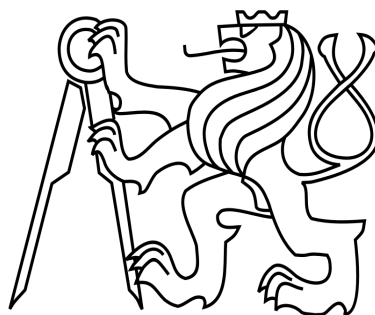


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2019

Bc. Marek Ertl

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ertl** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **477802**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Stavební management**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Porovnání nízkoenergetického a pasivního domu z hlediska ekonomického**

Název diplomové práce anglicky:

**A comparison of passive and low energy house (from an economic point of view)**

Pokyny pro vypracování:

Práce vytvoří jasný přehled problematiky energeticky úsporných budov a pasivních domů, a dále bude poznatky ilustrovat na porovnání konkrétního příkladu z praxe, včetně vyčíslení dopadů jak ekonomických, tak i dopadů enviromentálních. Součástí diplomové práce bude i vypracování projektové dokumentace a zpracování položkového rozpočtu, který bude sloužit jako datová základna k porovnání techicko-technologických variant a vyhodnocení efektivnosti a návratnosti daných investic.

Seznam doporučené literatury:

Schneiderová Heralová, R. a kol.: Oceňování v rámci výstavbového projektu (propočty, položkové rozpočty), ČVUT, 2013. 1. vyd. 220 s. ISBN 978-80-01-05226-6  
TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy - nulové, pasivní a další; 1,2,3 vydání; In Stavitel, Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3832-1  
SMOLA, J. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. In Stavitel. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Iveta Střelcová, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání diplomové práce: **01.10.2018** Termín odevzdání diplomové práce: **06.01.2019**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. Iveta Střelcová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta



NÁZEV PRÁCE:

POROVNÁNÍ NÍZKOENERGETICKÉHO A PASIVNÍHO  
DOMU Z HLEDISKA EKONOMICKÉHO

A COMPARISON OF LOW ENERGY AND PASSIVE  
HOUSE FROM AN ECONOMIC POINT OF VIEW

# Abstrakt

Tato práce poskytuje přehled v oblasti energeticky úsporných staveb a pasivních domů. Má za úkol seznámit čtenáře s hlavními pojmy, metodami a postupy v hodnocení energetické náročnosti budov. Dále poukazuje na širší souvislosti ohledně legislativních požadavků a nadnárodní energetické koncepce, která zohledňuje podporu a strategii pro rozvoj udržitelného bydlení budoucnosti. Hlavním cílem je definovat rozdíly mezi nízkoenergetickým a pasivním domem na teoretické, ale i praktické úrovni a porovnat ekonomické a enviromentální dopady. Pro tento účel je autorem navržen standartní rodinný dům ve dvou variantách, kde je následně porovnána energetická náročnost a vyčísleny pořizovací a provozní náklady. Výsledkem práce je porovnání dat a výpočet návratnosti investice do varianty pasivního domu.

## Klíčová slova

Pasivní dům, nízkoenergetický dům, ekonomické hledisko, energetická náročnost, energetická úspora, energie, kalkulace nákladů, porovnání nákladů, návratnost investice, udržitelný rozvoj

# Abstract

This master thesis provides an overview in field of energy-efficient buildings and passive houses. It describes main concepts, methods and procedures in the energy performance assessment of buildings. It also points to a wider context of legislative requirements and international energy policy integration, that considers the strategy for developing sustainable living for the future. The main objective is to define differences between the low energy and passive house at theoretical and practical level, with evaluation of the economic and environmental impacts. For this purpose, the author has designed a standard family house in two variants, which are then compared. The result of the thesis is comparison of data and calculation of the return on investment in the passive house variant.

## Keywords

Passive house, low energy house, economic aspect, energy performance, energy saving, return on investment, energy, cost calculation, cost comparison, sustainable development

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Porovnání nízkoenergetického a pasivního domu z hlediska ekonomického“ vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Ivety Střelcové, Ph.D. a informace jsem čerpal z uvedené literatury.

V Praze dne 4. ledna 2019

.....

Bc. Marek Ertl

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Ivetě Střelcové, Ph.D. za vstřícnost, trpělivost a spolupráci v průběhu tvorby tohoto díla. Také bych tímto rád poděkoval paní doc. Ing. Zitě Prostějovské, Ph.D. za její přínos, ochotu a čas, který mé práci věnovala. Na závěr vyjadřuji i veliké díky panu Ing. Martinovi Svitákovi, který přispěl svými dlouholetými zkušenostmi z oboru a znalostí dané problematiky.

# Obsah

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Úvod.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Theoreticko – metodologická část.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Definice pojmů.....</b>   | <b>10</b> |
| 2.1.1      | Rodinný dům .....  | 10        |
| 2.1.2      | Energeticky úsporný dům – Energetická náročnost budov .....                                    | 11        |
| 2.1.3      | Nízkoenergetický dům.....  | 13        |
| 2.1.4      | Budova s téměř nulovou spotřebou energie – NZEB.....   | 14        |
| 2.1.5      | Pasivní dům .....  | 15        |
| 2.1.6      | Nulový dům .....   | 16        |
| 2.1.7      | Budovy s velmi nízkou energetickou náročností .....  | 16        |
| 2.1.8      | Aktivní dům, Dům s energetickým přebytkem, Ostrovní dům, nebo Energeticky nezávislý dům ...    | 17        |
| <b>2.2</b> | <b>Historie energeticky úsporných budov.....</b>   | <b>17</b> |
| 2.2.1      | Vývoj energeticky úsporných budov .....  | 17        |
| <b>2.3</b> | <b>Přehled požadavků jednotlivých energetických standardů .....</b>                            | <b>19</b> |
| 2.3.1      | Požadavky na pasivní budovy.....   | 20        |
| 2.3.2      | Požadavky na nízkoenergetický dům.....   | 22        |
| 2.3.3      | Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie .....                                    | 22        |
| 2.3.4      | Požadované parametry domů s velmi nízkou energetickou náročností.....                          | 24        |
| <b>2.4</b> | <b>Legislativa .....</b>   | <b>24</b> |
| 2.4.1      | Směrnice Evropského parlamentu a Rady .....  | 25        |
| 2.4.2      | Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (se změnami 225/2017 Sb.) .....                   | 25        |
| 2.4.3      | Vyhláška č. 230/2015 o energetické náročnosti budov .....                                      | 26        |
| 2.4.4      | Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) .....        | 26        |
| 2.4.5      | ČSN EN ISO 52003-1 (730324) .....  | 27        |
| 2.4.6      | ČSN EN ISO 52016.....  | 27        |
| 2.4.7      | ČSN 73 0540.....   | 27        |
| 2.4.8      | ČSN 73 0331.....   | 27        |
| <b>2.5</b> | <b>Enviromentální cíle a energetická strategie.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>3</b>   | <b>Aplikační část .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Základní údaje o objektu.....</b>   | <b>29</b> |
| 3.1.1      | Zásady architektonického a stavebně technického řešení .....                                   | 29        |
| 3.1.2      | Dispoziční řešení objektu: .....   | 29        |
| 3.1.3      | Vizualizace komparovaného objektu .....  | 30        |
| 3.1.4      | Statistické údaje .....  | 31        |
| 3.1.5      | Údaje o dosavadním využití a zastavěnosti území a o majetkových vztazích .....                 | 31        |
| 3.1.6      | Údaje o provedených průzkumech a o napojení objektu na dopravní a technickou infrastrukturu .. | 31        |
| 3.1.7      | Základní stavebně – technické informace .....  | 32        |
| <b>3.2</b> | <b>Stavebně-technologické řešení – Nízkoenergetický dům.....</b>                               | <b>33</b> |
| 3.2.1      | Základní technické návrhové parametry .....  | 33        |
| 3.2.2      | Tepelně technické vlastnosti konstrukcí a výplní .....   | 34        |
| 3.2.3      | Komplexní posouzení skladeb stavebních konstrukcí .....  | 34        |
| <b>3.3</b> | <b>Stavebně-technologické řešení – Pasivní dům .....</b>                                       | <b>36</b> |
| 3.3.1      | Základní technické návrhové parametry .....  | 36        |
| 3.3.2      | Tepelně technické vlastnosti konstrukcí a výplní .....   | 37        |
| 3.3.3      | Komplexní posouzení skladeb stavebních konstrukcí .....  | 37        |
| <b>3.4</b> | <b>Výpočet energetické náročnosti a primární neobnovitelné energie.....</b>                    | <b>40</b> |
| 3.4.1      | Metodika výpočtu a hodnocení.....  | 40        |
| 3.4.2      | Výpočet energetické náročnosti - Nízkoenergetický dům .....                                    | 40        |
| 3.4.3      | Výpočet energetické náročnosti - Pasivní dům.....  | 44        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>3.5</b> | <b>Výpočet celkových nákladů .....</b>                            | <b>49</b> |
| 3.5.1      | Metodika výpočtu a hodnocení.....                                 | 49        |
| 3.5.2      | Aktualizace cenových podkladů.....                                | 49        |
| 3.5.3      | Požizovací náklady – Nízkoenergetický dům .....                   | 50        |
| 3.5.4      | Požizovací náklady – Pasivní dům.....                             | 51        |
| 3.5.5      | Provozní náklady – Nízkoenergetický dům.....                      | 52        |
| 3.5.6      | Provozní náklady – Pasivní dům .....                              | 53        |
| <b>4</b>   | <b>Porovnání výsledků a vyhodnocení.....</b>                      | <b>54</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Celkové porovnání nízkoenergetického a pasivního domu.....</b> | <b>54</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Vyhodnocení návratnosti a efektivnosti investice.....</b>      | <b>55</b> |
| 4.2.1      | Výpočet doby návratnosti – Payback period .....                   | 56        |
| 4.2.2      | Metoda výpočtu vnitřního výnosového procenta – IRR .....          | 57        |
| 4.2.3      | Metoda čisté současné hodnoty projektu - Net present value .....  | 58        |
| <b>5</b>   | <b>Závěr .....</b>  | <b>59</b> |
|            | <b>Seznam použitých symbolů a zkratk.....</b>                     | <b>61</b> |
|            | <b>Použité zdroje.....</b>  | <b>62</b> |
|            | <b>Seznam obrázků.....</b>  | <b>64</b> |
|            | <b>Seznam grafů.....</b>  | <b>64</b> |
|            | <b>Seznam tabulek .....</b>                                       | <b>64</b> |
|            | <b>Přílohy.....</b>   | <b>66</b> |

# 1 Úvod

Vývoj problematiky energeticky úsporných staveb je podstatně obsáhlé téma, které koresponduje s mými zájmy v oblasti stavebnictví. V budovách se spotřebovává překvapivě velké množství energie a jsou jedním z největších polutantů životního prostředí. Vzhledem k tomuto mimořádně značnému vlivu, považuji za důležité šíření a neustálé zpřístupňování informací širší veřejnosti. Během mého působení v praxi jsem si všímal diskuzí investorů a vnímal celkové povědomí společnosti ohledně nízkoenergetických a pasivních domů. Proto mi toto téma bylo velmi blízké.

Ve své práci vidím příležitost přiblížit čtenáři informace z tohoto odvětví, poukázat na významný potenciál úspor energie a snižování enviromentálního zatížení, který souvisí s redukcí emisí skleníkových plynů, zlepšení kvality vnitřního prostředí budov a hlavně vede k trvale udržitelnému rozvoji lidských sídel a kvalitě životního prostředí na lokální i regionální úrovni. Cílem této práce tedy je poskytnout jasný přehled problematiky energeticky úsporných budov, následně poznatky ilustrovat na porovnání konkrétních příkladů z praxe, včetně vyčíslení dopadů jak ekonomických, tak i dopadů enviromentálních.

Nejprve se zaměřím na teoretickou část diplomové práce, popisující současný stav řešené problematiky a základní vymezení pojmů souvisejících s nízkoenergetickými a pasivními domy, které je nutno správně definovat. Následuje seznámení čtenáře s vývojem trendu energeticky úsporných budov, jejich technických požadavků a nahlédnutí do legislativy, enviromentálních cílů a strategií v širších souvislostech.

V praktické části navrhnu vlastní rodinný dům a zpracuji projektovou dokumentaci ve dvou variantách realizace, kde první varianta bude konstrukčně a technologicky navržena v nízkoenergetickém standardu a druhá ve standardu pasivním. Následně sestavím položkový rozpočet, dle aktuální databáze URS Praha 2018 a porovnáím celkové náklady obou variant. Z těchto dat vypočítám výši investic do jednotlivých řešení, spolu s výší energetických úspor a stanovím návratnost dané investice, kterou vyhodnotím v závěru této práce.



## 2 Teoreticko – metodologická část

O pasivních a nízkoenergetických domech už bylo napsáno mnoho publikací a článků, na odborné i uživatelské úrovni. Současný stav řešené problematiky se potýká se značným přílivem informací, které popularizují související témata jako úspory energií, ceny energií, spotřeba energií, dopady na životní prostředí a další. Energie je dnes velice často používaný pojem. Dostatek energie totiž znamená základní podmínku pro život a rozvoj civilizace. V průběhu vývoje lidstva potřeba energie rapidně roste a je čerpána především z neobnovitelných zdrojů. Tímto trendem dochází k zásadním změnám našeho životního prostředí, zejména k proměně složení atmosféry a tepelné bilance planety. (1) Je jen otázkou času, kdy zásoby neobnovitelných zdrojů energie klesnou na takové minima, která vyženou jejich cenu k nedostupným hodnotám a nevyplatí se je nadále využívat.

Řešíme tedy konkrétní potřebu, zejména zajištění udržitelných podmínek pro život dalším generacím. V této problematice existují dvě řešení k zajištění udržitelného rozvoje – snížení spotřeby energie a využití obnovitelných zdrojů energie. Dle Evropského parlamentu a Rady Evropské unie podíl budov na celkové spotřebě energie v evropské Unii činí 40 %. (2)

Majitelé budov si zatím většinou neuvědomují, jaké varianty řešení a možnosti snížení spotřeby jsou vlastně k dispozici a jak velkých úspor se dá dosáhnout. Stavebníci nemívají jasno ohledně financování, většina opatření může mít poměrně dlouhou dobu návratnosti. A celá problematika může na první pohled působit nezřetelně. V nadcházející teoretické části mé práce nastíním základní definice, vývoj problému, metody, normy a legislativní požadavky.

### 2.1 Definice pojmů

Ve spojitosti s problematikou energeticky úsporných staveb se používají specifické pojmy, které jsou nezbytné pro správnou definici a pochopení dalších souvislostí. Z toho důvodu je vhodné se o těchto pojmech alespoň ve stručné charakteristice zmínit. Zejména to pak jsou:

#### 2.1.1 Rodinný dům

Tento základní pojem je výslovně definován v § 2 písm. a) vyhlášky Ministerstva pro místní rozvoj č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů jako:

*„Stavba pro bydlení, ve které více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé bydlení a je k tomuto účelu určena; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví.“*

Shodná definice tohoto pojmu je rovněž uvedena také ve vyhlášce č. 357/2013 Sb., o katastru nemovitostí v příloze Technické podrobnosti pro správu katastru – část 4 - Způsob využití stavby. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví uvádí v ČSN 73 4301 – Obytné budovy, Rodinný dům téměř totožně, jako:

*„Stavba pro bydlení, která svým uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v níž je více než polovina podlahové plochy místností a prostorů určena k bydlení, rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví“*

### **2.1.2 Energeticky úsporný dům – Energetická náročnost budov**

Definice tohoto pojmu není pevně zakotvena v platné legislativě, ale všeobecně můžeme říct, že energeticky úsporné domy jsou navrženy a realizovány tak, aby potřeba dodané energie na jejich provoz byla nižší než horní hranice, kterou stanoví aktuálně platné předpisy a normy.

Energetická náročnost budov je téma, které již od roku 2002 značně ovlivňuje evropské, a tím i naše stavebnictví a má dopad na vzhled, technické řešení i způsob navrhování a užívání současných staveb. Výsledkem by měla být udržitelnější výstavba s ohledem na životní prostředí a úspora za provozní náklady domu. Patří sem zejména náklady na vytápění a chlazení domu, ohřev teplé užitkové vody, větrání, spotřebu elektrické energie a vody. Tyto náklady jsou souvisí s tzv. **energetickou náročností budovy**, jež je základní charakteristikou, a udává, jak ekonomické bude stávající a budoucí užívání dané budovy. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU definuje pojem jako:

*„Energetická náročnost budovy se určuje na základě vypočteného či skutečného množství energie spotřebované za rok za účelem splnění různých potřeb spojených s jejím typickým užíváním a odráží potřebu energie na vytápění a chlazení (tj. energie potřebné k zamezení přehřívání) k udržení předpokládaných teplotních podmínek budovy a potřebu teplé vody v domácnostech.“ (3)*

Má přímou souvislost např. s tvarem budovy, její orientací na pozemku ke světovým stranám (tepelné solární zisky), dále se zvoleným konstrukčním systémem, konstrukčním řešením střechy, materiálovým řešením, jednotlivými součiniteli prostupu tepla, pečlivostí provedení st. detailů, způsobem vytápění a větrání, osvětlení, zamezením tepelných mostů,

vzduchotěsností aj. Vyhláška o energetické náročnosti budov č. 230/2015 Sb. stanovuje tzv. ukazatele energetické náročnosti budovy. Jsou to:

- a) „celková primární energie za rok;
- b) neobnovitelná primární energie za rok;
- c) celková dodaná energie za rok;
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok;
- e) průměrný součinitel prostupu tepla;
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici;
- g) účinnost technických systémů“

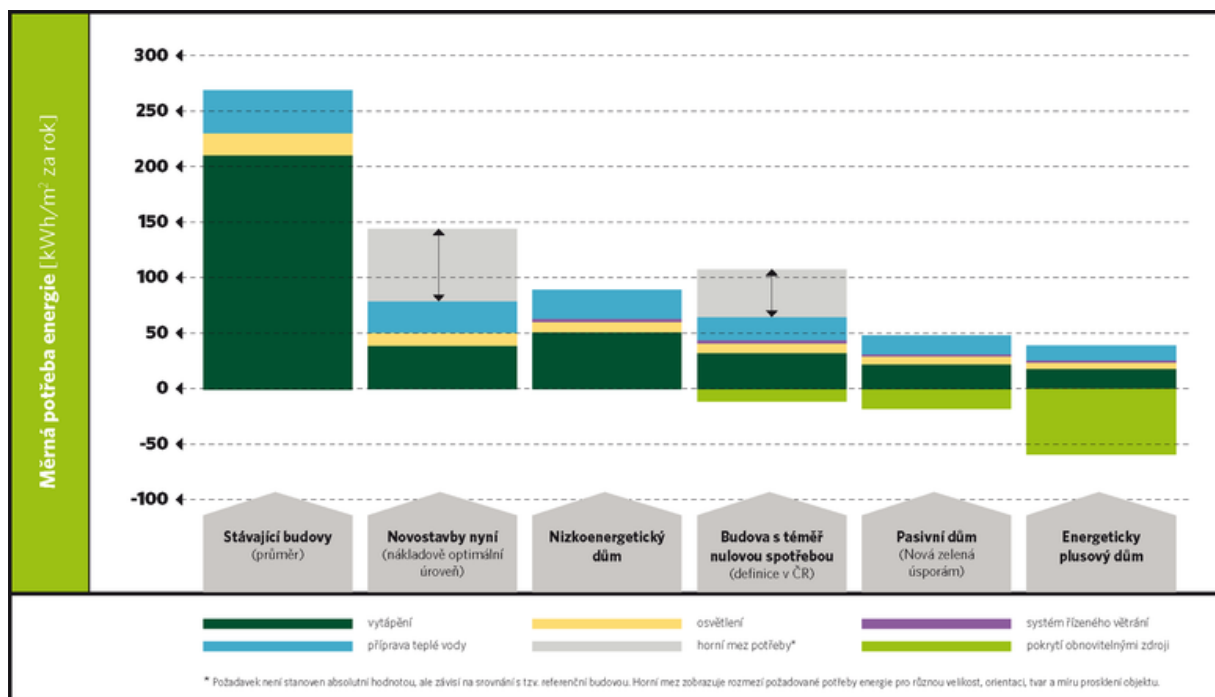
V mezinárodně uznávaném standardu pro nízkoenergetické domy (NED) je důležitým ukazatelem tzv.: **měrná potřeba tepla na vytápění**, který určuje spotřebu tepla v kWh na vytápění 1 m<sup>2</sup> budovy za 1 rok. Odborně tento termín specifikujeme jako:

*„Veličina, která charakterizuje tepelně-izolační vlastnosti budovy bez ohledu na účinnost topného systému a zdroje tepla. Vyjadřuje množství tepla, které je vztaženo na jednotku plochy – kWh/(m<sup>2</sup>.rok), popř. na jednotku objemu vytápěného prostoru – kWh/(m<sup>3</sup>.rok). Jde o energetický výstup z objektu, který je dán ztrátami obálky. Potřeba tepla tedy vychází z tepelných ztrát, nedá se ovlivnit tepelnými zisky, ani vhodným systémem vytápění (na rozdíl od spotřeby tepla).“ (4)*

Potřeba tepla na vytápění je součástí celkové dodané energie do domu a hraje v energetické bilanci domu hlavní roli, tím je jí věnována největší pozornost. U starých domů se pohybuje hodnota měrné spotřeby tepla na vytápění přibližně 270 kWh/m<sup>2</sup>/rok. (1) Běžné novostavby mohou dosahovat hodnot větších než 80-150 kWh/m<sup>2</sup>/rok, u energeticky úsporných domů je cílem dosáhnout ekonomičnosti např. zpřísněním požadavků pro jednotlivé konstrukce (dle ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov) a tím je tato hodnota podstatně nižší a výrazně tak snižuje náklady na užívání. Dle dosažených hodnot měrné potřeby tepla dělíme budovy (rodinné domy) do následujících kategorií:

- **Nízkoenergetický dům** – potřeba tepla nesmí být vyšší než 50kWh/m<sup>2</sup>.a
- **Dům s téměř nulovou spotřebou energie** – budova, jejíž energetická náročnost je velmi nízká. Spotřeba požadované energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů

- **Pasivní dům** – potřeba tepla nesmí být vyšší než  $15\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$  a následné splnění dalších technicko-technologických požadavků
- **Nulový dům** – hodnota nesmí být vyšší než  $5\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$  a následné splnění dalších technicko-technologických požadavků
- **Aktivní dům (plusový dům)** - dům vykazující energetický přebytek, je energeticky nezávislý a odevzdá elektrickou energii zpětně do rozvodné sítě



Obrázek 1 - Porovnání celkové potřeby energie RD pro energetické standardy – zdroj: Šance pro budovy (7)

### 2.1.3 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetické budovy jsou charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění. Té je dosahováno především optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Norma ČSN 73 0540-2 popisuje nízkoenergetické domy následovně:

*“Za nízkoenergetickou budovu lze považovat budovu, jejíž průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu podle tabulky 5 (viz odst. 2.3.2 této práce) a současně měrná potřeba tepla na vytápění stanovena v souladu s ČSN EN ISO 13790, TNI 73 0329 a TNI 73 0330 nepřekračuje  $50\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ .”*

Jak bylo také uvedeno v odstavci 2.1.2, budova označená pojmem “nízkoenergetická” nesmí mít potřebu tepla na vytápění vyšší než 50 kilowatthodin na metr čtvereční a rok. Jak je znázorněno na obr 1. nízkoenergetický dům může být pomyslným kompromisem mezi pasivním domem a konvenční výstavbou. Stavba nízkoenergetického domu by měla vycházet z kvalitního

návruhu, dodržovat vhodné stavební postupy, respektovat doporučené hodnoty norem a zamezit vzniku teplených mostů. Obálka budovy musí být řešena tak, aby zabránila úniku tepla stavebními konstrukcemi, tzn. adekvátně tepelně izolovaná a vzduchotěsná. V technické normalizační informaci TNI 730329 se mimo měrné potřeby tepla uvádí i doporučené hodnoty dalších parametrů, jako je součinitel prostupu tepla, neprůvzdušnost obálky a další. Je však třeba poznamenat, že žádný z výše uvedených požadavků není nijak legislativně závazný. (4)

Nízkoenergetický dům umožňuje investorovi dosahovat úspor za vytápění a potřebu celkové dodané energie, ale i částečně omezuje dopad na životní prostředí.

### 2.1.4 Budova s téměř nulovou spotřebou energie – NZEB

Budovy s téměř nulovou spotřebou energie se v platné legislativě poprvé objevily v roce 2010, při schválení směrnice Evropského parlamentu 2010/31/EU<sup>1</sup>, o energetické náročnosti budov. Členské státy mají povinnost vypracovat seznam opatření a nástrojů mimo jiné finanční povahy, které podporují cíle v souladu se směrnicí. Jedná se tedy o jediný legislativně závazný pojem. Tato směrnice definuje **budovou s téměř nulovou spotřebou energie** jako:

*„Budova, jejíž energetická náročnost určená podle přílohy I je velmi nízká. Téměř nulová či nízká spotřeba požadované energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů, včetně energie z obnovitelných zdrojů vyráběné v místě či v jeho okolí;“ (3)*

Konkrétní specifikace téměř nulové, či velmi nízké spotřebě energie a značného rozsahu pokrytí obnovitelnými zdroji je tedy promítnuto do legislativy jednotlivých členských zemí. Na národní úrovni České republiky byla implementace požadavků evropské směrnice provedena prostřednictvím novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Technicky tyto požadavky upřesňuje prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb., ve znění vyhlášky č. 230/2015 Sb. Další požadavky dle výše zmíněné legislativy jsou uvedeny v odst. 2.3.3 této práce.

V zahraniční literatuře se také uvádí technická definice pojmu jako:

*„Buildings with very high energy performance and where energy need is covered to a very significant extent by energy from renewable sources according to national minimum requirements.“ (5)*

---

<sup>1</sup> Směrnice je nyní novelizována v roce 2018 směrnicí 2018/844/EU

### 2.1.5 Pasivní dům

Definicí je hned několik. Dle ČSN 73 0540-2 jsou pasivní budovy charakterizovány minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí s minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz, díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením. Pasivní dům také obecně zakládá na principu využití pasivních tepelných zisků v budově. Jedná se například o vnější solární zisky ze slunečního záření, nebo tepelné zisky sáláním z lidí, zvířat a elektrospotřebičů. Dům je navržen s ohledem na velmi kvalitní izolaci a další stavebně–technologické detaily, které omezují tepelné ztráty a vedou k nízkým spotřebám energie. Také během své životnosti ohrožuje životní prostředí výrazně méně než jiné domy. Měrná roční spotřeba tepla u pasivního domu nepřesáhne za rok 15 kWh/m<sup>2</sup>. Využívá systému nuceného větrání, který účinně zpětně získává teplo z odváděného vzduchu (rekuperace).

Stejně jako v případě budov nízkoenergetických se jedná o dobrovolný standard, který není v České republice nijak legislativně zakotven, nicméně pasivní standard byl historicky požadován u některých dotačních programů (program Zelená úsporám, Nová zelená úsporám), jak je dále uvedeno v odstavci 2.1.7 – Budovy s velmi nízkou energetickou náročností.

Pasivní domy musí splňovat určité požadavky (viz kap. 2.3 této práce). Pro posuzování stavby z hlediska spotřeby energie existují dvě základní metodiky.

- První je **technická normalizační informace** TNI 73 0329 a 73 0330, která stanovuje jednotný postup hodnocení rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností podle přílohy ČSN 73 0540-2. Tato norma definuje pasivní budovu, pasivní dům jako: „*Budova s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění nepřekračující v případě rodinných domů 20 kWh/(m<sup>2</sup>.a) a v ostatních případech nepřekračující 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a), splňující současně soubor dalších požadavků a podmínek hodnocení, uvedených v A.5.3.*“ (viz odst. 2.3.1 této práce).
- Druhá je **metodika PHPP**, která byla vyvinuta v Passivehaus Institutu, v Darmstadtu k návrhu a hodnocení nízkoenergetických a pasivních domů, používána hlavně v německy mluvících zemích (název pochází z německého slova *Passivhaus Projektierungspaket*) a je založena na kvazistacionární metodě s časovým krokem jeden měsíc, popsanou v ČSN EN ISO 13790.

Obě metodiky mají původ z evropské normy ČSN EN ISO 52016-1- *Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení.*

Specifické jsou však jak vstupní údaje pro výpočet, tak některé detaily výpočtu, ale například i způsob, jakým se stanovuje vztážná plocha pro vyjádření výsledných měrných hodnot. Pro účely porovnání nízkoenergetického a pasivního domu vychází tato práce z definice dle platné ČSN 73 0540-2.

### 2.1.6 Nulový dům

Tento pojem se objevuje ve spojitosti k ekvivalentu tzv. *Net zero energy building*. Jedná se o je budovy s nulovou čistou spotřebou energie, což znamená, že celkové množství energie využívané budovou na ročním základě je přibližně stejné jako množství obnovitelné energie, jež budova vyprodukuje. Jde především o zahraniční celosvětový pojem a jeho definice se liší. Vznikají zde rozdíly názorů ohledně dosažení nulové bilance z hlediska primární energie.

Evropská unie implementovala tyto principy do své mírnější verze tzv. budovou s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB), jak bylo již zmíněno, s cílem mít do roku 2020 všechny budovy v regionu pod normami nZEB. (5)

### 2.1.7 Budovy s velmi nízkou energetickou náročností

Tento pojem je využíván v souvislosti s dotačním programem Nová zelená úsporám v oblasti podpory novostaveb a rekonstrukcí rodinných a bytových domů. Má poměrně blízko k obecným principům návrhu pasivního domu. Rozdíl mezi definicemi je vhodně popsán jako:

*„Požadovaná hodnota měrné potřeby tepla na vytápění je stanovena na dvou úrovních, 20 nebo 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). V případě tohoto standardu jsou však vstupní údaje pro výpočet opět jiné, nežli v případě pasivního nebo energeticky pasivního standardu. Tentokrát je výpočet proveden v souladu s platnou vyhláškou č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov ve znění pozdějších předpisů a s využitím vstupních údajů uvedených v metodických pokynech programu Nová zelená úsporám pro tuto oblast podpory. Energeticky vztážnou plochou je zde pro změnu plocha stanovená z vnějších rozměrů budovy, a je tedy větší, nežli vztážná plocha ve standardech pasivním i energeticky pasivním, popsaných výše. Výsledky hodnocení budou tedy samozřejmě opět odlišné.“* Jak uvádí Ing. Michal Čejka, ve svém článku. (6)

Rodinný dům musí také splnit požadavky vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, ve znění pozdějších předpisů, na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Dle sledovaných parametrů se dotační program dělí na tři kategorie. (viz tabulka. 2.3.4 této práce).



### **2.1.8 Aktivní dům, Dům s energetickým přebytkem, Ostrovní dům, nebo Energeticky nezávislý dům**

Tato kategorie obsahuje ještě náročnější požadavky než na nulové budovy. Domy s tímto označením vyprodukují více energie, než spotřebují a přebytečnou energii dodávají zpátky do sítě, nebo ji akumulují. Navíc je tato produkce energie bez emisí CO<sub>2</sub> a tedy bez negativního vlivu na životní prostředí. Na svůj provoz nepotřebují dodávat zvenčí žádnou energii.

V současnosti vznikají ambiciózní projekty, jako Český ostrovní dům (7), který bude vybaven systémem na výrobu energie v dostatečné kapacitě na zajištění vlastního provozu a bude mít vlastní unikátní bateriové úložiště k uchování vyrobené energie. Tím by mohl dům figurovat jako soběstačný, tzv. *Off grid*, který by nemusel být ani napojen na žádné sítě a sloužil by jako samostatná jednotka. S touto myšlenkou přišel už v roce 1970 Michael Reynolds se svým konceptem ostrovních domů Earthships, stavěných převážně z recyklovaného materiálu, celosvětově uznávaný jako Architekt odpadu. (8)

## **2.2 Historie energeticky úsporných budov**

Už od dávných dob se člověk snažil efektivně formovat své obydlí v návaznosti na přírodu, využívat energii, materiálové zdroje a přizpůsobit se klimatickým podmínkám. Kmeny a komunity lidí tvořily hospodářství založené na udržitelném rozvoji a tomu odpovídal i charakter vlastního habitatu.

### **2.2.1 Vývoj energeticky úsporných budov**

Na našem území se objevují snahy o zlepšení tepelných vlastností obydlí už od středověku. U kamenných domů a sídel se zaváděly opatření ve formě dřevěných vestavek, izolováním obytných místností kožešinami, senem, popřípadě zíněmi a rohožemi ve snaze předejít tepelným ztrátám a odclonit chladné kamenné zdivo.

Známky o prvním pokusu o pasivní dům praví paradoxně o lodi. Josef Smola zmiňuje dřevěný trojstěžník Fram polárního průzkumníka Fritojofa Nansena, datovaném roku 1883. Sám autor popisuje konstrukci lodě jako:

*„Stěny jsou pokryty dehtovou plstí, na ní je korková výplň, potom následuje obložení z jedlového dřeva, na něm je opět silná vrstva plsti, potom vzduchotěsné linoleum, nakonec opět dřevěné obložení. Stropy mají se vším všudy tloušťku asi 40 cm. Okno, kterým by mohla pronikat zima nejspíše, bylo chráněno trojitými skly, a ještě dalšími způsoby. Je zde teplý, příjemný přbytek. I*

*když teploměr ukazuje 5 °C, nebo 30 °C pod nulou, netopíme v kamnech. Větrání je vynikající, protože doslova vhání ventilátorem čerstvý zimní vzduch. Proto se zabývám myšlenkou, že bych kamna nechal úplně odstranit, jenom nám překážejí.“ (9)*

Na začátku 20. století obývala průměrná rodina s pěti až deseti dětmi tzv. sednici, místnost s pecí, kde se vařilo a spaly v ní rodiče s nejmenšími dětmi. Starší děti spaly na půdě, nebo v chlévě na seně. Takovéto bydlení bylo srovnatelné s energetickou spotřebou nízkoenergetického domu. (10)

Po druhé světové válce přicházejí technologické pokroky, využívají se solární zisky, vstupuje petrolejový a chemický průmysl, vznikají nové stavební materiály. Probíhají první experimenty a pokusy o energeticky soběstačné stavby. Mezi hlavní průkopníky nízkoenergetických domů patří Dánsko, Švédsko, Německo a Rakousko. Zavádějí se stavební normy a standardy (např. ve Švédsku stavební norma SBN z roku 1975). Vznikají první požadavky na ekonomicky úsporná opatření a návratnost investic. V Dánsku roku 1976 byl postaven první pasivní dům architektem Vagnem Korsgaardenem. Projekt byl navržen jako nulový dům – veškeré tepelné ztráty byly kryty vnitřními tepelnými zisky, nechyběly ani solární kolektory. (11)

Zásadním přelomem byl roku 1996 vznik centra Passivhaus Institut v Darmstadtu, podporující rozvoj a výstavbu pasivních domů, který vedl s Dr. Wolfgang Feist. Institut je autorem softwaru PHPP (Passivhaus Projektierungspaket), určený pro návrh a výpočtové hodnocení parametrů pasivních domů. (12)

Největší rozmach pasivních domů přichází od roku 1997, kde v Německu a Rakousku vznikají lokality a sídliště, realizované v pasivním standardu.

V prosinci roku 2002 vzniká už zmíněná historicky první evropská směrnice 2002/91/EC, která se zabývá hospodařením energií v budovách a definuje první rámec cesty vedoucí k úsporám energie, konkrétněji stanovuje požadavky na úsporné opatření na energetickou náročnost budov, její certifikaci, snížení uhlíkové stopy, dále zavádí pravidelné revize zařízení.

Požadavky z evropské úrovně se dále implementují na národní úrovni a vznikají vyhlášky a první metodiky výpočtu energetické náročnosti budov (13). Postupně dochází k přepracování a revizím výše uvedené směrnice, až k aktuálně platné, viz odstavec 2.4.1 této práce.

## 2.3 Přehled požadavků jednotlivých energetických standardů

Pro lepší přehled a orientaci dané problematiky, uvádím ve zjednodušené formě porovnání jednotlivých požadavků, viz tab. 1. na jednotlivé energetické standardy. V další části práce se uvažuje pouze s pasivními, nízkoenergetickými a nZEB požadavky.

**Tabulka 1 - Porovnání požadavků jednotlivých energetických standardů**

| Název energetického standardu budovy   | Definice   | Orientační hodnota požadavku na potřebu tepla na vytápění [kWh/m <sup>2</sup> za rok]           | Orientační hodnota požadavku na neobnovitelnou primární energii [kWh/m <sup>2</sup> za rok] |
|--|--|---|---|
| Stávající požadavek na novostavby (tzv. nákladově optimální úroveň) dle zákona o hospodaření energií (resp. vyhlášky č. 78/2013 Sb.) | Legislativně závazné hodnocení budov podle průkazu energetické náročnosti s uváděnou třídou A–G nemá parametry stanovené v absolutních hodnotách. Požadavek na novostavby je energetická třída C a závisí na srovnání s tzv. referenční budovou stejného tvaru, orientace a prosklení. | 40–90 dle typu a tvaru budovy (malé objekty > 100)  | 120–200 dle typu a tvaru budovy (malé objekty > 240)  |
| Nízkoenergetický dům   | Je označení pro objekt, jehož měrná potřeba tepla na vytápění nepřekročí 50 kWh/m <sup>2</sup> za rok.   | 50  | –   |
| Budova s téměř nulovou spotřebou energie dle zákona o hospodaření energií (resp. vyhlášky č. 78/2013 Sb.)                            | Legislativně závazný požadavek, který nabíhá postupně od 1. ledna 2016 (velké veřejné budovy) do 1. ledna 2020 (všechny budovy, vč. rodinných domů). Přestože je v názvu uvedena „téměř nulová spotřeba“, ve skutečnosti tomu tak není.  | 30–70 dle typu a tvaru budovy, část může být pokryta z obnovitelných zdrojů (malé objekty > 80) | 100–160 dle typu a tvaru budovy (malé objekty > 200)  |
| Pasivní dům  | V ČR tento standard není legislativně závazný. Požadavek je stanoven v absolutní hodnotě podle metodiky Passivhaus institutu v Darmstadtu. Zhruba však odpovídá požadavkům programu Nová zelená úsporám na novostavby.   | 15, část může být pokryta z obnovitelných zdrojů  | ≤ 60 v programu Nová zelená úsporám   |
| Budova s téměř nulovou spotřebou – definice na Slovensku   | Na Slovensku je budova s téměř nulovou spotřebou legislativně definována jako daleko úspornější, než je tomu v České republice. Požadavek na jejich výstavbu naběhne mezi lety 2018 (veřejné budovy) a 2020 (soukromé budovy).   | 13, část může být pokryta z obnovitelných zdrojů  | ≤ 54  |
| Budova s téměř nulovou spotřebou – doporučení Evropské komise  | Doporučení EK ze dne 29. 7. 2016 o pokynech na podporu budov s téměř nulovou spotřebou energie.  | –   | 20–40 pro kontinentální klima, tedy i ČR  |
| Energeticky plusový dům  | Jde o definici, která zatím není nikde legislativně zakotvena. Běžně se jí rozumí pasivní či ještě úspornější dům, který vyrobí z obnovitelných zdrojů umístěných na budově či v jejím bezprostředním okolí více energie, než sám spotřebuje.  | < 15, více energie musí pocházet z obnovitelných zdrojů   | < 0   |

Zdroj: Šance pro budovy (14)

### 2.3.1 Požadavky na pasivní budovy

Jak je zmíněno v odst. 2.1.5. této práce, je pro pasivní dům definována maximální hodnota měrné potřeby tepla na vytápění a to 15 kWh/(m<sup>2</sup>), splňující současně soubor dalších požadavků a podmínek hodnocení, uvedených v tabulce č.2. Dle ČSN a TNI jsou požadavky popsány jako:

*„Hodnoty potřeby tepla na vytápění a dodané energie na vytápění se stanoví podle ČSN EN ISO 13790 s využitím vstupních údajů uvedených TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Hodnoty dodané energie na chlazení se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790 nebo podrobněji. Hodnoty dodané energie na přípravu teplé vody, pomocné elektrické energie na provoz energetických systémů budovy a hodnoty dodané eklektické energie na elektrické spotřebiče se stanoví podle TNI 73 0329, TNI 73 0330 nebo podrobněji.*

*Povinně hodnocenou vlastností je celková průvzdušnost obálky budovy podle ČSN EN 13829, TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Celková intenzita výměny vzduchu  $n^{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí překročit hodnotu  $n^{50}=0,6h^{-1}$ .*

*Do hodnocení primární energie se zahrnou roční energetické potřeby podle tabulky A.2. Pro přepočet množství dodané energie se hodnoty odpovídající primární energie se použije faktor energetické přeměny dle tabulky. Pro dálkové teplo, kogenerační výrobu a další kombinované energetické systémy se hodnoty stanoví podle ČSN EN 15316-4-5.“*

Jsou zde tedy požadavky na poměr neobnovitelné primární energie, neprůvzdušnost obálky budovy, či maximální četnost překročení nejvyšší povolené teploty vnitřního vzduchu v letním období. Specifikované jsou i další požadavky na technické vybavení a technologie. Vybrané požadavky dle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (10.2011); Změna Z1 (4.2012), jsou:

- Požadavky na **Normové hodnoty součinitele prostupu tepla**  $U_{N,20}$  jednotlivých konstrukcí, viz tabulka č.2.

**Tabulka 2 - Normové hodnoty součinitele prostupu tepla**

| Popis konstrukce                                | Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)] |                            |                    |
|---|---|----------------------------|--------------------|
|   | Požadované hodnoty                                | Doporučené hodnoty         | Doporučené hodnoty |
| Stěna vnější                                    | 0,30  | těžká: 0,25<br>lehká: 0,20 | 0,18 až 0,12       |
| Střecha strmá se sklonem nad 45°                | 0,30  | 0,20                       | 0,18 až 0,12       |
| Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně | 0,24  | 0,16                       | 0,15 až 0,10       |
| Strop s podlahou nad venkovním prostorem        | 0,24  | 0,16                       | 0,15 až 0,10       |

## Přehled požadavků jednotlivých energetických standardů

|   |                |                       |                            |                         |
|---|----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)   |                | 0,30                  | 0,20                       | 0,15 až 0,10            |
| Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)   |                | 0,30 <sup>1)</sup>    | těžká: 0,25<br>lehká: 0,20 | 0,18 až 0,12            |
| Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině   |                | 0,45                  | 0,30                       | 0,22 až 0,15            |
| Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru  |                | 0,60                  | 0,40                       | 0,30 až 0,20            |
| Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru   |                | 0,75                  | 0,50                       | 0,38 až 0,25            |
| Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí  |                | 0,75                  | 0,50                       | 0,38 až 0,25            |
| Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině  |                | 0,85                  | 0,60                       | 0,45 až 0,30            |
| Stěna mezi sousedními budovami  |                | 1,05                  | 0,70                       | 0,5                     |
| Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně   |                | 1,05                  | 0,70                       |                         |
| Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně   |                | 1,30                  | 0,90                       |                         |
| Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně  |                | 2,2                   | 1,45                       |                         |
| Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně  |                | 2,7                   | 1,80                       |                         |
| Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří   |                | 1,5 <sup>2)</sup>     | 1,2                        | 0,8 až 0,6              |
| Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí   |                | 1,4 <sup>7)</sup>     | 1,1                        | 0,9                     |
| Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)   |                | 1,7                   | 1,2                        | 0,9                     |
| Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru   |                | 3,5                   | 2,3                        | 1,7                     |
| Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí   |                | 3,5                   | 2,3                        | 1,7                     |
| Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí   |                | 2,6                   | 1,7                        | 1,4                     |
| Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | $f_w \leq 0,5$ | $0,3 + 1,4 \cdot f_w$ | $0,2 + f_w$                | $0,15 + 0,85 \cdot f_w$ |
|   | $f_w > 0,5$    | $0,7 + 0,6 \cdot f_w$ |                            |                         |
| Kovový rám výplně otvoru  |                | -                     | 1,8                        | 1,0                     |
| Nekovový rám výplně otvoru  |                | -                     | 1,3                        | 0,9-0,7                 |
| Rám lehkého obvodového pláště   | -              | 1,8                   |                            | 1,2                     |

Zdroj: ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (10.2011); Změna Z1 (4.2012)

- **Požadavek na vzduchotěsnost**, a to  $n_{50} \leq 0,60$  -1/ hod (U blowerdoor testu je při podtlaku / přetlaku 50 kPa přípustná výměna vnitřního vzduchu v budově maximálně 60 % objemu vzduchu celé budovy za 1 hodinu ( $n_{50} < 0,6$  / hod). Vyžadováno použití systému nuceného větrání, řízené jednotkou řízeného větrání.
- **Požadavek na maximální spotřebu primární energie**  $\leq 60$  kWh/m<sup>2</sup>.rok (celkové množství primární energie spojené s provozem domu včetně domácích spotřebičů).
- **Měrná potřeba energie na chlazení** = 0 [kWh/(m<sup>2</sup>.a)].

### 2.3.2 Požadavky na nízkoenergetický dům

Jak bylo uvedeno v odstavci 2.1.3. Norma ČSN 73 0540-2 popisuje nízkoenergetické domy následovně:

*“Za nízkoenergetickou stavbu lze považovat budovu, jejíž průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu 0,5 W/(m<sup>2</sup>K) a současně měrná potřeba tepla na vytápění stanovena v souladu s ČSN EN ISO 13790, TNI 73 0329 a TNI 73 0330 nepřekračuje 50kWh/(m<sup>2</sup>a).”*

**Tabulka 3- Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s návrhovou vnitřní teplotou v intervalu 18-20 °C**

|                    | <b>Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla <math>U_{em,N,20}</math></b><br>[W/(m <sup>2</sup> ·K)]   |
|--------------------|---|
| Nové obytné budovy | Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však 0,50   |
| Ostatní budovy     | Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však hodnota:<br><br>Pro objemový faktor tvaru:<br>$A/V \leq 0,2$ $U_{em, N,20} = 1,05$<br>$A/V > 1,0$ $U_{em, N,20} = 0,45$<br><br>Pro ostatní hodnoty $A/V$<br>$U_{em, N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$ . |

Zdroj: ČSN EN ISO 13790

### 2.3.3 Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie

Hodnocení budovy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. nemá na rozdíl od ostatních výše uvedených metodik stanovené požadavky absolutními hodnotami, jako například měrné potřeby tepla na vytápění, nýbrž k posouzení slouží tzv. referenční budova, která má stejnou geometrii a orientaci jako budova posuzovaná, avšak s předem definovanými vlastnostmi, které specifikuje vyhláška.

*„Požadavky na energetickou náročnost nové budovy a budovy s téměř nulovou spotřebou energie, stanovené výpočtem na nákladově optimální úrovni, jsou splněny, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy uvedené v § 3 odst. 1 písm. b), c) a e) nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu<sup>2</sup>*

<sup>2</sup> Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

- *Neobnovitelná primární energie za rok, - Q<sub>p</sub>*

*Celková primární energie a neobnovitelná primární energie pro hodnocenou budovu se vypočítají jako součet součinitelů dodané energie, v rozdělení po jednotlivých energonositelích, stanovené podle § 4 a příslušných faktorů primární energie uvedených v příloze č. 3 k této vyhlášce. V případě dodávky vyrobené energie mimo budovu se stejným postupem do celkové primární energie a neobnovitelné primární energie zahrne i energie dodaná mimo budovu a energie, která slouží k její výrobě.“<sup>3</sup>*

**Tabulka 4- Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu**

| Parametr   | Označení         | Jednotky | Druh budovy nebo zóny | Referenční hodnota                         |                          |  |
|--|------------------|----------|-----------------------|--|--------------------------|--|
|  |                  |          |                       | Dokončená budova a její změna po 1.1. 2015 | Nová budova po 1.1. 2015 | Budova s téměř nulovou spotřebou energie |
| Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu | $\Delta e_{p,R}$ | %        | Rodinný dům           | 3  | 10                       | 25                                       |
|  |                  |          | Bytový dům            | 3  | 10                       | 20                                       |
|  |                  | %        | Ostatní budovy        | 3  | 8                        | 10                                       |

Zdroj: Vyhláška č.78/2013Sb. o energetické náročnosti budov

- **Celková dodaná energie za rok, - Q<sub>d</sub>.** Dodaná energie je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Výpočet celkové dodané energie a dílčích dodaných energií se provede výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše jednoho měsíce a po jednotlivých zónách.
- **Průměrný součinitel prostupu tepla – U<sub>em</sub>.** Pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie je nutné splnit hodnotu  $f_R = 0,7$ . Hodnota  $f_R$  znamená násobek hodnoty U<sub>em</sub>, které je dosaženo při použití požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí dle ČSN 730540-2 (viz tabulka č.5).

**Tabulka 5- Součinitele prostupu tepla obálky splňující různé hodnoty činitele f<sub>R</sub>**

| konstrukce             | součinitel prostupu tepla pro konstrukce |       |                     |       |       |       |
|------------------------|--|-------|---------------------|-------|-------|-------|
|                        | U <sub>N,20</sub>                        | 0,7   | U <sub>rec,20</sub> | 0,6   | 0,5   | 0,4   |
| [W/(m <sup>2</sup> K)] |  |       |                     |       |       |       |
| tepelné vazby          | 0,02                                     | 0,014 |                     | 0,012 | 0,010 | 0,008 |
| stěna                  | 0,30                                     | 0,21  | 0,20                | 0,18  | 0,15  | 0,12  |
| střecha                | 0,24                                     | 0,17  | 0,16                | 0,14  | 0,12  | 0,10  |
| strop                  | 0,30                                     | 0,21  | 0,20                | 0,18  | 0,15  | 0,12  |
| podlaha                | 0,45                                     | 0,32  | 0,30                | 0,27  | 0,23  | 0,18  |
| okna                   | 1,50                                     | 1,05  | 1,20                | 0,90  | 0,75  | 0,60  |
| střešní okna           | 1,40                                     | 0,98  | 1,20                | 0,84  | 0,70  | 0,60  |
| dveře                  | 1,70                                     | 1,19  | 1,20                | 1,02  | 0,85  | 0,85  |

Zdroj: Tzb info (15)

<sup>3</sup> Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov



„V prvním sloupečku tabulky jsou uvedeny hodnoty  $U_{N,20}$  požadované ČSN 730540-2. Pokud budou hodnoty  $U_{N,20}$  splněny, a pokud bude uvažováno s přírážkou na vliv tepelných vazeb ve výši  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , bude právě splněna hodnota  $f_R = 1,0$ . Jednotlivé hodnoty  $U$  a přírážka na tepelné vazby, při kterých bude splněn požadavek na obálku budovy s téměř nulovou spotřebou tepla, potom uvádí druhý sloupeček. Vzhledem k tomu, že požadavek je kladen na průměrný součinitel prostupu tepla, nemusí být uvedené hodnoty  $U$  splněny pro každou konstrukci zvlášť.“  
(15)

### 2.3.4 Požadované parametry domů s velmi nízkou energetickou náročností

Požadavky dotačního programu Nová zelená úsporám vychází z podmínek pro pasivní dům z české TNI 73 0329 a 30. Dále se používají metody vyhodnocení z vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. U rodinných domů se dotace dělí do třech kategorií, rozdělených podle hodnot sledovaných parametrů<sup>4</sup>.

**Tabulka 6- Sledované parametry v programu Nová zelená úsporám**

| Sledovaný parametr  | Označení [jednotky]                                  | B.0                   | B.1         | B.2         |
|---|--|-----------------------|-------------|-------------|
| Měrná roční potřeba tepla na vytápění   | $E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]      | -                     | ≤ 20        | ≤ 15        |
| Měrná neobnovitelná primární energie  | $E_{pN,A}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ] | ≤ 120                 | ≤ 90        | ≤ 60        |
| Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici  | $U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]            | ≤ $U_{rec}$           | ≤ $U_{pas}$ | ≤ $U_{pas}$ |
| Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy   | $U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]       | ≤ 0,7 *<br>$U_{em,N}$ | ≤ 0,22      | ≤ 0,22      |
| Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby  | $n_{50}$ [l.h <sup>-1</sup> ]                        | ≤ 1,0                 | ≤ 0,6       | ≤ 0,6       |
| Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období <sup>2)</sup>                                      | $\theta_{ai,max}$ [°C]                               | ≤ 27 °C               | ≤ 27 °C     | ≤ 27 °C     |
| Povinná instalace systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla s minimální požadovanou účinností 75 % | [-]  | Ano                   | Ano         | An          |

Zdroj: Nová zelená úsporám (17)

## 2.4 Legislativa

V této části uvedu stručně aktuální platnou legislativu, která definuje a stanovuje požadavky na energetickou náročnost budov, státní koncepci hospodaření s energiemi a příslušné technické normy ČSN.

<sup>4</sup> Verze 1.3 RD / 3. výzva / aktualizace 13. 9. 2018 / účinné od 15. 10. 2018

### 2.4.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady

Základní nadnárodní legislativní rámec byl v minulosti schválen Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov. (Energy Performance of Building Directive - EPBD). Dne 30. 5. 2018 vyšla v pořadí již 3. směrnice o energetické náročnosti budov pod označením 2018/844/EU (16), formou změnového předpisu současně stávajících směrnic - 2002/91/ES, 2010/31/EU a 2012/27/EU.

Směrnice definuje povinnosti jednotlivých států, včetně termínů plnění i sankcí. Jejím cílem je, aby budovy postavené od roku 2020 vykazovaly tzv. téměř nulovou spotřebu energií. Hovoří také o tom, že je třeba přijmout ekologická opatření s cílem snížení energetické náročnosti a emisí oxidu uhličitého a má za cíl snížit spotřebu energie o 32,5 % do roku 2030. Do dalšího období dokonce uvažuje o společnosti bez uhlíkové stopy.

Požadavky směrnice mají být do české legislativy promítnuty do 10. března 2020. Změny ve směrnici reagují jak na zkušenosti s uplatňováním předchozí směrnice, tak na technický pokrok a možnosti budov vybavených tzv. smart technologiemi, podporu elektromobility aj. (13) Směrnice jasně uvádí:

*„Členské státy mají výhradní povinnost stanovit minimální požadavky na energetickou náročnost budov a prvků budov. Tyto minimální požadavky by měly být stanoveny za účelem dosažení nákladově optimální rovnováhy mezi investicemi a náklady na energii uspořené během životního cyklu budovy, aniž je tím dotčeno právo členských států stanovit minimální požadavky, které povedou k větší energetické účinnosti než nákladově optimální úrovně účinnosti. Měla by být stanovena možnost pravidelného přezkoumávání minimálních požadavků na energetickou náročnost budov ze strany členských států s ohledem na technický pokrok“ (3)*

Dále uvádí Členské státy zajistí, aby:

a) do 31. prosince 2020 všechny nové budovy byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie a

b) po dni 31. prosince 2018 nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

### 2.4.2 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií (se změnami 225/2017 Sb.)

Zákon č.406/2000 stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou a tepelnou a dále s plynem a dalšími palivy. Zákon implementoval

požadavky stanovené evropskou směrnicí. Stanovuje především pravidla pro tvorbu státní energetické koncepce, opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a požadavky na dokladové části. (17)

Aktuální znění upravuje energetické požadavky, kde je stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu a při podání žádosti o stavební povolení, nebo ohlášení stavby doložit dokumenty, kterými se splnění energetických požadavků prokazuje (průkaz energetické náročnosti budov, energetický audit, energetický posudek). Definuje a stanovuje požadavky na energetické specialisty (dle vyhlášky č. 118/2013 Sb. - Vyhláška o energetických specialistech) a nutnosti jejich oprávnění, na základě kterých mohou tyto dokumenty zpracovávat (odborná zkouška, průběžné vzdělávání a přezkušování energetických specialistů).

### **2.4.3 Vyhláška č. 230/2015 o energetické náročnosti budov**

Dne 26. srpna roku 2015 vstoupila v platnost novela vyhlášky o energetické náročnosti budov s označením vyhláška č. 230/2015, kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb. Jedná se o prováděcí vyhlášku k zákonu č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění zákona č. 318/2012:

Vyhláška obsahuje:

- nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, pro jiné než větší změny dokončených budov,
- úroveň požadavků pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,
- metodu výpočtu energetické náročnosti budovy, vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,
- vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování, a umístění průkazu v budově.

### **2.4.4 Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**

Kromě zmiňované legislativy věnující se energetické účinnosti je také velmi významný Stavební zákon č. 183/2006 Sb., který přímo spojuje požadavky na energetickou účinnost budov se získáním stavebního povolení a definuje prakticky veškeré stavební procesy.

#### **2.4.5 ČSN EN ISO 52003-1 (730324)**

Energetická náročnost budov – Obsahuje metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov (ukazatele, požadavky, kvalifikace a osvědčení – Část 1: Obecné aspekty a aplikace celkové energetické náročnosti).

#### **2.4.6 ČSN EN ISO 52016**

Technická norma – Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení. Jejím vyhlášením se zrušuje ČSN EN ISO 13790 (73 0317) Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení.

#### **2.4.7 ČSN 73 0540**

Tato norma v oboru tepelné ochrany budov stanoví veličiny pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov, písmenné značky těchto veličin včetně indexů.

- ČSN 73 0540-2 (730540) Aktuální vydání – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-1 (730540) Aktuální vydání – Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie

#### **2.4.8 ČSN 73 0331**

Aktuální vydání ČSN 73 0331 (730329) obsahuje zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění.

### **2.5 Enviromentální cíle a energetická strategie**

Státní energetická koncepce byla schválena vládou ČR dne 10. 3. 2004. Koncepce definuje priority a cíle České republiky v energetickém sektoru a popisuje konkrétní realizační nástroje energetické politiky státu. Součástí je i výhled do roku 2030.

Na základě analýz vývoje a současného stavu energetického hospodářství České republiky, vyhodnocení plnění cílů energetické politiky z roku 2000, s přihlédnutím k zahraničním zkušenostem, postupům a standardům Evropské unie, k závazkům ČR z mezinárodních smluv v oblasti energetického hospodářství a životního prostředí, po zpracování a vyhodnocení souboru energetických scénářů možného budoucího vývoje do roku 2030 se aktualizuje Státní energetická koncepce.

V srpnu roku 2015 bylo vládou schváleno Nařízení č. 232/2015 Sb. o státní energetické koncepci a o územní energetické koncepci, které stanovuje se komplexnější soubor priorit a dlouhodobých cílů, které bude Česká republika v energetickém hospodářství sledovat v rámci udržitelného rozvoje. K jejich naplnění budou použity vhodné a účinné nástroje a opatření.

Strategickými cíli Státní energetické koncepce jsou bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost. Do nich pak zapadá důležitá priorita – úspory a účinnost, jejíž naplňování řeší Národní akční plán energetické účinnosti (NAPEE). Ten ve své poslední aktualizované verzi z roku 2017 stanovuje pro Česko závazný cíl ve výši 51,1 PJ<sup>5</sup> úspor v konečné spotřebě energie do roku 2020. (18) (21)

Česko si na základě evropské směrnice o energetické účinnosti (Energy Efficiency Directive, EED) zvolilo cestu alternativního plnění cíle, která sestává převážně z řady finančních nástrojů, tj. investičních a neinvestičních dotací a regulací s cílem motivovat soukromé, ale i veřejné subjekty k realizaci opatření zaměřených na snížení spotřeby. (19)

---

<sup>5</sup> Plánováno 14,196 TWh nových ročních úspor do roku 2020. (21)

## 3 Aplikační část

V aplikační části této práce je autorem zpracována vlastní projektová dokumentace pro ohlášení stavby, na účelně navržený dvoupodlažní dům o třech bytových jednotkách průměrné velikosti, ve dvou variantách, kde první varianta je konstrukčně a technologicky navržena v nízkoenergetickém standardu a druhá ve standardu pasivním (viz příloha č.1 a č.2). Komplexní posouzení skladeb stavebních konstrukcí z hlediska šíření tepla jsou obsaženy v příloze č. 3. a 4. Obě varianty jsou také posouzeny z hlediska energetické náročnosti (viz příloha č.5 a č.6). Dále jsou vypracovány položkové rozpočty (viz příloha č.7 a č.8 této práce), dle aktuální databáze URS Praha 2018, který bude sloužit jako datová základna pro výpočet dílčích nákladů, výši investic a jejich návratnosti u obou variant.

### 3.1 Základní údaje o objektu

Objekt pro porovnání je navržen jako samostatně stojící, nepodsklepený, dvoupodlažní, rodinný dům, o třech bytových jednotkách, který je určen pro bydlení 4-6 členné rodiny, viz. příloha č.1 a č.2. Místo stavby: Nová Ves; k.ú. Nová Ves u Brloha; p.č. 754/5.

#### 3.1.1 Zásady architektonického a stavebně technického řešení

Novostavba rodinného domu je navržena jako samostatně stojící, nepodsklepená, dvoupodlažní stavba obdélníkového půdorysu, kde druhé podlaží tvoří obytné podkroví, přístupné z exteriérového schodiště. Rodinný dům je navržen ve zděné technologii zaklopen sedlovou střechou s tesařským krovem.

#### 3.1.2 Dispoziční řešení objektu:

Přízemí objektu tvoří samostatnou obytnou jednotku a je přístupné hlavním vchodem situovaným ve východní části domu. Vstupujeme na centrální chodbu, která spojuje jednotlivé místnosti objektu. V levé části se nachází pracovna, v pravé části se nachází ložnice, WC, koupelna s technickou místností. Na konci chodby se nachází propojený obývací pokoj s kuchyní a jídelnou, ze kterého je přístup do dalšího pokoje a také na terasu/zahradu.

Podkroví je zpřístupněno exteriérovým schodištěm a je rozděleno do dvou samostatných obytných jednotek, každá obsahující zádveří, koupelnu, obývací pokoj spojený s kuchyní a z ní přístupná ložnice, pracovna a balkon.

### 3.1.3 Vizualizace komparovaného objektu



Obrázek 2- Ilustrativní vizualizace objektu, zdroj: autor



### 3.1.4 Statistické údaje

Základní statistické údaje o orientační hodnotě stavby, podlahové plochy, počtu podlaží a dalších informací viz tabulka č. 7.

**Tabulka 7- Základní statistické údaje o objektu**

|  |                     |
|--|---------------------|
| Zastavěná plocha                               | 155,5m <sup>2</sup> |
| Obytné místnosti                               | 177 m <sup>2</sup>  |
| Domovní komunikace                             | 24,6m <sup>2</sup>  |
| Maximální výška hřebene nad upraveným terénem: | do 9,0 m            |
| Počet nadzemních podlaží                       | 2                   |
| Počet podzemních podlaží                       | 0                   |
| Světlá výška podlaží                           | 2,6 m               |
| Orientační cenové náklady rodinného domu       | 5 mil.              |

Zdroj: autor

### 3.1.5 Údaje o dosavadním využití a zastavěnosti území, o stavebním pozemku a o majetkoprávních vztazích

Rodinný dům je projektován pro rovinný terén. Parcela č. 754/5 se nachází v lokalitě, která je určena pro výstavbu rodinných domů. Tato lokalita se nachází v katastrálním území Nová Ves u Brloha (705497). Pozemek se nenachází v památkové rezervaci.

Konkrétní parcela č. 754/5 o výměře 1 000 m<sup>2</sup> je vedena v katastru nemovitostí jako trvalý travní porost, pod ochranou zemědělského půdního fondu s BPEJ 72901 (výměra 121 m<sup>2</sup>). Dle územního plánu leží pozemek v ploše využití – Plochy bydlení, rodinné domy. Pozemek je ve vlastnictví stavebníka.

### 3.1.6 Údaje o provedených průzkumech a o napojení objektu na dopravní a technickou infrastrukturu

Pro charakter stavby byl vypracován hydrogeologický průzkum. Pozemek se nenachází v poddolovaném ani záplavovém území. V lokalitě výstavby se nenachází zdroje nerostů, ani podzemních tlakových vod. Zpracovaným radonovým průzkumem pro danou parcelu byl stanoven nízký radonový index pozemku. Z inženýrských sítí budou dostupné: distribuční soustava NN, plynovod, veřejný vodovod, splašková a dešťová kanalizace.

Rodinný dům bude napojen na veřejný vodovodní řad, dle podmínek správce sítě. Odkanalizování objektu bude zajištěno předčištěním v domovním septiku a následným napojením do splaškové kanalizace. Odvod dešťových vod bude řešen svodem do retenční nádrže umístěné na pozemku stavebníka a následným napojením do dešťové kanalizace. Dále bude objekt napojen na distribuční soustavu NN dle podmínek E-on distribuce s.r.o.

### 3.1.7 Základní stavebně – technické informace

- Stavba bude založena na základových pasech z betonu C 16/20 a armované desce z ŽB tl. 150 mm. Na podkladní beton bude provedena hydroizolace proti vodě a zemní vlhkosti 1x Hydrobit V60 S 35. Pásky Hydrobit budou celoplošně kotveny na penetrovaný podklad.
- Obvodový plášť je projektován ve zděné technologii z broušených keramických tvárnic Porotherm 30 Profi 247/300/249 mm, v kombinaci s KZS tvořeným izolační vrstvou. Soklové zdivo bude řešeno konstrukcí ztraceného bednění se zateplením + povrchová úprava. Omítka bude řešena systémem probarvených, pastovitých omítkovin BAUMIT.
- Příčkové zdivo je navrženo z tvárnic Porotherm 11,5 Profi Dryfix 497/115/249 mm. V 2NP jsou navrženy sádrokartonové příčky s dvojitým opláštěním, s izolační výplní tl. 120 mm a protipožární dvojitá mezibytová sádrokartonová příčka s dvojitým opláštěním s izolační výplní tl. 220mm z desek. V prostorách 2NP koupelen a kuchyní jsou navrženy sádrokartonové desky GKBi tl. 12,5 mm, v ostatních místnostech GKB 12,5 mm.
- Stropní konstrukce je řešena jako Porotherm strop tvořený cihelnými vložkami MIAKO a keramobetonovými stropními nosníky vyztuženými svařovanou prostorovou výztuží KARI 8/100-8/100, včetně celoplošné nadbetonávky betonem C20/25-XC1-D.
- Nosné překlady nad okenními a dveřními otvory v obvodovém nosném zdivu jsou navrženy v systému Porotherm v238mm v různých délkách, dle velikosti otvoru, u příček jsou navrženy obklady ploché s. 11,5, dl 100 cm.
- Konstrukce podlah jsou řešeny jako lité, anhydritové podlahy, nášlapné vrstvy podlah jsou keramická dlažba, laminátové prvky, PVC, nebo koberec, včetně separačních a podkladových vrstev. Podkladní vrstva podlah bude dilatována od stěn okrajovým

páskem. Venkovní terasa na západní straně pozemku bude opatřena nášlapnou vrstvou z WPC profilů, nebo terasových prken. Venkovní zpevněné plochy budou řešeny pokládkou betonové zámkové dlažby ohraničené zahradními obrubníky.

- Je navržen sádkartonový podhled na ocelových profilech, včetně parozábrany dle technologického postupu daným výrobcem. V prostorách koupelny a kuchyně je navržena sádkartonová deska GKBi 12,5 (odolávající vzdušné vlhkosti). V ostatních prostorách je navržena deska GKB 12,5. Ve stropní konstrukci a podhledu parozábrana JUTAFOL N, dle pokynů výrobce.
- Úpravy povrchů u zdiva navržena armovaná stěrka z tenkovrstvé poromalty, štuková omítka + kolorovaný malířský nátěr, v prostorách koupelny a kuchyně je navržen keramický obklad do výšky max. 2,2 m zbytek zdiva štuková omítka + malba.
- Střecha domu je navržena jako sedlová se sklonem střešních rovin 38°, konstrukčně je řešena klasickým tesařským krovem, se středovými vaznicemi, kleštinami a sloupky. Ve střešní konstrukci bude vložena difúzní membrána JUTADACH 135. Část střechy tvoří vyvýšená část vstupu do podkroví. Navržena skládaná keramická krytina Tondach Stodo 12.

### 3.2 Stavebně-technologické řešení – Nízkoenergetický dům

Při návrhu varianty nízkoenergetického domu bylo dbáno na dodržení konkrétních požadavků, jak je uvedeno v odst. 2.3.2. Zároveň byla tato varianta navržena k dosažení nižší pořizovací ceny domu. Část PD – Situace, Půdorys 1NP, Půdorys 2NP, Řez A, Řez B, Pohledy tvoří přílohu č.1 této práce.

#### 3.2.1 Základní technické návrhové parametry

Objekt je dispozičně přizpůsoben a umístěn vhodně na pozemku tak, aby došlo k zajištění optimální orientace ke světovým stranám a maximalizace solárních zisků. Dům je navržen k dosažení nižší pořizovací ceny a zároveň k dosažení maximální hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění do 50 kWh/(m<sup>2</sup>). Skladba obálky budovy splňuje základní požadavky na součinitele prostupu tepla pro nízkoenergetické domy. Návrh počítá s požadavkem dodržení stavebních detailů, zamezení vzniku tepelných mostů a dosažením průměrného součinitele prostupu tepla na hodnotu maximálně 0,5 W/(m<sup>2</sup>K). Návrh neuvažuje s chlazením objektu. Jako zdroj tepla bude používán kondenzační plynový kotel Viessmann Vitodens 100, 7-35W, s akumulací

nádrží pro ohřev TUV i topného média. Teplotní spád soustavy je navržen 45/35°C. Projekt počítá s podlahovým vytápěním. Rozvod vody bude napojen na veřejný vodovod. Přípojka bude provedena z PE 32 DN 25. Vodoměrná sestava s vodoměrem bude osazena v nově vzniklé šachtě.

### 3.2.2 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí a výplní

Podlaha v 1.NP bude tepelně izolována podlahovým polystyrenem EPS 100 Z v tl. 160 mm. Zateplení střešního pláště bude provedeno mezikrokevní a podkrokevní izolací z minerální vlny Isover Unirol tl. celkem 240mm (nehomogenní vrstva), včetně pojistné hydroizolace a parotěsné zábrany. Obvodový plášť je zateplen KZS Isover EPS Gray tl.160mm, který přesahuje výplně otvorů a tím eliminuje potenciální tep. mosty. Dále musí být zateplen parapet u okenních a vnějších dveřních otvorů (z interiéru i exteriéru) polystyrenem EPS 70F o min. tl. 30 mm. Soklové zdivo bude řešeno konstrukcí ztraceného bednění se zateplením XPS Perimeter 120mm. Požadované hodnoty prostupu tepla  $U_n$  pro budovu s převládající vnitřní návrhovou teplotou  $t_i = 20\text{ °C}$  byly určeny dle tabulky ČSN 73 0540-2.

### 3.2.3 Komplexní posouzení skladeb stavebních konstrukcí

Vytvořeno v programu Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788). Vlastnosti konstrukcí jsou uvedeny v tab. č.8.

**Tabulka 8 - Vlastnosti konstrukcí – Nízkoenergetický dům**

| Název kece     | Typ     | R [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ] | U [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] | Ma,max [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] | Odpaření |
|----------------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------|
| Obvodová stěna | stěna   | 6.579                               | 0.148                               | 0.0237                            | ano      |
| Podlaha 1NP    | podlaha | 5.176                               | 0.186                               | 0.1059                            | ano      |
| Střešní plášť  | střecha | 6.834                               | 0.143                               | Nedochází ke kondenzaci v.p.      |          |

Zdroj: Svoboda software

#### · Obvodová stěna – Nízkoenergetický dům

Typ hodnocené konstrukce: Stěna vnější jednoplášťová

**Tabulka 9 - Skladba – Obvodová stěna (od interiéru)**

| Číslo | Název              | D [m]  | Lambda [ $\text{W}/(\text{m.K})$ ] | c [ $\text{J}/(\text{kg.K})$ ] | Ro [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] | Mi [-] |
|-------|--------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|
| 1     | Cemix 016 F        | 0.0200 | 0.5520                             | 840.0                          | 1300.0                        | 5.0    |
| 2     | Porotherm 30 P+D   | 0.3000 | 0.1800                             | 1000.0                         | 800.0                         | 10.0   |
| 3     | Isover EPS Grey    | 0.1600 | 0.0330                             | 1270.0                         | 16.0                          | 30.0   |
| 4     | Baumit Manu 1      | 0.0200 | 0.8300                             | 790.0                          | 2000.0                        | 25.0   |
| 5     | Baumit openContact | 0.0030 | 0.8000                             | 920.0                          | 1350.0                        | 18.0   |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 6.579 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.148 W/m<sup>2</sup>K**

· **Podlaha 1 NP** – Nízkoenergetický dům

Typ hodnocené konstrukce: Podlaha na zemině

**Tabulka 10- Skladba – Podlaha 1NP (od interiéru)**

| Číslo | Název            | D [m]  | Lambda [W/(m.K)] | c [J/(kg.K)] | Ro [kg/m <sup>3</sup> ] | Mi [-]   |
|-------|------------------|--------|------------------|--------------|-------------------------|----------|
| 1     | Dlažba keramická | 0.0080 | 1.0100           | 840.0        | 2000.0                  | 200.0    |
| 2     | Anhydritová směs | 0.0550 | 1.2000           | 840.0        | 2100.0                  | 20.0     |
| 3     | PE folie         | 0.0001 | 0.3500           | 1470.0       | 900.0                   | 144000.0 |
| 4     | Isover EPS Grey  | 0.1600 | 0.0320           | 1270.0       | 20.0                    | 50.0     |
| 5     | Hydrobit V 60    | 0.0035 | 0.2100           | 1470.0       | 1114.0                  | 14480.0  |
| 6     | Železobeton      | 0.1500 | 1.4300           | 1020.0       | 2300.0                  | 23.0     |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 5.176 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.186 W/m<sup>2</sup>K**

· **Střešní plášť** – Nízkoenergetický dům

Typ hodnocené konstrukce: Střecha jednoplášťová

**Tabulka 11- Skladba – Střešní plášť (od interiéru):**

| Číslo | Název               | D [m]  | Lambda [W/(m.K)] | c [J/(kg.K)] | Ro [kg/m <sup>3</sup> ] | Mi [-]   |
|-------|---------------------|--------|------------------|--------------|-------------------------|----------|
| 1     | Rigips RB/RBI/      | 0.0025 | 0.2100           | 960.0        | 750.0                   | 10.0     |
| 2     | PE folie            | 0.0001 | 0.3500           | 1470.0       | 900.0                   | 144000.0 |
| 3     | Isover Unirol       | 0.2400 | 0.0360           | 840.0        | 21.5                    | 1.0      |
| 4     | Jutadach 150        | 0.0004 | 0.3900           | 1700.0       | 375.0                   | 100.0    |
| 5     | Dřevovláknité desky | 0.0200 | 0.1300           | 1630.0       | 600.0                   | 12.5     |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 6.834 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.143 W/m<sup>2</sup>K**

- **Výplně otvorů** – Okenní a dveřní výplně jsou navrženy v provedení PVC sedmikomorový systém s celoobvodovým kováním. Výplň tvoří izolační trojsklo sklo, kde  $U_g = 0.9-1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Přehled výplní otvorů je znázorněn v tab. č. 12.

Tabulka 12- Výplně otvorů – Nízkoenergetický dům

| Název konstrukce           | Plocha [m <sup>2</sup> ] | U [W/m <sup>2</sup> K] | H,T [W/K] | U,N,20 [W/m <sup>2</sup> K] |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|
| 1NP Okna jih               | 7.56 (1.8x1.4 x 3)       | 1.050                  | 7.938     | 1.500                       |
| 1NP Okna západ velké       | 4.4 (2.0x2.2 x 1)        | 1.100                  | 4.840     | 1.500                       |
| 1NP Okno západ malé        | 1.3 (1.0x1.3 x 1)        | 1.050                  | 1.365     | 1.500                       |
| 1NP Okna sever             | 3.75 (1.25x0.75 x 4)     | 1.050                  | 3.937     | 1.500                       |
| 1NP Okna východ            | 5.04 (1.8x1.4 x 2)       | 1.050                  | 5.292     | 1.500                       |
| 1NP Vchodové dveře         | 2.5 (1.25x2.0 x 1)       | 0.900                  | 2.250     | 1.500                       |
| 2NP Střešní okna – jih     | 6.66 (0.94x1.18 x 6)     | 1.300                  | 8.652     | 1.500                       |
| 2NP Střešní okna sever     | 4.44 (0.94x1.18 x 4)     | 1.300                  | 5.768     | 1.500                       |
| 2NP Balkonové dveře východ | 3.0 (1.5x2.0 x 1)        | 1.100                  | 3.300     | 1.500                       |
| 2NP Dveře sever            | 4.0 (1.0x2.0 x 2)        | 0.920                  | 3.680     | 1.500                       |

Zdroj: Svoboda software

Kompletní posouzení skladeb stavebních konstrukcí z hlediska šíření tepla je součástí přílohy č.3 této práce.

### 3.3 Stavebně-technologické řešení – Pasivní dům

Při návrhu varianty pasivního domu bylo dbáno na dodržení požadavků na pasivní domy, jak je uvedeno v odst. 2.3.1. Část PD – Situace, Půdorys 1NP, Půdorys 2NP, Řez A, Řez B, Pohledy, tvoří přílohu č.2 této práce.

#### 3.3.1 Základní technické návrhové parametry

Objekt je dispozičně přizpůsoben a umístěn vhodně na pozemku tak, aby došlo k zajištění optimální orientace ke světovým stranám a maximalizace solárních zisků.

Dům je navržen s ohledem na minimalizaci tepelných ztrát, k dosažení maximální hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$ . Skladba obálky budovy splňuje základní požadavky na součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. V objektu je navržena nucená výměna vzduchu s využitím odpadního tepla pomocí rekuperační jednotky ComfoAir Q 450. Přívod a odvod vzduchu navržen přes venkovní zeď RD pomocí nerezových fasádních mřížek přes roh domu. Vyústění v interiérech pomocí přívodních renoventilů ze stěny a mřížek z podlahy, odtahy pomocí talířových ventilů a odtahových renoventilů.

Návrh počítá s požadavkem na vzduchotěsnost objektu včetně dodržení stavebních detailů a zamezení vzniku tepelných mostů. Vzhledem dodržení maximální potřeby dodané neobnovitelné primární energie, která by neměla přesáhnout 60 kWh/(m<sup>2</sup>.a) byl navržen takový zdroj potřebné energie, který využívá energonositele s nízkým faktorem primární energie, které bude sloužit pro ohřev TUV a topného media. Na střeše objektu je navrženo pět fotovoltaických panelů. Instalovaný výkon 2,06 kWp, energetické uložení LiFePO, baterie -kapacita 2,5 kWh vč. střídače 1f. Jako zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV bude používané splitové tepelné čerpadlo Vitocall 200s vzduch/voda s trojcestným přepínacím ventilem, akumulční nádrž a teplotním spádem soustavy 45/35°C, které bude připraveno pro spotřebu elektřiny vlastní výroby z fotovoltaického zařízení. Projekt počítá s podlahovým vytápěním. Rozvod vody bude napojen na veřejný vodovod. Přípojka bude provedena z PE 32 DN 25. Vodoměrná sestava s vodoměrem bude osazena v nově vzniklé šachtě. V technické místnosti bude umístěna akumulční nádrž a příslušenství pro ohřev TUV pomocí zdroje tepla.

### 3.3.2 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí a výplní

Podlaha v 1.NP bude tepelně izolována podlahovým polystyrenem EPS 100 Z v tl. 200 mm. Zateplení střešního pláště bude provedeno mezikrokevní a podkrokevní izolací z minerální vlny Isover Unirol tl. celkem 300 mm (nehomogenní vrstva), včetně pojistné hydroizolace a parotěsné zábrany. Obvodový plášť je zateplen KZS Isover EPS Gray tl.200 mm, který přesahuje výplně otvorů a tím eliminuje potenciální tep. mosty. Dále je zateplen parapet u okenních a vnějších dveřních otvorů (z interiéru i exteriéru) polystyrenem EPS 70F o min. tl. 70 mm. Soklové zdivo bude řešeno konstrukcí ztraceného bednění se zateplením XPS Perimeter 140 mm. Všechny kritické styky a prostupy konstrukcí musí být opatřeny těsnicí páskou/lepenkou k zajištění maximální neprůvzdušnosti. Požadované hodnoty prostupu tepla Un pro budovu s převládající vnitřní návrhovou teplotou ti = 20 °C byly určeny dle tabulky ČSN 73 0540-2.

### 3.3.3 Komplexní posouzení skladeb stavebních konstrukcí

Výsledky z Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Tabulka 13- Vlastnosti konstrukcí – Pasivní dům

| Název kce      | Typ     | R [m <sup>2</sup> K/W] | U [W/m <sup>2</sup> K] | Ma,max[kg/m <sup>2</sup> ]   | Odpaření |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------------|----------|
| Obvodová stěna | stěna   | 7.791                  | 0.126                  | 0.0174                       | ano      |
| Podlaha 1NP    | podlaha | 6.426                  | 0.151                  | 0.0997                       | ano      |
| Střešní plášť  | střecha | 8.500                  | 0.116                  | Nedochází ke kondenzaci v.p. |          |

Zdroj: Svoboda software

· **Obvodová stěna** – Pasivní dům

Typ hodnocené konstrukce: Stěna vnější jednoplášťová

**Tabulka 14- Skladba – Obvodová stěna (od interiéru)**

| Číslo | Název              | D [m]  | Lambda [W/(m.K)] | c [J/(kg.K)] | Ro [kg/m <sup>3</sup> ] | Mi [-] |
|-------|--------------------|--------|------------------|--------------|-------------------------|--------|
| 1     | Cemix 016 F        | 0.0200 | 0.5520           | 840.0        | 1300.0                  | 5.0    |
| 2     | Porotherm 30 P+D   | 0.3000 | 0.1800           | 1000.0       | 800.0                   | 10.0   |
| 3     | Isover EPS Grey    | 0.2000 | 0.0330           | 1270.0       | 16.0                    | 30.0   |
| 4     | Baumit Manu 1      | 0.0200 | 0.8300           | 790.0        | 2000.0                  | 25.0   |
| 5     | Baumit openContact | 0.0030 | 0.8000           | 920.0        | 1350.0                  | 18.0   |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: **7.791 m<sup>2</sup>K/W**

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.126 W/m<sup>2</sup>K**

· **Podlaha 1 NP** – Pasivní dům

Typ hodnocené konstrukce: Podlaha na zemině

**Tabulka 15 - Skladba – Podlaha 1NP (od interiéru)**

| Číslo | Název            | D [m]  | Lambda [W/(m.K)] | c [J/(kg.K)] | Ro [kg/m <sup>3</sup> ] | Mi [-]   |
|-------|------------------|--------|------------------|--------------|-------------------------|----------|
| 1     | Dlažba keramická | 0.0080 | 1.0100           | 840.0        | 2000.0                  | 200.0    |
| 2     | Anhydritová směs | 0.0550 | 1.2000           | 840.0        | 2100.0                  | 20.0     |
| 3     | PE folie         | 0.0001 | 0.3500           | 1470.0       | 900.0                   | 144000.0 |
| 4     | Isover EPS Grey  | 0.2000 | 0.0320           | 1270.0       | 20.0                    | 50.0     |
| 5     | Hydrobit V 60    | 0.0035 | 0.2100           | 1470.0       | 1114.0                  | 14480.0  |
| 6     | Železobeton      | 0.1500 | 1.4300           | 1020.0       | 2300.0                  | 23.0     |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: **6.426 m<sup>2</sup>K/W**

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.151 W/m<sup>2</sup>K**

· **Střešní plášť** – Pasivní dům

Typ hodnocené konstrukce: Střecha jednoplášťová



Tabulka 16 - Skladba – Střešní plášť (od interiéru)

| Číslo | Název               | D [m]  | Lambda [W/(m.K)] | c [J/(kg.K)] | Ro [kg/m <sup>3</sup> ] | Mi [-]   |
|-------|---------------------|--------|------------------|--------------|-------------------------|----------|
| 1     | Rigips RB/RBI/      | 0.0025 | 0.2100           | 960.0        | 750.0                   | 10.0     |
| 2     | PE folie            | 0.0001 | 0.3500           | 1470.0       | 900.0                   | 144000.0 |
| 3     | Isover Unirol       | 0.3000 | 0.0360           | 840.0        | 21.5                    | 1.0      |
| 4     | Jutadach 150        | 0.0004 | 0.3900           | 1700.0       | 375.0                   | 100.0    |
| 5     | Dřevovláknité desky | 0.0200 | 0.1300           | 1630.0       | 600.0                   | 12.5     |

Zdroj: Svoboda software

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 8.500 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: **0.116 W/m<sup>2</sup>K**

- **Výplně otvorů** – Okenní a dveřní výplně jsou navrženy v provedení PVC sedmikomorový systém s celoobvodovým kováním. Výplň tvoří izolační trojsklo sklo, kde  $U_g = 0.88-1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Přehled výplní otvorů je znázorněn v tab. č. 17.

Tabulka 17- Výplně otvorů – Pasivní dům

| Název konstrukce           | Plocha [m <sup>2</sup> ] | U [W/m <sup>2</sup> K] | H,T [W/K] | U,N,20 [W/m <sup>2</sup> K] |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|
| 1NP Okna jih               | 7.56 (1.8x1.4 x 3)       | 0.880                  | 6.653     | 1.500                       |
| 1NP Okna západ velké       | 4.4 (2.0x2.2 x 1)        | 0.880                  | 3.872     | 1.500                       |
| 1NP Okno západ malé        | 1.3 (1.0x1.3 x 1)        | 0.880                  | 1.144     | 1.500                       |
| 1NP Okna sever             | 3.75 (1.25x0.75 x 4)     | 0.880                  | 3.300     | 1.500                       |
| 1NP Okna východ            | 5.04 (1.8x1.4 x 2)       | 0.880                  | 4.435     | 1.500                       |
| 1NP Vchodové dveře         | 2.5 (1.25x2.0 x 1)       | 0.900                  | 2.250     | 1.500                       |
| 2NP Střešní okna – Jih     | 6.66 (0.94x1.18 x 6)     | 1.100                  | 7.321     | 1.500                       |
| 2NP Střešní okna sever     | 4.44 (0.94x1.18 x 4)     | 1.100                  | 4.880     | 1.500                       |
| 2NP Balkonové dveře východ | 3.0 (1.5x2.0 x 1)        | 0.880                  | 2.640     | 1.500                       |
| 2NP Dveře sever            | 4.0 (1.0x2.0 x 2)        | 0.920                  | 3.680     | 1.500                       |

Zdroj: Svoboda software

Kompletní posouzení skladeb stavebních konstrukcí z hlediska šíření tepla je součástí této práce viz. příloha č.4.

### 3.4 Výpočet energetické náročnosti a primární neobnovitelné energie

V této části diplomové práce jsou obě varianty posouzeny z hlediska energetické náročnosti, dle níže uvedené metodiky, dle postupů a požadavků platných norem. Kompletní výpočet je součástí této práce, viz příloha č. 5 a č. 6.

#### 3.4.1 Metodika výpočtu a hodnocení

Metodika výpočtu je zvolena jako komplexní hodnocení energetické náročnosti budov v programu ENERGIE 2016. Byl proveden výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy, měrných tepelných toků, potřeby tepla na vytápění, dílčích dodaných energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení), produkci energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie (celkové i neobnovitelné) a emisí CO<sub>2</sub>. Při výpočtu se zohledňují postupy a požadavky ČSN 730540, TNI 730329, TNI 730330, STN 730540, EN ISO 13790, EN ISO 13370, EN ISO 13789 a dalších evropských norem.

#### 3.4.2 Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla - Nízkoenergetický dům

Výsledky z programu Energie 2016 EDU – podle vyhlášky c. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2 a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370. Kompletní výpočet viz příloha č.5.

##### Základní popis:

|   |   |
|---|---|
| · Název:                                  | rodinný dům – Nízkoenergetický standard |
| · Typ zóny pro určení U <sub>em,N</sub> : | nová obytná budova                      |
| · Obsazenost zóny:                        | 35.0 m <sup>2</sup> /osobu              |
| · Uvažovaný počet osob v zóně:            | 6.8                                     |
| · Objem z vnějších rozměrů:               | 893.0 m <sup>3</sup>                    |
| · Podlah. plocha (celková vnitřní):       | 237.0 m <sup>2</sup>                    |
| · Celk. energet. vztažná plocha:          | 291.0 m <sup>2</sup>                    |
| · Časová konstanta:                       | 38.0 h                                  |
| · Vnitřní teplota (zima/léto):            | 20.0 C / 20.0 C                         |
| · Zóna je vytápěna/chlazená:              | ano / ne                                |
| · Typ vytápění:                           | nepřerušované                           |

|   |   |
|---|---|
| · Regulace otopné soustavy:                           | ano   |
| <b>Průměrné vnitřní zisky:</b>                        | <b>546 W</b>                                  |
| · produkci tepla:                                     | 1.5+3.0 W/m <sup>2</sup> (osoby + spotřebiče) |
| · časový podíl produkce:                              | 70+20 % (osoby + spotřebiče)                  |
| · zohlednění spotřebičů:                              | jen zisky                                     |
| · požadovanou osvětlenost:                            | 90.0 lx                                       |
| · měrný příkon osvětlení:                             | 0.05 W/(m <sup>2</sup> lx)                    |
| · činitel obsazenosti                                 | 1.0   |
| · činitel závislosti na denním světle                 | 1.0   |
| · roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci:         | 900 / 600 h                                   |
| · průměrná účinnost osvětlení:                        | 15 %  |
| <b>Potřeba tepla na přípravu TUV:</b>                 | <b>16340.25 MJ/rok</b>                        |
| · denní potřebu teplé vody:                           | 35.0 l/(osobu.den)                            |
| · roční potřebu teplé vody:                           | 86.9 m <sup>3</sup>                           |
| · teplotní rozdíl pro ohřev:                          | (55.0–10.0) C                                 |
| <b>Zdroj tepla a na něj napojená otopná soustava:</b> |   |
| · Název zdroje tepla:                                 | kotel na plyn (podíl 100.0 %)                 |
| · Typ zdroje tepla:                                   | obecný zdroj tepla (např.. kotel)             |
| · Účinnost výroby tepla:                              | 90.0 %  |
| · Účinnost sdílení/distribuce:                        | 88.0 % / 89.0 %                               |
| · Objem akumulční nádrže:                             | 100.0 l                                       |
| · Měrná ztráta nádrže:                                | 5.0 Wh/(l.d)                                  |
| · Příkon čerpadel vytápění:                           | 100.0 W (prům. roční příkon)                  |
| · Příkon regulace/emise tepla:                        | 30.0 / 0.0 W                                  |
| <b>Zdroje tepla na přípravu TUV</b>                   |   |
| · Název zdroje tepla:                                 | plynový kotel se zásobníkem TUV               |
| · Typ zdroje přípravy TUV:                            | obecný zdroj tepla (např. kotel)              |
| · Účinnost zdroje přípravy TUV:                       | 90.0 %  |
| · Účinnost zpětného získávání tepla:                  | 0.0 %   |
| · Objem zásobníku TUV:                                | 100.0 l                                       |
| · Měrná tep. ztráta zásobníku TUV:                    | 5.0 Wh/(l.d)                                  |
| · Délka rozvodu TUV:                                  | 30.0 m  |

- Měrná tep. ztráta rozvodu TV: 44.7 Wh/(m.d)
- Příkon čerpadel distribuce TV: 150.0 W
- Příkon regulace: 30.0 W

**Přehledné výsledky výpočtu pro celou budovu:**

- Faktor tvaru budovy A/V: 0.57 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

**Tabulka 18- Rozložení měrných tepelných toků – Nízkoenergetický dům**

| Položka  | Plocha [m <sup>2</sup> ] | Měrný tok [W/K] | Procento [%] |
|--|--------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Celkový měrný tok H:</b>                    |                          | <b>208.363</b>  | 100.00       |
| Měrný tok větráním Hv:                         |                          | 66.305          | 31.82        |
| Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:               |                          | 23.510          | 11.28        |
| Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:              |                          | 10.195          | 4.89         |
| Měrný tok do ext. plošnými Kcemi Hd,c:         |                          | 108.352         | 52.00        |
| <b>Rozložení měrných toku po konstrukcích:</b> |                          |                 |              |
| Stěna jih:                                     | 52.6                     | 9.985           | 4.79         |
| Stěna sever:                                   | 60.3                     | 11.448          | 5.49         |
| Stěna západ:                                   | 51.4                     | 9.766           | 4.69         |
| Stěna východ:                                  | 46.6                     | 8.846           | 4.25         |
| Podlaha 1NP:                                   | 155.0                    | 23.510          | 11.28        |
| 1NP Okna jih:                                  | 7.6                      | 7.938           | 3.81         |
| 1NP Okna západ velké:                          | 4.4                      | 4.840           | 2.32         |
| 1NP Okno západ malé:                           | 1.3                      | 1.365           | 0.66         |
| 1NP Okna sever:                                | 3.8                      | 3.938           | 1.89         |
| 1NP Okna východ:                               | 5.0                      | 5.292           | 2.54         |
| 1NP Vchodové dveře:                            | 2.5                      | 2.250           | 1.08         |
| 2NP Střešní okna sever:                        | 4.4                      | 5.768           | 2.77         |
| 2NP Střešní okna – jih:                        | 6.7                      | 8.652           | 4.15         |
| 2NP Balkonové dveře východ:                    | 3.0                      | 3.300           | 1.58         |
| 2NP dveře sever:                               | 4.0                      | 3.680           | 1.77         |
| Střešní plášť:                                 | 101.4                    | 21.286          | 10.22        |

Zdroj: Svoboda software

Součet celkových měrných tepelných toku jednotlivými zónami Hc: **208.363 W/K**

**Průměrný součinitel prostupu tepla budovy**

- Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht: 142.1 W/K
- Plocha obalových konstrukcí budovy: 509.8 m<sup>2</sup>
- Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U,em: **0.28 W/m<sup>2</sup>K**

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla, podle ČSN 730540-2 (2011)  $U_{em,N,20} = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

- Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 11.699 MWh
- Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 893.0 m<sup>3</sup>
- Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 291.0 m<sup>2</sup>
- Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m<sup>3</sup>): 13.1 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: **40 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**
- Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D =4300.

### Měrná dodaná energie budovy

- Celková roční dodaná energie: **25.773 MWh**
- Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 893.0 m<sup>3</sup>
- Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 291.0 m<sup>2</sup>
- Měrná dodaná energie EP,V: 28.9 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná dodaná energie budovy EP,A: **89 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Tabulka 19- Přehled pro jednotlivé energonositele – Nízkoenergetický dům

| Součty pro jednotlivé energonositele: | Q,f<br>[MWh/a] | Q,pN<br>[MWh/a] | Q,pC<br>[MWh/a] | CO <sub>2</sub><br>[t/a] |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| zemní plyn                            | 22.539         | 24.793          | 24.793          | 4.485                    |
| elektřina ze sítě                     | 3.234          | 9.703           | 10.350          | 3.784                    |
| <b>SOUČET</b>                         | <b>25.773</b>  | <b>34.495</b>   | <b>35.142</b>   | <b>8.269</b>             |

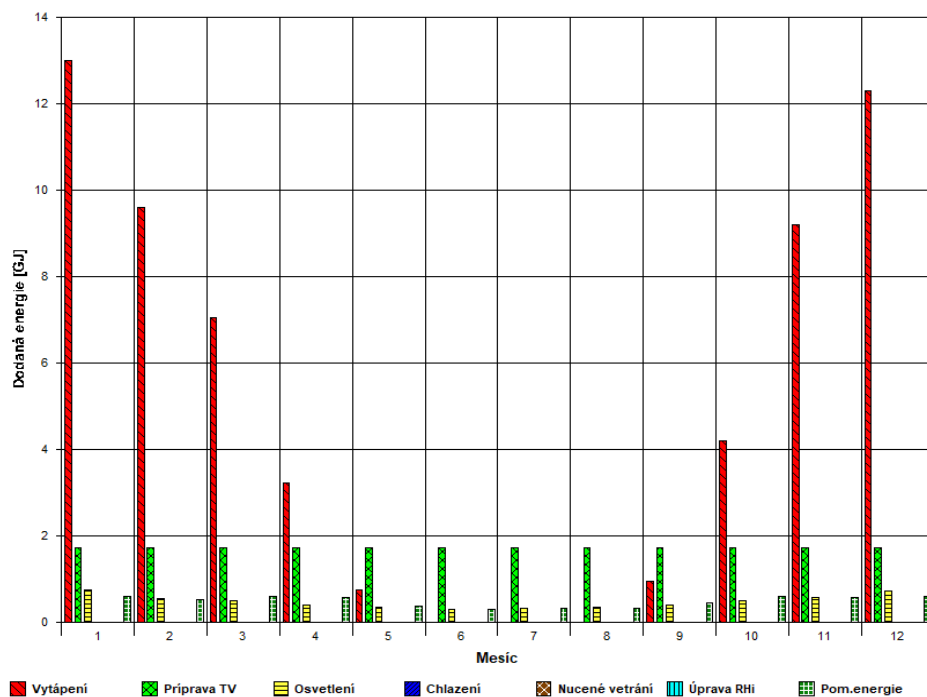
Zdroj: Svoboda software

### Měrná primární energie a emise CO<sub>2</sub> budovy

- Emise CO<sub>2</sub> za rok: 8.269 t
- Celková primární energie za rok: 35.142 MWh 126.512 GJ
- Neobnovitelná primární energie za rok: **34.495 MWh** 124.184 GJ
- Měrné emise CO<sub>2</sub> za rok (na 1 m<sup>3</sup>): 9.3 kg/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná celková primární energie E,pC,V: 39.4 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V: 38.6 kWh/(m<sup>3</sup>.a)

- Měrné emise CO<sub>2</sub> za rok (na 1 m<sup>2</sup>): 28 kg/(m<sup>2</sup>.a)
- Měrná celková primární energie E<sub>pC,A</sub>: 121 kWh/(m<sup>2</sup>.a)
- Měrná neobnovitelná primární energie E<sub>pN,A</sub>: 119 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

Graf 1- Poměr dodané energie – Nízkoenergetický dům



Zdroj: Svoboda software

### 3.4.3 Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla - Pasivní dům

Výsledky z programu Energie 2016 EDU – podle vyhlášky c. 78/2013 Sb. a CSN 730540-2 a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370. Kompletní výpočet viz příloha č.6.

#### Základní popis:

- Název: rodinný dům – Pasivní standard
- Typ zóny pro určení U<sub>em,N</sub>: nová obytná budova
- Obsazenost zóny: 35.0 m<sup>2</sup>/osobu
- Uvažovaný počet osob v zóně: 6.8
- Objem z vnějších rozměrů: 893.0 m<sup>3</sup>
- Podlah. plocha (celková vnitřní): 237.0 m<sup>2</sup>
- Celk. energet. vztažná plocha: 291.0 m<sup>2</sup>
- Časová konstanta: 48.0 h

## Výpočet energetické náročnosti a primární neobnovitelné energie

---

- Vnitřní teplota (zima/léto): 20.0 C / 20.0 C
- Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
- Typ vytápění: nepřerušované
- Regulace otopné soustavy: ano

### **Průměrné vnitřní zisky: 546 W**

- produkci tepla: 1.5+3.0 W/m<sup>2</sup> (osoby + spotřebiče)
- časový podíl produkce: 70+20 % (osoby + spotřebiče)
- zohlednění spotřebičů: jen zisky
- požadovanou osvětlenost: 90.0 lx
- měrný příkon osvětlení: 0.05 W/(m<sup>2</sup>.lx)
- činitel obsazenosti 1.0
- činitel závislosti na denním světle 1.0
- roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 900 / 600 h
- průměrná účinnost osvětlení: 15 %

### **Potřeba tepla na přípravu TUV: 16340.25 MJ/rok**

- denní potřebu teplé vody: 35.0 l/(osobu.den)
- roční potřebu teplé vody: 86.9 m<sup>3</sup>
- teplotní rozdíl pro ohřev: (55.0 - 10.0) C

### **Zdroj tepla a na něj napojená otopná soustava:**

- Název zdroje tepla: tepelné čerpadlo (podíl 100.0 %)
- Typ zdroje tepla: tepelné čerpadlo
- Účinnost výroby tepla: 90.0 %
- Parametr COP: 2.9
- Účinnost sdílení/distribuce: 92.0 % / 85.0 %
- Objem akumulční nádrže: 100.0 l
- Měrná ztráta nádrže: 5.0 Wh/(l.d)
- Příkon čerpadel vytápění: 100.0 W (prům. roční příkon)
- Příkon regulace/emise tepla: 30.0 / 0.0 W

### **Ventilátory systému nuceného větrání, vytápění a chlazení vzduchem**

- Průměrný měrný příkon VZT jednotky: 500.0 Ws/m<sup>3</sup> (přívodní a odvodní)
- Váhový činitel regulace: 0.7

### Zdroje tepla na přípravu TUV

- Název zdroje tepla: tepelné čerpadlo (podíl 100.0 %)
- Typ zdroje přípravy TUV: tepelné čerpadlo
- Topný faktor pro přípravu TUV: 2.9
- Objem zásobníku TUV: 100.0 l
- Měrná tep. ztráta zásobníku TUV: 5.0 Wh/(l.d)
- Délka rozvodu TUV: 30.0 m
- Měrná tep. ztráta rozvodu TUV: 44.7 Wh/(m.d)
- Příkon čerpadel distribuce TUV: 150.0 W
- Příkon regulace: 30.0 W

### Přehledné výsledky výpočtu pro celou budovu:

- Faktor tvaru budovy A/V: 0.57 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Tabulka 20 - Rozložení měrných tepelných toků – Pasivní dům

| Položka  | Plocha [m <sup>2</sup> ] | Měrný tok [W/K] | Procento [%] |
|--|--------------------------|-----------------|--------------|
| <b>Celkový měrný tok H:</b>                    |                          | <b>122.586</b>  | 100.00       |
| Měrný tok větráním Hv:                         |                          | 19.433          | 15.85        |
| Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:               |                          | 14.468          | 11.80        |
| Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:              |                          | 10.195          | 8.32         |
| Měrný tok do ext. plošnými Kcemi Hd,c:         |                          | 78.489          | 64.03        |
| <b>Rozložení měrných toku po konstrukcích:</b> |                          |                 |              |
| Stěna jih:                                     | 52.6                     | 6.621           | 5.37         |
| Stěna sever:                                   | 60.3                     | 7.592           | 6.16         |
| Stěna západ:                                   | 51.4                     | 6.476           | 5.26         |
| Stěna východ:                                  | 46.6                     | 5.867           | 11.74        |
| Podlaha 1NP:                                   | 155.0                    | 14.468          | 5.40         |
| 1NP Okna jih:                                  | 7.6                      | 6.653           | 3.81         |
| 1NP Okna západ velké:                          | 4.4                      | 3.872           | 3.14         |
| 1NP Okno západ malé:                           | 1.3                      | 1.144           | 0.93         |
| 1NP Okna sever:                                | 3.8                      | 3.300           | 2.68         |
| 1NP Okna východ:                               | 5.0                      | 4.435           | 3.60         |
| 1NP Vchodové dveře:                            | 2.5                      | 2.250           | 1.83         |
| 2NP Střešní okna sever:                        | 4.4                      | 4.880           | 3.96         |
| 2NP Střešní okna - Jih:                        | 6.7                      | 7.321           | 5.94         |
| 2NP Balkonové dveře východ:                    | 3.0                      | 2.640           | 2.14         |
| 2NP dveře sever:                               | 4.0                      | 3.680           | 2.99         |
| Střešní plast:                                 | 101.4                    | 11.758          | 9.54         |

Zdroj: Svoboda software



Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: **122.586 W/K**

**Průměrný součinitel prostupu tepla budovy**

- Měrný tepelný tok vstupem obálkou budovy Ht: 103.2 W/K
- Plocha obalových konstrukcí budovy: 509.8 m<sup>2</sup>
- Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U<sub>em</sub>: **0.20 W/m<sup>2</sup>K**

**Celková a měrná potřeba tepla na vytápění**

- Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 4.346 MWh
- Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 893.0 m<sup>3</sup>
- Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 291.0 m<sup>2</sup>
- Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m<sup>3</sup>): 4.9 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: **15 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**
- Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3814.

**Měrná dodaná energie budovy**

- Celková roční dodaná energie: **14.592 MWh**
- Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 893.0 m<sup>3</sup>
- Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 291.0 m<sup>2</sup>
- Měrná dodaná energie EP,V: 16.3 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná dodaná energie budovy EP,A: **50 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

**Tabulka 21- Přehled pro jednotlivé energonositele – Pasivní dům**

| <b>Součty pro jednotlivé energonositele:</b> | <b>Q<sub>f</sub><br/>[MWh/a]</b> | <b>Q<sub>pN</sub><br/>[MWh/a]</b> | <b>Q<sub>pC</sub><br/>[MWh/a]</b> | <b>CO<sub>2</sub><br/>[t/a]</b> |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| elektřina ze sítě                            | 7.352                            | 22.055                            | 23.525                            | 8.601                           |
| elektřina z FV                               |                                  | -5.875                            | -6.267                            | -1.982                          |
| výroba elektřiny export. z FV                |                                  |                                   | 1.958                             |                                 |
| <b>SOUČET</b>                                | <b>7.352</b>                     | <b>16.179</b>                     | <b>19.217</b>                     | <b>6.619</b>                    |

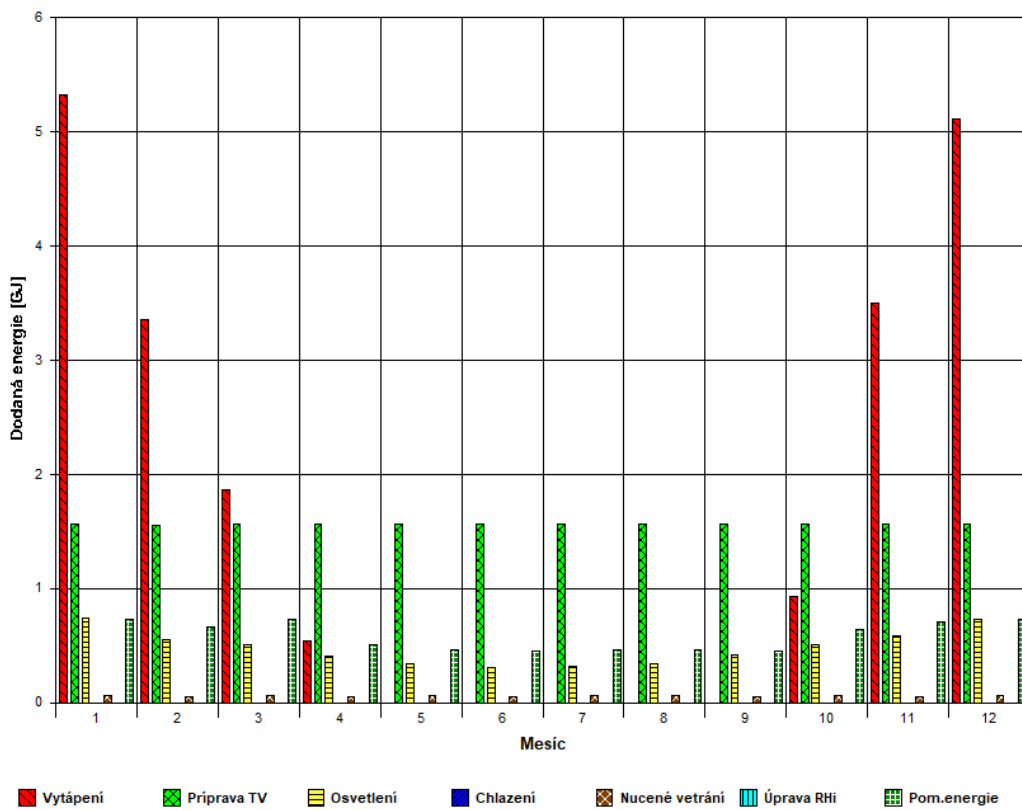
Zdroj: Svoboda software

**Měrná primární energie a emise CO<sub>2</sub> budovy**

- Emise CO<sub>2</sub> za rok: 6.619 t
- Celková primární energie za rok: 19.217MWh

- Neobnovitelná primární energie za rok: **16.179 MWh** 124.184 GJ
- Měrné emise CO<sub>2</sub> za rok (na 1 m<sup>3</sup>): 7.4 kg/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná celková primární energie E<sub>pC,V</sub>: 21.5 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrná neobnovitelná primární energie E<sub>pN,V</sub>: 18.1 kWh/(m<sup>3</sup>.a)
- Měrné emise CO<sub>2</sub> za rok (na 1 m<sup>2</sup>): 23 kg/(m<sup>2</sup>.a)
- Měrná celková primární energie E<sub>pC,A</sub>: **66 kWh/(m<sup>2</sup>.a)**
- Měrná neobnovitelná primární energie E<sub>pN,A</sub>: **56kWh/(m<sup>2</sup>.a)**

Graf 2 - Poměr dodané energie – Pasivní dům



Zdroj: Svoboda software

### **3.5 Výpočet celkových nákladů**

V této části diplomové práce jsou obě varianty jsou posouzeny z hlediska nákladů. Je sestaven položkový rozpočet dle aktuální databáze ÚRS Praha 2018, k zjištění celkových pořizovacích a provozních nákladů obou variant. Kompletní výpočet je součástí této práce, viz příloha č.7 a č.8.

#### **3.5.1 Metodika výpočtu a hodnocení**

Položkový rozpočet pro účely této práce je vypracován ve stavebním softwaru KROS 4, verze programu 2018/I, který je určen pro tvorbu rozpočtů, kalkulací stavebních prací a sledování stavební zakázky. Obsahuje kompletní podobu Cenové soustavy ÚRS a je schopen pracovat s jakoukoliv jinou databází cen stavebních prací. Položkový rozpočet je rozdělen na práce HSV a PSV (23), včetně podrobného výkazu výměr. Elektroinstalace, vytápění a rozvody ZTI jsou doplněny do rozpočtu formou samostatné položky, která vychází z konkrétní nabídky od oslovených dodavatelů. Vzhledem k zachování požadovaného obsahu, neobsahuje rozpočet položky na další stavební objekty mimo RD, přípojky, sadové úpravy a zpevněné plochy na pozemku.

Provozní náklady na rok jsou vypočítány z potřeby celkové dodané energie na vytápění, ohřev TUV, provoz VZT, osvětlení a provoz elektrospotřebičů. Výpočet zahrnuje celkové aktuální ceny energií, včetně paušálních poplatků.

#### **3.5.2 Aktualizace cenových podkladů**

Jako cenový podklad pro stanovení cen a nákladů byla použita cenová soustava ÚRS aktualizace 2018 – verze 12.53.26., která je uceleným systémem pro oceňování stavební produkce. Oceňovací podklady sumarizují všechny zdroje (také potřeby) zakázky, tedy představují seznam všech materiálů, profesí, strojů a tarifů potřebných při realizaci zakázky. Při kalkulované ceně položek zakázky oceňovací podklady obsahují položky rozborů TOV za celou zakázku.

### 3.5.3 Pořizovací náklady – Nízkoenergetický dům

Rekapitulace položkového rozpočtu (tab. 22) byla vyhodnocena z výpočtu pořizovacích nákladů na stavbu nízkoenergetického domu z programu KROS, viz příloha č. 7.

Tabulka 22 - Rekapitulace rozpočtu – Nízkoenergetický dům

| Kód        | Popis                                      | Cena celkem      |
|------------|--|------------------|
| <b>1)</b>  | <b>Náklady z rozpočtu</b>                  | <b>4 315 421</b> |
| <b>HSV</b> | <b>Práce a dodávky HSV</b>                 | <b>1 899 896</b> |
| 1          | Zemní práce                                | 68 065           |
| 2          | Zakládání                                  | 282 099          |
| 3          | Svislé a kompletní konstrukce              | 508 379          |
| 4          | Vodorovné konstrukce                       | 336 776          |
| 6          | Úpravy povrchu, podlahy a osazování výplní | 501 373          |
| 9          | Ostatní konstrukce a práce, bourání        | 109 310          |
| 998        | Přesun hmot                                | 93 891           |
| <b>PSV</b> | <b>Práce a dodávky PSV</b>                 | <b>2 415 524</b> |
| 711        | Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům      | 31 795           |
| 713        | Izolace tepelné                            | 157 717          |
| 721        | ZTI – kanalizace, vodovod a plynovod       | 65 725           |
| 731        | Ústřední vytápění                          | 261 223          |
| 741        | Elektroinstalace                           | 175 920          |
| 762        | Konstrukce tesařské                        | 300 852          |
| 763        | Konstrukce suché výstavby                  | 362 942          |
| 764        | Konstrukce klempířské                      | 43 966           |
| 765        | Krytina skládaná                           | 280 090          |
| 766        | Konstrukce truhlářské                      | 427 103          |
| 767        | Konstrukce zámečnické                      | 92 838           |
| 771        | Podlahy z dlaždic                          | 34 665           |
| 775        | Podlahy skládané                           | 61 654           |
| 776        | Podlahy povlakové                          | 28 059           |
| 781        | Dokončovací práce – obklady                | 53 464           |
| 783        | Dokončovací práce – nátěry                 | 2 084            |
| 784        | Dokončovací práce – malby a tapety         | 35 419           |
| <b>2)</b>  | <b>Ostatní náklady</b>                     | <b>215 771</b>   |
|            | Zařízení staveniště                        | 215 771          |
|            | <b>Celkové náklady – bez DPH</b>           | <b>4 531 193</b> |

Zdroj: KROS

### 3.5.4 Pořizovací náklady – Pasivní dům

Rekapitulace položkového rozpočtu (tab. č 23,24) byla vyhodnocena z výpočtu pořizovacích nákladů na stavbu pasivního domu z programu KROS, viz příloha č. 8.

**Tabulka 23- Rekapitulace rozpočtu – Pasivní dům**

| Kód        | Popis                                      | Cena celkem      |
|------------|--|------------------|
| <b>1)</b>  | <b>Náklady z rozpočtu</b>                  | <b>5 009 348</b> |
| <b>HSV</b> | <b>Práce a dodávky HSV</b>                 | <b>1 835 866</b> |
| 1          | Zemní práce                                | 68 065           |
| 2          | Zakládání                                  | 282 099          |
| 3          | Svislé a kompletní konstrukce              | 409 099          |
| 4          | Vodorovné konstrukce                       | 339 764          |
| 6          | Úpravy povrchu, podlahy a osazování výplní | 533 625          |
| 9          | Ostatní konstrukce a práce, bourání        | 109 310          |
| 998        | Přesun hmot                                | 93 900           |
| <b>PSV</b> | <b>Práce a dodávky PSV</b>                 | <b>3 173 482</b> |
| 711        | Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům      | 31 795           |
| 713        | Izolace tepelné                            | 175 317          |
| 721        | ZTI – kanalizace, vodovod                  | 66 645           |
| 731        | Ústřední vytápění                          | 427 000          |
| 741        | Elektroinstalace                           | 374 032          |
| 751        | Vzduchotechnika                            | 265 000          |
| 762        | Konstrukce tesařské                        | 297 700          |
| 763        | Konstrukce suché výstavby                  | 362 942          |
| 764        | Konstrukce klempířské                      | 43 649           |
| 765        | Krytina skládaná                           | 282 636          |
| 766        | Konstrukce truhlářské                      | 538 576          |
| 767        | Konstrukce zámečnické                      | 92 838           |
| 771        | Podlahy z dlaždic                          | 34 665           |
| 775        | Podlahy skládané                           | 61 654           |
| 776        | Podlahy povlakové                          | 28 059           |
| 781        | Dokončovací práce – obklady                | 53 464           |
| 783        | Dokončovací práce – nátěry                 | 2 084            |
| 784        | Dokončovací práce – malby a tapety         | 35 419           |
| <b>2)</b>  | <b>Ostatní náklady</b>                     | <b>250 467</b>   |
|            | Zařízení staveniště                        | 250 467          |
|            | <b>Celkové náklady – bez DPH</b>           | <b>5 259 816</b> |

Zdroj: KROS

### 3.5.5 Provozní náklady – Nízkoenergetický dům

Provozní náklady nízkoenergetického domu (viz tabulka č.24,25) jsou vyhodnoceny z výpočtu celkové dodané energie do budovy na vytápění, ohřev TUV, osvětlení a spotřebiče.

Tabulka 24 - Vstupní údaje, Nízkoenergetický dům

| <b>Energetická bilance</b>            |                    |     |
|---------------------------------------|--------------------|-----|
| Tepelná ztráta objektu:               | 10.1               | kW  |
| Roční spotřeba energie na vytápění:   | 17 577             | kWh |
| Roční spotřeba energie pro ohřev TUV: | 6 598              | kWh |
| Ostatní spotřeba elektrické energie:  | 1 598              | kWh |
| <b>Zvolené parametry</b>              |                    |     |
| Topný systém                          | Podlahový          |     |
| Plynový kotel                         | Nový, účinnost 90% |     |
| Aktuální ceny                         | leden 2019         |     |
| Ceník energií                         | EON <sup>6</sup>   |     |

Zdroj: Autor

Tabulka 25- Celkové provozní náklady, Nízkoenergetický dům

| Odběr energie                                  | Medium    | Spotřeba <sup>7</sup> | Jednotka | Cena    | Náklady          |
|--|-----------|-----------------------|----------|---------|------------------|
| Vytápění                                       | Zem.plyn  | 21 971                | kWh      | 1.31 Kč | 28 738 Kč        |
| Ohřev teplé vody                               | Zem.plyn  | 8 248                 | kWh      | 1.31 Kč | 10 788 Kč        |
| Ostatní  | Elektrina | 1 598                 | kWh      | 4.68 Kč | 7 479 Kč         |
| Stálý plat                                     | 3 x 25 A  | 12                    |          | 226 Kč  | 2 712 Kč         |
| Stálý plat                                     | Zem.plyn  | 12                    |          | 450 Kč  | 5 400 Kč         |
| <b>Celkové provozní náklady objektu za rok</b> |           |                       |          |         | <b>55 117 Kč</b> |

Zdroj: Autor

<sup>6</sup> Sazba pro odběr elektřiny a plynu, ceny platné od 1.1.2019 – Zdroj: Eon

<sup>7</sup> Zohledněny tepelné ztráty a účinnost soustavy

### 3.5.6 Provozní náklady – Pasivní dům

Provozní náklady pasivního domu jsou vypočítány z výpočtu celkové dodané energie do budovy na vytápění, ohřev TUV, provoz VZT, osvětlení a spotřebiče.

Tabulka 26 - Vstupní údaje, Pasivní dům

| <b>Energetická bilance</b>            |                  |     |
|---------------------------------------|------------------|-----|
| Tepelná ztráta objektu:               | 4.1              | kW  |
| Roční spotřeba energie na vytápění:   | 6 354            | kWh |
| Roční spotřeba energie pro ohřev TUV: | 6 019            | kWh |
| Ostatní spotřeba elektrické energie:  | 2 219            | kWh |
| Elektřina vyrobená FV články          | 1 958            | kWh |
| <b>Zvolené parametry</b>              |                  |     |
| Topný systém                          | Podlahový        |     |
| Tepelné čerpadlo                      | Vzduch – voda    |     |
| Aktuální ceny                         | leden 2019       |     |
| Ceník energií                         | EON <sup>8</sup> |     |

Zdroj: Autor

Tabulka 27- Celkové provozní náklady, Pasivní dům

| Odběr energie                                  | Medium        | Spotřeba <sup>9</sup> | Jednotka | Cena    | Náklady          |
|--|---------------|-----------------------|----------|---------|------------------|
| Vytápění                                       | Elektřina     | 1 267                 | kWh      | 2.81 Kč | 3 554 Kč         |
| Ohřev teplé vody                               | Elektřina     | 1 850                 | kWh      | 2.81 Kč | 5 190 Kč         |
| Ostatní – nízký tarif                          | Elektřina     | 1 441                 | kWh      | 2.81 Kč | 4 041 Kč         |
| Ostatní – vysoký tarif                         | Elektřina     | 125                   | kWh      | 3.61 Kč | 453 Kč           |
| Stálý plat                                     | Jistič do 32A | 12                    |          | 573 Kč  | 6 874 Kč         |
| <b>Celkové provozní náklady objektu za rok</b> |               |                       |          |         | <b>20 114 Kč</b> |

Zdroj: Autor

<sup>8</sup> Sazba D 56d – Dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. dubna 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin, ceny platné od 1.1.2019 – Zdroj: Eon

<sup>9</sup> Zohledněny tep. ztráty, účinnost jednotky tepelného čerpadla a zisky FV.

## 4 Porovnání výsledků a vyhodnocení

V této kapitole jsou shrnuty výsledky aplikační části diplomové práce, kde jsou porovnány výsledky kritérií, které mají zásadní vliv na ekonomické hledisko a dopad na životní prostředí. Patří sem zejména pořizovací a provozní náklady obou variant navrženého rodinného domu, dále vyhodnocení údajů energetické náročnosti, přehledu potřeby celkové dodané energie, měrné neobnovitelné primární energie, emise CO<sub>2</sub> a dalších vlivů na životní prostředí. Dále je provedeno vyhodnocení výše investice, včetně její efektivity a návratnosti, zahrnující i předpoklad možnosti čerpání dotačního programu Nová zelená úsporám, dle podmínek viz odst. 2.3.4.

### 4.1 Celkové porovnání nízkoenergetického a pasivního domu

Pro další vyhodnocení je důležité demonstrovat rozdíly v celkových pořizovacích nákladech navrženého RD (viz kap. 3), ve variantě nízkoenergetického a pasivního standardu, se započtením DPH, jak je uvedeno v tab. č. 28 a č. 29. Základní porovnání výsledných kritérií, včetně rozdílu mezi jednotlivými variantami je dále shrnuto v tabulce č.30.

Tabulka 28 - Pořizovací náklady – Nízkoenergetický dům

|                     |          |        |    |              |                  |
|---------------------|----------|--------|----|--------------|------------------|
| Náklady z rozpočtu  |          |        |    |              | 4 315 422        |
| Ostatní náklady     |          |        |    |              | 215 771          |
| <b>Cena bez DPH</b> |          |        |    |              | <b>4 531 193</b> |
| DPH                 | základní | 21.00% | ze | 0.00         | 0.00             |
|                     | snížená  | 15.00% | ze | 4,531,193.04 | 679 678          |
| <b>Cena s DPH</b>   |          |        |    |              | <b>5 210 872</b> |
|                     |          |        |    |              | <b>v CZK</b>     |

Zdroj: KROS

Tabulka 29- Pořizovací náklady – Pasivní dům

|                     |          |        |    |                     |                  |
|---------------------|----------|--------|----|---------------------|------------------|
| Náklady z rozpočtu  |          |        |    |                     | 5 009 348        |
| Ostatní náklady     |          |        |    |                     | 250 467          |
| <b>Cena bez DPH</b> |          |        |    |                     | <b>5 259 816</b> |
| DPH                 | základní | 21.00% | ze | 0.00                | 0.00             |
|                     | snížená  | 15.00% | ze | <b>5,259,816.42</b> | 788 972          |
| <b>Cena s DPH</b>   |          |        |    |                     | <b>6 048 788</b> |
|                     |          |        |    |                     | <b>v CZK</b>     |

Zdroj: KROS



Tabulka 30 - Porovnání výsledných kritérií mezi navrženým nízkoenergetickým a pasivním domem

| Hlavní kritéria  | Nízkoenergetický dům        | Pasivní dům                | Rozdíl |
|--|-----------------------------|----------------------------|--------|
| Typ zdroje tepla   | Plynový kotel               | Tepelné čerpadlo           |        |
| Instalace systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla | Ne                          | Ano                        |        |
| Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{em}$             | 0.28 W/m <sup>2</sup> K     | 0.20 W/m <sup>2</sup> K    | 28,5%  |
| Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:                        | 40 kWh/(m <sup>2</sup> .a)  | 15 kWh/(m <sup>2</sup> .a) | 62,5%  |
| Elektřina vyrobená FV články za rok                            | 0                           | 1.958 MWh                  | 100%   |
| Měrná dodaná energie budovy EP,A:                              | 89 kWh/(m <sup>2</sup> .a)  | 50 kWh/(m <sup>2</sup> .a) | 43,8%  |
| Měrná celková primární energie E <sub>pC,A</sub> :             | 121 kWh/(m <sup>2</sup> .a) | 66 kWh/(m <sup>2</sup> .a) | 43,8%  |
| Měrná neobnovitelná primární energie E <sub>pN,A</sub> :       | 119 kWh/(m <sup>2</sup> .a) | 56kWh/(m <sup>2</sup> .a)  | 52,1%  |
| Měrné emise CO <sub>2</sub> za rok (na 1 m <sup>2</sup> ):     | 28 kg/(m <sup>2</sup> .a)   | 23 kg/(m <sup>2</sup> .a)  | 17,8%  |
| Emise CO <sub>2</sub> za rok:                                  | 8.269 t                     | 6.619 t                    | 17,8%  |
| Pořizovací náklady   | 5 210 872 Kč                | 6 048 788 Kč               | 13,8%  |
| Provozní náklady za první rok                                  | 55 117 Kč                   | 20 114 Kč                  | 63,5%  |

Zdroj: Autor

## 4.2 Vyhodnocení návratnosti a efektivnosti investice

Rozdíl mezi celkovými pořizovacími náklady nízkoenergetického a pasivního domu tvoří výši uvažované investice. Záměrem je tedy zjistit, nakolik je efektivní investovat dodatečné finanční zdroje do varianty pasivního domu, kde dochází k značným úsporám za provoz domu a za jak dlouho se nám tato investice vrátí (za předpokladu financování z vlastních zdrojů).

Pro vyhodnocení návratnosti investice je použita metoda prosté doby návratnosti, vnitřního výnosového procenta a metoda čisté současné hodnoty, se zahrnutím diskontní míry a předpokladu nárůstu cen energií. Do výpočtu nejsou zahrnuty náklady na údržbu a obnovu technologických zařízení, kde autor uvažuje minimální životnost 10 let u obou variant zdrojů tepla, což je i teoretická hranice pro smysluplnost dané investice.

Tato varianta pasivního domu splňuje parametry domů s velmi nízkou energetickou náročností kategorie B.2, dle požadavků dotačního programu Nová zelená úsporám, viz tabulka č. 7 této práce. Výpočet bude tedy uvažovat i s variantou čerpání dotace ve výši 450 000Kč.

Kompletní výpočty byly provedeny pomocí funkcí v programu Microsoft Excel a tvoří přílohu č. 9 této práce. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 31.

**Tabulka 31- Výsledky výpočtu efektivnosti a návratnosti investice**

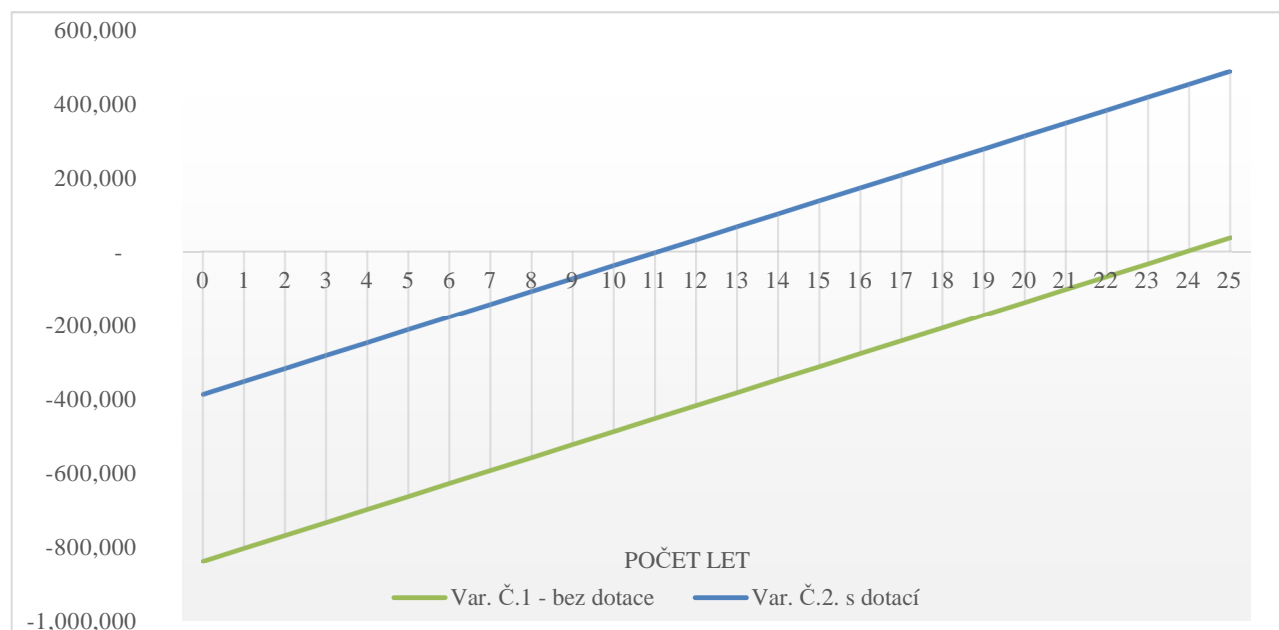
| Varianta                              | Investiční náklady (rozdíl v pořizovacích nákladech domu) | Roční úspora nákladů první rok <sup>10</sup> | PP<br>Prostá doba návratnosti | DPP<br>Doba návratnosti s růstem cen 4% ročně | NPV 15 let<br>Čistá současná hodnota projektu | IRR<br>Vnitřní výnosové procento |
|---------------------------------------|---|--|-------------------------------|---|---|----------------------------------|
| Č.1 - bez dotace                      | 837 917 Kč  | 35 003 Kč                                    | 23.94 let                     | 16 let  | -243 284 Kč                                   | -2.71%                           |
| Č.2 - s dotací B.2. ve výši 450 000Kč | 387 917 Kč  | 35 003 Kč                                    | 11.08 let                     | 9 let   | 200 065 Kč                                    | 7.41%                            |

Zdroj: Autor, MS Excel – příloha č.9

#### 4.2.1 Výpočet doby návratnosti – Payback period

Prostá doba návratnosti (PP) určuje, za jak dlouho se investice vrátí bez ohledu na vliv jakékoli úrokové míry. Jedná se o podíl mezi vstupním výdajem a roční úspoře nákladů. Jak je vidět ve výsledku, prostá doba návratnosti je u varianty č.1 skoro 24let, u varianty s dotací pak 11let, viz graf č. 3.

**Graf 3- Prostá doba návratnosti – PP**

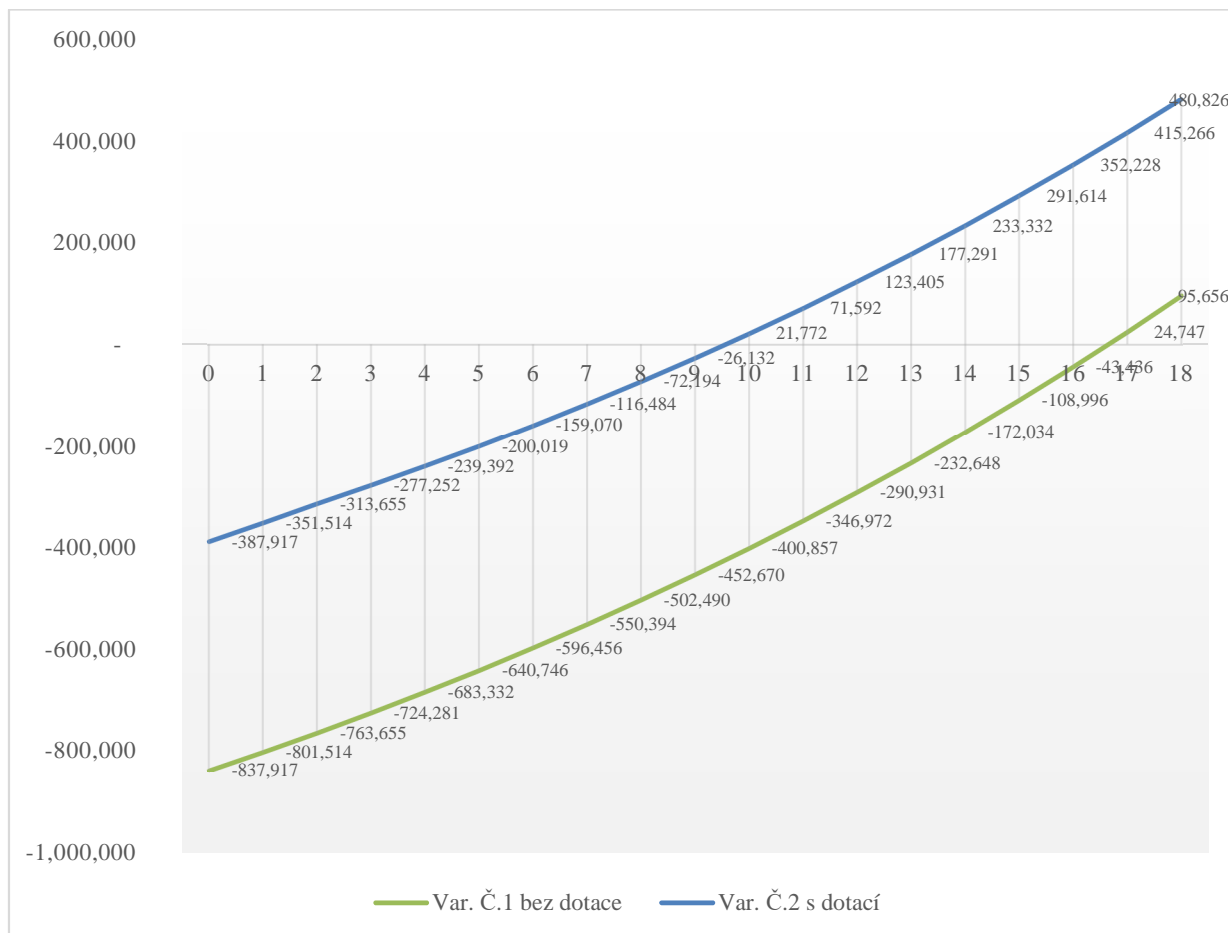


Zdroj: Autor

<sup>10</sup> Odvozeno z rozdílu vypočtených provozních nákladů obou variant, viz kap. 3.5

Pokud uvažujeme růst energií ročně o 4%, mění se nám v čase i výše úspory a tím i výpočet doby návratnosti. Doba návratnosti s růstem cen (DPP) se tak snižuje na 16 let u var. č.1 a 9 let u varianty s dotací, viz graf č.4.

**Graf 4- Doba návratnosti s průměrným ročním růstem cen energií 4%**



Zdroj: autor, příloha č.9

### 4.2.2 Metoda výpočtu vnitřního výnosového procenta – IRR

Vnitřní výnosové procento hodnotí výhodnost a efektivnost investice a udává relativní výnos (rentabilitu), kterou projekt během svého životního cyklu poskytuje. Varianta, která má větší vnitřní míru výnosu projektu je výhodnější než varianty s menší vnitřní mírou výnosu projektu. Hodnota vnitřního výnosového procenta se určuje iterativním postupem nebo na základě lineární interpolace, viz příloha č.9. U varianty číslo jedna, vychází IRR záporné - 2,71%, u druhé varianty pak kladné, 7,41%.

### **4.2.3 Metoda čisté současné hodnoty projektu - Net present value**

Tato metoda vyjadřuje celkovou současnou (tj. diskontovanou) hodnotu všech peněžních toků souvisejících s investicí. Je v ní zahrnuta doba životnosti projektu, i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu. Bere v úvahu časovou hodnotu peněz. Výsledná hodnota udává, kolik peněz realizace investice podniku přinese. Pokud vyjde NPV kladné, je projekt přípustný. Diskontní míra byla zvolena na 1,5%.

U varianty č. 1 je v horizontu 15let čistá současná hodnota v záporné rovině, konkrétně -243 284Kč. U varianty s dotací je pak NPV kladné, 200 065 Kč.

## 5 Závěr

Účelem této diplomové práce bylo vytvořit ucelený přehled z prostředí problematiky energeticky úsporných staveb, nastínit historický vývoj a vysvětlit jednotlivé rozdíly mezi definicemi, metodami a požadavky. Cílem bylo ilustrovat tyto poznatky na příkladu z praxe, kde byl autorem navržen a posouzen rodinný dům, ve variantě nízkoenergetického a pasivního standardu, u kterého byly vyčísleny dopady jak ekonomické, tak i dopady enviromentální. Následně byly obě varianty porovnány a vyhodnoceny.

Navržený objekt se lišil pouze ve stavebně technologickém provedení, aby splňoval předepsaná kritéria a tepelně technické vlastnosti konstrukcí, dle platných požadavků na jednotlivé energetické standardy. **Z položkového rozpočtu dle aktuální databáze URS Praha 2018 byl zjištěn rozdíl v pořizovacích nákladech s nárůstem u varianty pasivního domu o 13,8 procenta. Energetická náročnost varianty pasivního domu ovšem značně klesla a s ním i potřeby tepla a emise CO<sub>2</sub>. Tím došlo tedy k snížení ročních provozních nákladů o 63% proti variantě nízkoenergetického domu.**

Z těchto dat byla stanovena výše investice do jednotlivých řešení a byla vypočítána jejich návratnost. **U varianty dodatečné investice ve výši 837 917 Kč do pasivního domu vyšla prostá doba návratnosti 24let a doba návratnosti s uvažovaným růstem cen energií na 16 let.** Vnitřní výnosové procento vyšlo v záporné hodnotě. Celkově se efektivita investice jeví jako nedostatečná, i vzhledem k návratnosti delší než 10 let, po které vznikají další potenciální vícenáklady na údržbu a obnovu technologických zařízení objektu, které dále negativně ovlivňují výpočet.

**Navržená varianta pasivního domu ovšem splňuje přísná kritéria na stavbu rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností, v kategorii v B.2 pro udělení dotace Nová zelená úsporám ve výši 450 000 Kč. Tato podpora významně ovlivní výši investice a tím i její efektivnost. Prostá doba návratnosti je v tomto případě 16 let a doba návratnosti s uvažovaným růstem cen energií dokonce 9 let.** Vnitřní výnosové procento vychází v kladné hodnotě 7,4%. Tato návratnost už se jeví jako efektivní, vzhledem v uvažované životnosti technologických zařízení 10 let. Dalším přínosem je snížení emisí a dodané primární neobnovitelné energie.

Využití státních programů na podporu úspor energií se jeví jako opravdu efektivní nástroj pro dosahování zajímavých výsledků z ekonomického hlediska. Následně program Ministerstva životního prostředí plní svůj záměr zlepšení stavu životního prostředí snížením produkce emisí znečišťujících látek, dosahováním úspor energie a tím stimulovat ekonomiku ČR. S tím jsou spojené další sociální přínosy, kterými jsou například zvýšení kvality bydlení občanů, zlepšení vzhledu měst a obcí, nebo nastartování dlouhodobých progresivních trendů.

Tato práce splnila svůj cíl. Tvoří přehled informací z tohoto odvětví a poukazuje na významný potenciál úspor energie a snižování enviromentálního zatížení. Poskytuje budoucím stavebníkům příklad využití různých stavebně technických variant a vytváří datovou základnu výsledků, obsahující porovnání výpočtů a jejich dalších dopadů. **Finálním posláním této práce je motivace čtenářů k zájmu o trend udržitelného rozvoje lidských sídel, které povede ke zvýšení a zachování kvality životního prostředí pro další generace na lokální i celosvětové úrovni.**

# Seznam použitých symbolů a zkratek

|             |  |
|-------------|--|
| $e_A$       | měrná potřeba tepla na vytápění                                |
| LED         | light emitting diode   |
| PHPP        | passive house planning package                                 |
| TUV         | teplá užitková voda  |
| $M_{a,max}$ | maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok       |
| $M_i$       | faktor difúzního odporu vrstvy                                 |
| A           | plocha [ $m^2$ ]   |
| c           | měrná tepelná kapacita [ $Wh/m^2K$ ]                           |
| $d_i$       | tloušťka konstrukce [m]  |
| n           | intenzita výměny vzduchu [ $m^3/h$ ]                           |
| P           | tepelné ztráty/zisky [W]                                       |
| Q           | tepelné ztráty/zisky [kWh/a]                                   |
| R           | tepelný odpor konstrukce [ $m^2K/W$ ]                          |
| U           | součinitel prostupu tepla [ $W/m^2K$ ]                         |
| V           | objem [ $m^3$ ]  |
| $\lambda_i$ | tepelná vodivost [ $W/mK$ ]                                    |
| $\rho_c$    | tepelná kapacita [ $MJ/(m^3K)$ ]                               |
| $\eta$      | účinnost [%]   |
| $v$         | teplota [K]  |
| $Q_{f}$     | energie dodaná do budovy příslušným energonositelem            |
| $Q_{pN}$    | neobnovitelná primární energie a                               |
| $Q_{pC}$    | celková primární energie použitá příslušným energonositelem    |
| $Q_{f,H}$   | vypočtená spotřeba energie na vytápění                         |
| $Q_{f,C}$   | vypočtená spotřeba energie na chlazení                         |
| $Q_{f,RH}$  | vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu          |
| $Q_{f,F}$   | vypočtená spotřeba energie na nucené větrání                   |
| $Q_{f,W}$   | vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody              |
| $Q_{f,L}$   | vypočtená spotřeba energie na osvětlení                        |
| $Q_{f,A}$   | pomocná energie (čerpadla, regulace atd.)                      |
| $Q_{fuel}$  | celková dodaná energie   |
| $U_{N,20}$  | požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540 |

# Použité zdroje

1. **MURTINGER, K.** *Úsporný rodinný dům.* (str. 112) Praha 7 : Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6.
2. **EUROPEAN UNION.** *Fakta a čísla o Evropské unii.* [Online] 2018. [Citace: 9. 11 2018.] <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/home>.
3. **SMĚRNICE 2010/31/EU.** Směrnice Evropského parlamentu a Rady. [Online] 2010. [Citace: 9.11.2018.] <https://eur-lex.europa.eu>
4. **PONCAROVÁ, J.** *Náklady na vytápění domu.* Nalezeno.cz. [Online] 2012. [Citace: 27. 12 2018.] <https://www.nazeleno.cz/vetrani-s-rekuperaci-tepla-snizi-naklady-na-vytapeni-domu/>.
5. **ČEJKA, M.** *Energetické standardy budov* TZB info -. [Online] 2018. [Citace:22.11.2018] <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/346-energeticke-standardy-budov-nizkoenergeticky-standard>.
6. **KURNITSKI, J.** *Cost Optimal and Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB)* (str.4). London : Springer, 2013. ISBN 978-1-4471-5609-3.
7. **ČEJKA, M.** *Budovy s velmi nízkou energetickou náročností.* TBZ info. [Online] 2018. [Citace:12.10.2018]<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/348-energeticke-standardy-budov-budovy-s-velmi-nizkou-energetickou-narocnosti>.
8. **PODRUH, P.** *Český Ostrovní Dům* . [Online] 2018. [Citace: 12. 8 2018.] <http://www.ceskyostrovnidum.cz/>.
9. **RAYNOLDS, M.** *Earthship: How to Build Your Own.* USA : Solar Survival Architecture; , 1990. ISBN - 978-0962676703.
10. **SMOLA, J.** *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů.* (str.54) Praha : Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.
11. **K. BROTÁNKOVÁ, A. BROTÁNEK.** *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech.* Havlíčkův Brod : Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3969-4.
12. **RŮŽIČKA, V.** *Tzb info . Pasivní domy* . [Online] 2010. [Citace: 12. 9 2018.] <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/6817-pasivni-domy-na-veletrhu-for-arch>.
13. **PHPP.** *Passivhaus institut.* [Online] 2015. [Citace: 19. 9 2018.] <https://passiv.de/>.
14. **KABELE, K.** *Tzb info. Změna evropské směrnice o energetické náročnosti budov* . [Online] 2018. [Citace: 28. 11 2018.] <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>.



15. **ŠANCE PRO BUDOVY.** *Srovnání potřeby energie na budovy (rodinné domy) v České republice.* [Online] 2018. [Citace: 2. 10 2018.] <https://sanceprobudovy.cz/energeticke-standardy/>.
16. **ANTONÍN, J.** Tzb info . *Definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie.* [Online] 2018. [Citace: 9. 11 2018.] <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/345-definice-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-z-hlediska-zdroju-energie>.
17. **STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR.** *Nová zelená úsporám .* [Online] 2018. [Citace: 5. 12 2018.] <https://www.novazelenausporam.cz/>.
18. **SMĚRNICE EU 2018/844.** *Směrnice o energetické náročnosti budov.* [Online] 2018. [Citace:26.12.2018.]<https://eur-lex.europa.eu/legal->
19. **ZÁKON Č. ZÁKON O HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ. 406/2000Sb.,** [Online] 2000. [Citace: 26. 12 2018.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406#cast1-hlava1>.
20. **MINISTERSTVO PRŮMYSLU a obchodu. MPO-** *Energetická koncepce.* [Online] 2015. [Citace: 26. 12 2018.] <https://www.mpo.cz/>.
21. **HOSPODÁŘSKÁ KOMORA .** *Business info .* [Online] 2018. [Citace: 2. 11 2018.] <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/nova-vyzva-mpo-cili-na-energeticke-uspory-115432.html>.
22. **ŠANCE PRO BUDOVY.** *Energetická politika.* [Online] 2018. [Citace: 26. 12 2018.] <https://sanceprobudovy.cz/energeticka-politika/>.
23. **SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, R.** *Oceňování v rámci výstavbového projektu (propočty, položkové rozpočty).* Praha : ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05226-6.

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1 - Porovnání celkové potřeby energie RD pro energetické standardy ..... | 13 |
| Obrázek 2 - Ilustrativní vizualizace objektu, zdroj: autor.....                  | 30 |

## Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1 - Poměr dodané energie – Nízkoenergetický dům.....                | 44 |
| Graf 2 - Poměr dodané energie – Pasivní dům .....                        | 48 |
| Graf 3 - Prostá doba návratnosti – PP .....                              | 56 |
| Graf 4 - Doba návratnosti s průměrným ročním růstem cen energií 4% ..... | 57 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 - Porovnání požadavků jednotlivých energetických standardů .....             | 19 |
| Tabulka 2 - Normové hodnoty součinitele prostupu tepla.....                            | 20 |
| Tabulka 3- Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla .....              | 22 |
| Tabulka 4- Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie .....                        | 23 |
| Tabulka 5- Součinitele prostupu tepla obálky splňující různé hodnoty činitele fR ..... | 23 |
| Tabulka 6- Sledované parametry v programu Nová zelená úsporám .....                    | 24 |
| Tabulka 7- Základní statistické údaje o objektu .....                                  | 31 |
| Tabulka 8 - Vlastnosti konstrukcí – Nízkoenergetický dům.....                          | 34 |
| Tabulka 9 - Skladba – Obvodová stěna (od interiéru) .....                              | 34 |
| Tabulka 10- Skladba – Podlaha 1NP (od interiéru) .....                                 | 35 |
| Tabulka 11- Skladba – Střešní plášť (od interiéru):.....                               | 35 |
| Tabulka 12- Výplně otvorů – Nízkoenergetický dům .....                                 | 36 |
| Tabulka 13- Vlastnosti konstrukcí – Pasivní dům .....                                  | 37 |
| Tabulka 14- Skladba – Obvodová stěna (od interiéru) .....                              | 38 |
| Tabulka 15 - Skladba – Podlaha 1NP (od interiéru) .....                                | 38 |
| Tabulka 16 - Skladba – Střešní plášť (od interiéru).....                               | 39 |
| Tabulka 17- Výplně otvorů – Pasivní dům .....  | 39 |
| Tabulka 18- Rozložení měrných tepelných toků – Nízkoenergetický dům.....               | 42 |
| Tabulka 19- Přehled pro jednotlivé energonositele – Nízkoenergetický dům.....          | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 20 - Rozložení měrných tepelných toků – Pasivní dům.....       | 46 |
| Tabulka 21- Přehled pro jednotlivé energonositele – Pasivní dům.....   | 47 |
| Tabulka 22 - Rekapitulace rozpočtu – Nízkoenergetický dům .....        | 50 |
| Tabulka 23- Rekapitulace rozpočtu – Pasivní dům.....                   | 51 |
| Tabulka 24 - Vstupní údaje, Nízkoenergetický dům.....                  | 52 |
| Tabulka 25- Celkové provozní náklady, Nízkoenergetický dům.....        | 52 |
| Tabulka 26 - Vstupní údaje, Pasivní dům .....                          | 53 |
| Tabulka 27- Celkové provozní náklady, Pasivní dům.....                 | 53 |
| Tabulka 28 - Pořizovací náklady – Nízkoenergetický dům .....           | 54 |
| Tabulka 29- Pořizovací náklady – Pasivní dům.....                      | 54 |
| Tabulka 30 - Porovnání výsledných kritérií .....                       | 55 |
| Tabulka 31- Výsledky výpočtu efektivnosti a návratnosti investice..... | 56 |

# Přílohy

Přílohy 1-9 jsou uloženy na datovém nosiči přiloženém k diplomové práci

|             |  |
|-------------|--|
| Příloha č.1 | Projektová dokumentace na ohlášení stavby – Nízkoenergetický dům |
| Příloha č.2 | Projektová dokumentace na ohlášení stavby – Pasivní dům          |
| Příloha č.3 | Tepelně technické vlastnosti konstrukcí – Nízkoenergetický dům   |
| Příloha č.4 | Tepelně technické vlastnosti konstrukcí – Pasivní dům            |
| Příloha č.5 | Výpočet energetické náročnosti budovy – Nízkoenergetický dům     |
| Příloha č.6 | Výpočet energetické náročnosti budovy – Pasivní dům              |
| Příloha č.7 | Položkový rozpočet stavby – Nízkoenergetický dům                 |
| Příloha č.8 | Položkový rozpočet stavby – Pasivní dům                          |
| Příloha č.9 | Výpočet hodnocení investice                                      |