeny tepelné mosty a jak?** ano ne
- souvislá vrstva izolace, příp. využití speciálních komponentů, posouzení detailů výpočtem – ano
- 6. Jaká okna jsou použita a jakou U_w hodnotu dosahují?** ano ne
- okna s trojskly a zateplený rám – ano
- $U_w < 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ – ano
- 7. Je dům chráněn proti letnímu přehřívání a jak?** ano ne
- přesahy střechy / vnější žaluzie / markýzy / pergoly – ano
- 8. Je kontrolována kvalita provedení domu a jak?** ano ne
- Blowerdoor test (test těsnosti), příp. i termovize – ano
- 9. Jak je řešeno větrání domu?** ano ne
- vzduchotechnika (větrání) s rekuperací tepla – ano
- 10. Byl projekt domu optimalizován programem PHPP včetně výpočtu měrné potřeby energie na vytápění a hodnoty primární energie?** ano ne

Zdroj: (Centrum pasivního domu, 2014)

Příloha 6: Základní informace o programu "Nová zelená úsporám"

Program Ministerstva životního prostředí, administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR (dále jen „fond“), který podporuje

- energeticky úsporné rekonstrukce rodinných domů a bytových domů,
- výměnu nevyhovujících zdrojů na vytápění,
- využívání obnovitelných zdrojů energie.

Představuje ekonomicky nejlepší prorůstové opatření pro českou ekonomiku, pro rozvoj podnikatelské sféry ve stavebnictví, strojírenství a dalších souvisejících oborech. Významným efektem programu Nová zelená úsporám je tvorba nebo udržení desítek tisíc pracovních míst.

Cíle programu

- Zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek a skleníkových plynů (především emisí CO₂) - hlavní cíl
- Úspora energie v konečné spotřebě
- Stimulace ekonomiky ČR
- Sociální přínosy - zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nastartování dlouhodobých progresivních trendů.

Zdroje financování programu

- Česká republika získala na tento program finanční prostředky prodejem tzv. emisních povolenek EUA (European Union Allowance) dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů v rámci EU ETS v období 2013 – 2020.
- Financování programu probíhá přes státní rozpočet ČR.

Na co je možné žádat dotaci

- V rámci programu jsou podporována opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti budov, a to zejména formou zateplení obvodových plášťů a výměny výplní stavebních otvorů (oken a dveří).
- podpora výstavby nových budov s velmi nízkou energetickou náročností (budov blížící se pasivnímu standardu),
- výměna neekologických zdrojů tepla za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (například kotel na biomasu, tepelné čerpadlo nebo plynový kondenzační kotel),
- instalace technologií využívajících obnovitelné zdroje energie a rekuperace tepla z odpadního vzduchu (solární termické a fotovoltaické systémy a jednotky nuceného větrání s rekuperací).

Princip přiznání výše dotace

Tento princip je velmi jednoduchý. Čím více je snížena energetická náročnost budovy po realizaci opatření, tím větší je i míra finanční podpory.

Členění dle typu dotovaného objektu

- Podprogram Nová zelená úsporám – bytové domy
- Podprogram Nová zelená úsporám – rodinné domy

A. Snížování energetické náročnosti stávajících rodinných domů

Dotace na zateplení obálky budovy - výměnou oken a dveří, zateplení obvodových stěn, střechy, stropu, podlahy.

Podpora dílčích i komplexních opatření.

B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností

Dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností

C. Efektivní využití zdrojů energie

Dotace na výměnu původního hlavního zdroje na tuhá fosilní paliva nedosahující parametrů 3. emisní třídy za efektivní ekologicky šetrné zdroje.

Dotace na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem.

Dotace na výměnu plynového vytápění za systém s plynovým tepelným čerpadlem nebo za jednotku kombinované výroby elektřiny a tepla využívající jako palivo zemní plyn.

Dotace na instalaci solárních termických a fotovoltaických systémů.

Dotace na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.

Kdo může žádat o podporu

Oprávněnými žadateli a příjemci podpory jsou vlastníci nebo stavebníci rodinných domů a vlastníci bytových domů, tedy např.:

- fyzické osoby podnikající i nepodnikající
- společenství vlastníků jednotek
- bytová družstva
- města a obce (včetně městských částí)
- podnikatelské subjekty
- případně další právnické osoby

Příjem žádostí

Žádosti o podporu jsou přijímány výhradně elektronicky a to na základě časově omezených výzev.

Žádosti je možné podávat před zahájením, v průběhu nebo po dokončení realizace podporovaných opatření. Za způsobilé jsou považovány pouze výdaje za dodávky nebo služby prokazatelně zahájené a provedené po rozhodném datu, které je stanoveno max. 24 měsíců před datem zaevidování žádosti do informačního systému a zároveň ne dříve, než 1.1. 2014 - platí pro podprogram rodinné domy, 1.1.2015 - platí pro podprogram bytové domy.

Vyřízení žádostí - krajské úřady

Informace podají a žádosti zaevidují pracovníci SFŽP ČR k programu Nová zelená úsporám.

Pro žadatele v programu Nová zelená úsporám jsou kontaktní místa SFŽP otevřena v pondělí a ve středu od 9.00 do 17 hodin a v pátek od 9.00 od 12,00 hodin, a to ve všech krajích.

Co musí splňovat rodinný dům, na který se žádá dotace:

- musí splňovat definici rodinného domu po celou dobu udržitelnosti (tzn. 10 let od vydání Registrace a rozhodnutí, resp. Registrace a stanovení výdajů),
- celková energeticky vztažná plocha domu nesmí překročit 350 m²,
- rodinný dům musí mít instalovaný systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

Způsobilé výdaje

- Způsobilým výdajem se rozumí výdaj bezprostředně související s přípravou a realizací podporovaného opatření. Rozhodné datum pro stanovení způsobilosti výdajů je max. 24 měsíců před datem evidence žádosti do informačního systému a zároveň ne dříve, než 1. 1. 2014.
- V této oblasti podpory jsou způsobilé všechny výdaje související s výstavbou objektu, a to včetně systémů technického zařízení budovy, mezi které se řadí například systémy nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, zařízení využívající obnovitelných zdrojů energie atd. Mezi způsobilé výdaje nelze naopak zařadit např. výdaje spojené s úpravou pozemku, stavbou oplocení, pořízením vnitřního vybavení rodinného domu a výdaje na samostatně stojící část domu (např. garáž).
- Způsobilými výdaji v podoblasti podpory B.3 jsou výdaje na zpracování odborného posudku tj. projektové dokumentace a energetického hodnocení, výdaje spojené s provedením měření průvzdušnosti obálky budovy (blowerdoor test) včetně vyhotovení protokolu o měření.

Na co si dát pozor

- Žadatelem a příjemcem podpory může být pouze **první vlastník** rodinného domu.

- Žadatel musí prokázat technické vlastnosti použitých tepelně izolačních materiálů, výplní otvorů a technických zařízení budovy. Pro materiály a výrobky uvedené v Seznamu výrobků a technologií tyto dokumenty dokládat nemusí.
- Instalace zařízení využívajících energii z obnovitelných zdrojů musí být provedena dodavatelem s příslušnými oprávněními a odbornou způsobilostí.
- V případě, instalace solárního termického systému musí být použity kolektory splňující minimální hodnotu účinnosti dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie.
- Minimální požadovaná účinnost zpětného zisku tepla z odváděného vzduchu je 75 %.
- Žadatel je povinen zajistit odborný technický dozor.
- Splnění požadavku na maximální průvzdušnost obálky budovy n_{50} musí být doloženo protokolem o měření průvzdušnosti obálky budovy.
- Na rodinný dům, který bude podpořen z této oblasti podpory, nelze čerpat dotaci z oblastí podpory A a C.

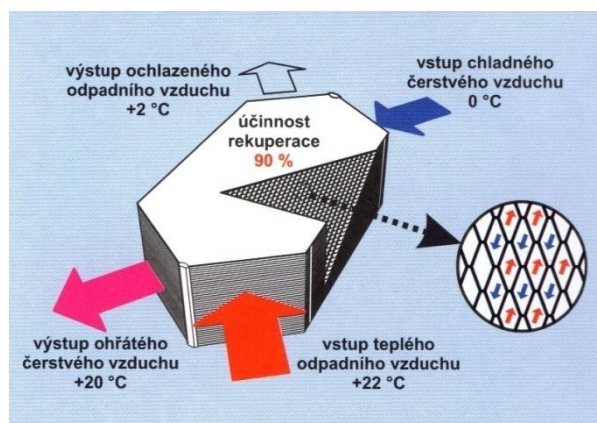
Příloha 7: Partneři projektu domu

• **ATREA s.r.o. – řízené větrání a rekuperace**

Firma ATREA vznikla v roce 1990 jako soukromá firma Ing. Petra Morávka, CSc. V roce 1996 dochází k transformaci na právnickou osobu – ATREA s.r.o., budování zastoupení v zahraničí a postupnému prosazování i na náročných západoevropských trzích. Pro dlouholeté zkušenosti v oblasti mikroklimatu budov a hlavně rekuperace odpadního tepla je společnost řazena mezi významné společnosti v této oblasti.

Výrobní program společnosti zahrnuje: větrací jednotky a rekuperace tepla, větrání kuchyní, větrání a teplovzdušné vytápění rodinných domů a bytů, měření a regulace, výstavba energeticky pasivních rodinných domů. (Atrea, 2017)

Obrázek 1: Schéma principu rekuperace - zdroj Atrea



Zdroj: Společnost Atrea, 2017

Princip rekuperace - přes oddělovací stěny výměníku dochází k předávání tepla - v zimě odpadní teplejší vzduch předehřívá přívodní, chladnější. Stejný princip je používán v létě pro rekuperaci chladu. V zimním období dochází ke kondenzaci vlhkosti v odpadním vzduchu, tento kondenzát zvyšuje účinnost rekuperace díky zlepšení předávání tepla a je průběžně odváděn do kanalizace.

Význam rekuperace - energeticky optimalizovaný rekuperační výměník dosahuje vysoce ekonomický poměr nákladů mezi spotřebovanou elektrickou energií (na pohon ventilátorů), vzduchovým výkonem a rekuperací tepla.

Výhody větracího systému

- záruka hygienicky nutných trvalých výměň vzduchu s možností nárazového zvýšení (např. externím signálem z WC, koupelny, kuchyně)
- úspora až 90% nákladů na větrání díky vysoce účinným rekuperačním výměníkům
- vyloučení vzniku plísní
- vyloučení tepelného diskomfortu přívodem vzduchu s minimálním teplotním rozdílem

- přívod dokonale filtrovaného vzduchu přes filtry, který eliminuje vznik respiračních a alergických reakcí
- při nastavení max. výkonu jednotky lze v letních obdobích chladit, a to hlavně přívodem nočního filtrovaného vzduchu

Obrázek použité rekuperační jednotky DUPLEX EC4 je ke zhlédnutí v příloze 2.

- **LB Cemix s.r.o. – vnitřní sádrové omítky, vápno-cementové omítky, fasádní omítky, fasádní barvy**

Firma LB Cemix s.r.o. je součástí rakouské nadnárodní skupiny Lasselsberger, jednoho z předních evropských výrobců suchých omítkových a maltových směsí v Evropě. Na českém trhu patří, se svými čtyřmi výrobními závody, mezi přední výrobce stavebních hmot a dodavatele certifikovaných zateplovacích systémů. Nabízí řady produktů, které jsou komplexním řešením od hrubé stavby až po finální úpravy. Historie firmy sahá do roku 1891. Lze tedy říci, že zde dochází k propojení tradice s využitím moderních a inovačních technologií. (Cemix, 2017)

- **Recifa, a.s. – pěnové sklo Refaglass pod základovou deskou**

REFAGLASS s.r.o. je dodavatelem pěnového skla REFAGLASS, stavebně izolačního materiálu s vynikajícími tepelně izolačními vlastnostmi. Jeho výroba byla zahájena v roce 2009 v závodě Vintířov.

Při zakládání na základové desce z pěnového skla není potřeba budovat tak hluboký základ, což znamená nižší náklady na stavební techniku a objem výkopů. Štěrku z pěnového skla je možné použít také jako náhrada tepelné izolace v podlahách. Kromě izolačních vlastností má pěnové sklo i funkce drenážní - odvádí vodu z prostoru pod základy.

Obrázek 2: Ukázka štěrku z pěnového skla

Výhody při použití štěrku z pěnového skla

- izolační vlastnosti, nehořlavost, nízká objemová hmotnost, odolnost vůči vnějším vlivům, nenasákavost materiálu, vysoká únosnost v tlaku (Recifa a.s., 2014)



Zdroj: www.recifa.cz, 2017

- **ECO-DESIGN spol. s r.o. – interiérová svítidla**

ECO-DESIGN je výrobcem designových svítidel ze sádky a nerez. Design výrobků je ojedinělý, výroba ruční, zpracování precizní a materiál ekologický.

Návrh osvětlení je dobré řešit v rámci projektu domu, nejlépe před zahájením realizace hrubé stavby. Je potřeba určit pozice svítidel a jejich umístění. Rozhodnout zda svítidla budou na zdi, na stropě nebo vestavěná. Je třeba se zamyslet nad jejich ovládáním (samostatně nebo pomocí inteligentního systému řízení domu), případně stmíváním.

Na základě zkušeností s nasvětlováním rodinných domů se ukazuje, že svítidla tvoří 3-5 % ceny z celkového rozpočtu. (Eco-design, 2017)

- **Schneider Electric CZ, s.r.o. – instalační systémy & systémy ovládání realizované firmou IQ Domy - montáž inteligentních rozvodů (IQ DOMY, 2014)**

Dům je vybaven inteligentním řešením KNX, které má následující funkce:

- Ovládání osvětlení a žaluzií
- Volba různých scén, odchodové tlačítko
- Regulace vytápění v jednotlivých místnostech
- Ovládání rekuperace Atrea
- Měření kvality vnitřního prostředí
- Měření povětrnostních údajů meteostanicí
- Měření spotřeby elektrické energie
- Spojení se zabezpečovacím systémem
- Integrace IP kamery
- Intuitivní ovládání systému pomocí vizualizace

Přístroje systému KNX spolu navzájem spolupracují a předávají si informace. Díky tomu lze výrazně snížit spotřebu energií a tím zvýšit úspory z bydlení. Systém například ztlumí topení při otevření okna, vypne světlo při odchodu z místnosti, automaticky ovládá žaluzie podle polohy slunce a chrání tak místnosti v létě proti přehřátí, v zimě naopak podpoří jejich vytápění.

Systém KNX informuje o aktuálních spotřebách energií a o všem důležitém, co se v domě děje. Dům je pod neustálou kontrolou, i pokud jste na cestách a to pomocí

mobilního telefonu nebo PC. Dokáže optimálně řídit i alternativní zdroje energií a kombinovat vytápění z různých tepelných zdrojů. Centrální dotykový displej je v podstatě jeho řídicí jednotkou. (Heluz, 2014)

Inteligentní domácnost a chytré bydlení se stává v dnešní době trendem a to z mnoha důvodů. Poskytuje pohodlí, bezpečnost, hospodárnost a mnoho dalších výhod. Ovládání celého domu je jednoduché a přehledné. Lze realizovat tlačítky, mobilním telefonem či počítačem. Tlačítka mohou být i bezdrátová, mohou být umístěna kamkoliv (klidně i na sklo sprchového koutu). Automatizace každodenních procesů a propojení veškerých technologií v domě včetně propojení zabezpečovacího a kamerového systému utváří dojem velmi efektivního a kompaktního celku.

Efektivní využití energie a její úspory jsou velmi aktuálním tématem. Domovní přístroje mohou přispět k šetrnému bydlení a podílet se tak na úspoře elektrické energie v domácnosti, aniž by se snížil uživatelský komfort. (IBSOLUTION , 2017)

- **SULKO s.r.o. – okna a venkovní dveře** - při výrobě oken je dodržována norma ČSN 730540-2, což zaručuje nejmenší úniky tepla přes okna (ČSN 730540-2/2002, 2002)
- **W a WEINZETTL, s.r.o. – vnitřní designové dveře PRÜM**

Společnost W a Weinzettl, s.r.o. působí na našem trhu již od roku 1994 a její hlavní činností je prodej interiérových dveří a zárubní. Od roku 1996 začala dovážet dveře a zárubně od německé firmy PRÜM, která se řadí mezi největší výrobce dveří v Německu.

Dovoz a prodej dveří je hlavní činností společnosti. Disponuje velkým skladem v sídle společnosti v Soběslavi. Do domu Heluz dodala dveře a zárubně právě tato společnost. (Prum, 2013)

- **SIKO KOUPELNY a.s. – koupelny a dlažby**

V domě Heluz jsou následující produkty a vybavení od společnosti SIKO:

Obklady a dlažby Rako - v celém přízemí domu je ve spolupráci s výrobcem obkladů a dlažeb, firmou Lasselsberger, použita jako podlahová krytina dlažba. Konkrétně kalibrovaná dlaždice s probarvenou hmotou v barevných odstínech bílá, šedá, antracitově černá, béžová a hnědá. Dlaždice jsou lapované a vynikají kontrastem lesku a matu, který zvýrazňuje vrchní reliéf nebo tištěnou strukturu. V koupelnách v přízemí

i prvním poschodí bylo využito velkoformátového obkladu série Vibraziony 30 x 60 s designem příčného pruhování. Celkový dojem koupelen dotváří mozaikou a skleněné pásky.

Podmítkové moduly TECE - použity pro WC. Je použita technologie úsporného splachování, jedno spláchnutí 3 nebo 4,5 litru vody.

Sanitární vybavení a vodovodní baterie - dodala firma Ideal Standard. Použitá série vyniká moderním minimalismem, hranatým vzhledem a funkčností. Baterie jsou se sníženým průtokem vody a samozřejmě je termostat pro úsporu energie a komfort užívání. Vana je anatomicky tvarovaná, materiálem je sanitární akrylát. Sprchový kout se skládá z vaničky z litého mramoru a zástěny z čirého 8 mm bezpečnostního skla.

(Heluz, 2012)

- **TerrainEco, s.r.o. – venkovní terasy PERWOOD**

Příloha 8: Přehled měření stavebně - energetických vlastností budov

Měření stavebně - energetických vlastností budov a jejich částí je velmi náročné jak z hlediska výběru správných veličin, tak z důvodu správné doby a délky měření. Pro základní představu o problematice měření energetické náročnosti budov uvádím přehled nejčastěji používaných dlouhodobých a krátkodobých měření. Tato měření slouží ke zhodnocení a porovnání ekonomické výhodnosti sledovaných budov.

Příklady nejčastějších dlouhodobých a krátkodobých měření

V následující tabulce 1 je uveden přehled nejčastějších dlouhodobých a krátkodobých měření, která jsou používána pro zjišťování technické a ekonomické efektivity stavby. Popisuje sledované jevy, jako například vzduchotěsnost obálky, sledování spotřeby elektrické energie a mnoho dalších. U každého jevu jsou uvedeny testované parametry a druh měřicího zařízení. U referenčního pasivního domu v Českých Budějovicích tato měření provádí České vysoké učení technické ve spolupráci s firmou Heluz. Data z měření jsou shromažďována a následně vyhodnocována.

Tabulka 1: Přehled nejčastějších dlouhodobých a krátkodobých měření

Přehled nejčastějších dlouhodobých měření a vybavení		
Sledované jevy	Veličiny	Druh čidel / měřicího zařízení
Klimatické podmínky	Teplota venkovního vzduchu	Teplotní čidla
	Solární radiace	Čidla solárního záření
	Meteorologické veličiny	Meteorologická stanice
Parametry pohody prostředí	Teplota vzduchu v interiéru	Teplotní čidla
	Relativní vlhkost vzduchu v interiéru	Čidla relativní vlhkosti
	Koncentrace CO ₂	Čidlo CO ₂ a
	Rychlost proudění vzduchu v interiéru	Čidlo rychlosti proudění
Kvalita obálky budovy	Teplota na vnitřním povrchu	Teplotní čidla povrchová - blowerdoor test
	Tepelný tok z/do konstrukce	Čidla tepelného toku
Hodnocení otopné soustavy	Teploty - měření teplot zásobníku tepla a jednotlivých větví vzduchotechnických potrubí	Čidla pro měření teplot na povrchu, v jímkách
	Průtoky tepla	Průtokoměry
	Měření dodávky elektrické energie do otopné soustavy	Podružný elektroměr
Hodnocení solární termické soustavy	Průtoky tepla	Průtokoměry
	Teploty na kolektorech	Teplotní čidlo
Hodnocení fotovoltaického systému	Měření množství elektrické energie v uzlovém místě	Elektroměr ve vlastnictví správce distribuce
	Teploty na zadní straně fotovoltaických panelů	Teplotní čidla
Spotřeba elektrické	Celková spotřeba	Elektroměr ve vlastnictví správce distribuce

Přehled nejčastějších dlouhodobých měření a vybavení

energie	Dílčí spotřeba, např. - "zásuvková spotřeba"	Měřič elektrické spotřeby připojený krátkodobě do zásuvkových okruhů
Jiné a doplňkové	Podle povahy úlohy	Čidla přítomnosti osob, stavu otevření dveří a oken

Přehled nejčastějších krátkodobých měření

Sledované jevy	Veličiny	Druh čidel / měřicího zařízení
Vzduchotěsnost obálky	Objemový tok vzduchu a intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Rychlost proudění vzduchu v místě netěsností.	Zařízení s tlakovým spádem
Teplotní anomálie	Povrchové teploty (plošně)	Infračervené snímkování
Teplotní anomálie s vlivem netěsnosti obálky	Kombinace předchozích	Kombinace předchozích
Aktuální stav vnitřního prostředí	Teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, koncentrace škodlivin - především CO ₂	Kombinovaná nebo jednoúčelová čidla a měřidla
Jiné - podle povahy problému	Vlhkost v povrchové vrstvě stavební konstrukce	

Zdroj: Jan Tywoniak, Sledování energetických vlastností pasivních domů, 2012