ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost

Jméno: Bc. Nicole Martínková

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloslav Mašek, CSc.

Studijní obor: Stavitelství

Rok zpracování: 2019

Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: **2018/2019**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Nicole MARTÍNKOVÁ**
Osobní číslo:	**A17N0108P**
Studijní program:	**N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor:	**Stavitelství**
Název tématu:	**Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost**
Zadávající katedra:	**Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování:

1. Provedení a porovnání staveb z konstrukčních hledisek v návaznosti na druh dané stavby.
2. Provedení porovnávací studie z ekonomicko-technologických ukazatelů pro tento druh staveb.
3. Vyspecifikujte porovnání mezi druhem těchto staveb v širších souvislostech.

Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost

Rozsah grafických prací:	**práce skládající se z výkresů a textových částí**
Rozsah kvalifikační práce:	**úvodní část 50 - 60 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce:	**tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **ČSN EN 1990 - Zásady navrhování stavebních konstrukcí.**
2. **Neufert P., Neff L.: Dobrý projekt - správná stavba. Bratislava, 2005.**
3. **kol. autorů: Konstrukce pozemních staveb. Praha, 1968.**

Vedoucí diplomové práce:	**Ing. Miloslav Mašek, CSc.** Katedra mechaniky
Datum zadání diplomové práce:	**2. července 2018**
Termín odevzdání diplomové práce:	**4. ledna 2019**

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka

L.S.

Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 2. července 2018

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Miloslava Maška, CSc. s pomocí literatury a za pomoci podkladových materiálů, které jsou uvedené v seznamu zdrojů mé diplomové práce.

V Plzni, dne 4.1.2019 …….

Nicole Martínková

Poděkování

Velmi bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Miloslava Maška, CSc. a odbornému konzultantovi Ing. Petrovi Keslovi, Ph.D. za konzultace, ve kterých mi věnoval nespočet důležitých rad, svůj čas a také svoji trpělivost.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině, která mě plně podporovala při studiu vysoké školy.

Anotace

Diplomová práce se zabývá rozborem staveb dle jejich energetické náročnosti. Hlavním bodem v teoretické části je rozbor pasivního domu, který je vnímán jako vzor pro budovy s požadavky na nízkou energetickou náročnost, ať se jedná o budovy nulové či energeticky ziskové.

Dalším tématem je udržitelná výstavba a budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Toto téma je v České republice velmi aktuální, jelikož klade nové požadavky na výstavbu, renovace a rekonstrukce budov.

Praktická práce vychází ze získaných podkladů, kterými jsou stavební výkresy pro pasivní domy. Jedná se o rozdílná materiálová řešení, přičemž první materiálové řešení je dřevostavba a druhé materiálové řešení je vápenopísková cihla. Pro každé materiálové řešení budou navrhnuty tři objekty tak, aby splňovaly odlišnou kategorii energetické náročnosti, ale zároveň se pracovalo se stejným konstrukčním řešením a se stejnými rozměry stavebního objektu.

V praktické části pro tyto varianty budou vypracovány energetické posudky, tepelné ztráty objektu, rozpočty staveb a posouzení jednotlivých skladeb z ekologického hlediska.

KLÍČOVÁ SLOVA:

pasivní dům, nulový dům, téměř nulová budova, udržitelná výstavba, energetická náročnost

Annotation

My thesis deals with the analysis of buildings according to their energy performance. The theoretical part analyses mainly the passive house that is seen as a representative house with a low energy performance. Passive houses can be zero houses or energy active houses.

Next topic is the sustainable construction and the buildings with almost zero energy consumption. This topic is particularly relevant now in the Czech Republic, because it makes new demands on construction, renovation and reconstruction of the buildings.

Practical work is based on the building plans for passive houses. There are two different material solutions - wooden house and calcium silicate masonry. For each type three objects are designed to fulfill different energy performance category with the same constructional solution and size of the building

In the practical part, energy assesments, heat losses of objects, buildings budgets and buildings assessments from the environmental point of view are drawn up for the above mentioned variations.

KEYWORDS:

passive house, zero house , almost zero house, sustainable construction, energy intensity

Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

Obrázek 1 Cíle dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov do roku 2020 21
Obrázek 2 Průkaz energetické náročnosti budovy 25
Obrázek 3 Energetický štítek obálky budovy zdroj..... 26
Obrázek 4 Srovnání energetických standardů 31
Obrázek 6 Charakteristické vlastnosti pasivního domu 34
Obrázek 7 Ideální osazení pasivního domu na pozemek zdroj 35
Obrázek 8 Tepelná izolace - detaily..... 37
Obrázek 9 Průvzdušnost stavebních konstrukcí..... 40
Obrázek 10 - Dopady tepelné izolace na životní prostředí 73

Tabulky:

Tabulka 1 - Faktor neobnovitelné primární energie; zdroj: Vyhláška 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov..... *24*
Tabulka 2 - Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy; zdroj: Vyhláška 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov..... *32*
Tabulka 3- Požadavky pro energeticky pasivní standardy dle TNI 73 0329 a dle TNI 730330..... *33*
Tabulka 4 – VPC pasivní standard, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla..... *46*
Tabulka 5 - VPC pasivní standard, strop, součinitel prostupu tepla..... *46*
Tabulka 6 - VPC *pasivní standard*, podlaha, součinitel prostupu tepla..... *47*
Tabulka 7 - VPC pasivní standard, vnitřní stěna 115 mm, součinitel pro..... *47*
Tabulka 8 - VPC pasivní standard, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla..... *47*
Tabulka 9 – VPC pasivní standard, obvodová stěna do garáže, součinitel prostupu tepla..... *47*
Tabulka 10 - VPC pasivní standard, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla..... *48*
Tabulka 11 - VPC pasivní standard, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla..... *48*
Tabulka 12 - VPC pasivní standard, střecha garáž, součinitel prostupu tepla..... *48*
Tabulka 13 – VPC pasivní standard, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla..... *48*
Tabulka 14 - VPC pasivní standard, tepelné ztráty objektu..... *50*
Tabulka 15 - VPC pasivní standard, rozpočet..... *51*
Tabulka 16 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele obvodové stěny..... *52*
Tabulka 17 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele stropní konstrukce..... *52*
Tabulka 18 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele podlahové konstrukce..... *52*
Tabulka 19 - VPC nulový dům, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla..... *53*
Tabulka 20 - VPC nulový dům, strop, součinitel prostupu tepla..... *53*
Tabulka 21 - VPC nulový dům, podlaha, součinitel prostupu tepla..... *54*
Tabulka 22 - VPC nulový dům, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla..... *54*
Tabulka 23 - VPC nulový dům, vnitřní stěna 115 mm, součinitel prostupu tepla..... *54*
Tabulka 24 - VPC nulový dům, obvodová stěna do garáže, součinitel prostupu tepla..... *54*
Tabulka 25 - VPC nulový dům, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla..... *55*
Tabulka 26 - VPC nulový dům, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla..... *55*
Tabulka 27 - VPC nulový dům, střecha garáž, součinitel prostupu tepla..... *55*
Tabulka 28 - VPC nulový dům, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla..... *55*
Tabulka 29 - VPC nulový dům, tepelné ztráty objektu..... *57*

Tabulka 30 - VPC nulový dům, rozpočet 58
Tabulka 31 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele obvodové stěny 59
Tabulka 32 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele stropní konstrukce 59
Tabulka 33 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele podlahové konstrukce 59
Tabulka 34 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla 60
Tabulka 35 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, strop, součinitel prostupu tepla 60
Tabulka 36 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha, součinitel prostupu tepla 61
Tabulka 37 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla 61
Tabulka 38 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna 115 mm, součinitel prostupu tepla 61
Tabulka 39 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna do garáže, součinitel prostupu tepla 61
Tabulka 40 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla 62
Tabulka 41 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla 62
Tabulka 42 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, střecha garáž, součinitel prostupu tepla 62
Tabulka 43 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla 62
Tabulka 44 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, tepelné ztráty objektu 64
Tabulka 45 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, rozpočet 65
Tabulka 46 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele obvodové stěny . 66
Tabulka 47 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele stropní konstrukce 66
Tabulka 48 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele podlahové konstrukce 66
Tabulka 49 - VPC, porovnání z tepelně technického hlediska 67
Tabulka 50 - VPC, porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla 68
Tabulka 51 - VPC, porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu 71
Tabulka 52 - VPC, porovnání hodnot obvodové stěny z hlediska ekologického 72
Tabulka 53- VPC, porovnání hodnot u stropní konstrukce z hlediska ekologického 72

Tabulka 54 - VPC, porovnání hodnot u podlahové konstrukce z hlediska ekologického 72
Tabulka 55 - VPC, porovnání hodnot pro obalové konstrukce budovy z hlediska ekologického 73
Tabulka 56 - VPC, závěrečný přehled 74
Tabulka 57 – Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla 77
Tabulka 58 - Dřevostavba pasivní standard, strop, součinitel prostupu tepla 77
Tabulka 59 - Dřevostavba pasivní standard, podlaha, součinitel prostupu tepla 78
Tabulka 60- Dřevostavba pasivní standard, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla 78
Tabulka 61 - Dřevostavba pasivní standard, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla 78
Tabulka 62 - Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla 79
Tabulka 63 - Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla 79
Tabulka 64 – Dřevostavba pasivní standard, střecha garáž, součinitel prostupu tepla 79
Tabulka 65 - Dřevostavba pasivní standard, tepelné ztráty objektu 81
Tabulka 66 - Dřevostavba pasivní standard, rozpočet 82
Tabulka 67 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele obvodové stěny 83
Tabulka 68 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele stropní konstrukce 83
Tabulka 69 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele podlahové konstrukce 83
Tabulka 70 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla 84
Tabulka 71 - Dřevostavba nulový dům, strop, součinitel prostupu tepla 84
Tabulka 72 - Dřevostavba nulový dům, podlaha, součinitel prostupu tepla 85
Tabulka 73- Dřevostavba nulový dům, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla 85
Tabulka 74 - Dřevostavba nulový dům, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla 85
Tabulka 75 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla 86
Tabulka 76 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla 86
Tabulka 77 - Dřevostavba nulový dům, střecha garáž, součinitel prostupu tepla 86
Tabulka 78 - Dřevostavba nulový dům, rozpočet 88
Tabulka 79 - Dřevostavba nulový dům, tepelné ztráty objektu 89
Tabulka 80 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele obvodové stěny 90
Tabulka 81 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele stropní konstrukce 90
Tabulka 82 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele podlahové konstrukce 90
Tabulka 83 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla 91
Tabulka 84 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, strop, součinitel prostupu tepla 91

Tabulka 85 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha, součinitel prostupu tepla *92*
Tabulka 86 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla *92*
Tabulka 87 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla *92*
Tabulka 88 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla *93*
Tabulka 89 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla *93*
Tabulka 90 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla *93*
Tabulka 91 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, střecha garáž, součinitel prostupu tepla *94*
Tabulka 92 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, tepelné ztráty objektu *97*
Tabulka 93 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, rozpočet *98*
Tabulka 94 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele obvodové stěny *99*
Tabulka 95 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele stropní konstrukce *99*
Tabulka 96 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele podlahové konstrukce *99*
Tabulka 97 – Dřevostavby, porovnání z tepelně technického hlediska *100*
Tabulka 98 - Dřevostavby, porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla *101*
Tabulka 99- Dřevostavby, porovnání z ekonomického hlediska *102*
Tabulka 100 - Dřevostavby, porovnání z hlediska tepelných ztrát *104*
Tabulka 101 - Dřevostavby, porovnání hodnost obvodové stěny z ekologického hlediska *105*
Tabulka 102 - Dřevostavby, porovnání hodnost stropní konstrukce z ekologického hlediska *105*
Tabulka 103 - Dřevostavby, porovnání hodnost stropní konstrukce z ekologického hlediska *105*
Tabulka 104 - Dřevostavby, porovnání hodnost z ekologického hlediska pro obalové konstrukce *106*
Tabulka 105 - Dřevostavba, závěrečný přehled *107*

Obsah

1 Udržitelná výstavba 19
1.1 Enviromentální aspekty 19
1.2 Ekonomické aspekty 20
1.3 Sociokulturní aspekty 21
1.4 Situace v České republice 21
1.5 Budova s téměř nulovou spotřebou energie 22
1.5.1 Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie 22
1.5.2 Hodnocení a průkaz energetické náročnosti budovy PENB 24
1.5.3 Energetická náročnost budovy 25
1.5.4 Energetický štítek obálky budovy 26
2 Energetické standardy budov 27
2.1 Energeticky soběstačné stavby 28
2.1.1 Energeticky nulový dům 28
2.1.2 Energeticky nezávislý dům 28
2.1.3 Energeticky plusový dům 29
2.2 Stavby bez požadavků na energetickou náročnost 29
2.2.1 Standardní dům 29
2.3 Nízkoenergetické stavby 30
2.3.1 Budova s téměř nulovou spotřebou energie 30
2.3.2 Nízkoenergetický dům 30
2.3.3 Dům s velmi nízkou energetickou náročností 30
2.3.4 Pasivní dům 30
2.4 Posouzení budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění 31
3 Pasivní dům 32
3.1 Požadavky pro pasivní dům 32
3.1.1 Dle kritérií Passivhaus Institut 32
3.1.2 Dle kritérií ČSN 730540 - 2 32
3.2 Koncepce pasivního domu 33
3.3 Tvar pasivního domu 34
3.4 Umístění pasivního domu 35
3.5 Konstrukční systémy pasivních domů 36
3.6 Izolace u pasivních domů 36
3.7 Tepelné mosty 38

3.8 Vlhkost ... 38
3.9 Větrání ... 39
3.10 Neprůvzdušnost ... 39
3.11 Vytápění ... 40
3.12 Okenní otvory ... 41
4 Rodinný dům z vápenopískových cihel ... 44
4.1 Popis objektu ... 44
4.1.1 Základní údaje ... 44
4.1.2 Základové konstrukce ... 44
4.1.3 Svislé konstrukce ... 44
4.1.4 Vodorovné konstrukce ... 44
4.1.5 Otvory ... 45
4.2 Pasivní dům – Vápenopísková cihla ... 46
4.2.1 Popis objektu ... 46
4.2.2 Tepelně technické posouzení ... 46
4.2.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 49
4.2.4 Tepelné ztráty objektu ... 50
4.2.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: ... 50
4.2.6 Rozpočet ... 51
4.2.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny ... 52
4.3 Nulový dům – Vápenopísková cihla ... 53
4.3.1 Popis objektu ... 53
4.3.2 Tepelně technické posouzení ... 53
4.3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 56
4.3.4 Tepelné ztráty objektu ... 57
4.3.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: ... 57
4.3.6 Rozpočet ... 58
4.3.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny ... 59
4.4 Dům bez požadavku na energetickou náročnost – Vápenopísková cihla ... 60
4.4.1 Popis objektu ... 60
4.4.2 Tepelně technické posouzení ... 60
4.4.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 64
4.4.4 Tepelné ztráty objektu ... 64
4.4.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: ... 64
4.4.6 Rozpočet ... 65

4.4.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny ... 66
4.5 Vápenopísková cihla- porovnání z jednotlivých hledisek ... 67
4.5.1 Porovnání z tepelně technického hlediska ... 67
4.5.2 Porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla ... 68
4.5.3 Porovnání z ekonomického hlediska ... 69
4.5.4 Porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu ... 71
4.5.5 Porovnání z hlediska ekologického ... 72
4.6 Závěrečný přehled u domů z vápenopískových cihel: ... 74
4.7 Rodinný dům dřevostavba ... 75
4.7.1 Základní údaje ... 75
4.7.2 Základové konstrukce ... 75
4.7.3 Stěnové konstrukce ... 75
4.7.4 Stropní konstrukce ... 75
4.7.5 Střešní konstrukce ... 76
4.7.6 Otvory ... 76
4.8 Dřevostavba- Pasivní standard ... 77
4.8.1 Popis objektu ... 77
4.8.2 Tepelně technické posouzení ... 77
4.8.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 80
4.8.4 Tepelné ztráty objektu ... 81
4.8.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: ... 81
4.8.6 Rozpočet ... 82
4.8.7 Ekologické ukazatele ... 83
4.9 Dřevostavba – Nulový dům ... 83
4.9.1 Popis objektu ... 84
4.9.2 Tepelně technické posouzení ... 84
4.9.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 87
4.9.4 Rozpočet ... 88
4.9.5 Tepelné ztráty objektu ... 89
4.9.6 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: ... 89
4.9.7 Ekologické ukazatele ... 90
4.10 Dřevostavba – bez požadavku na energetickou náročnost ... 91
4.10.1 Popis objektu ... 91
4.10.2 Tepelně technické posouzení ... 91
4.10.3 Průměrný součinitel prostupu tepla ... 96

4.10.4 Tepelné ztráty objektu 97
4.10.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 97
4.10.6 Rozpočet 98
4.10.7 Ekologické ukazatele 99
4.11 Porovnání dřevostavby z jednotlivých hledisek 100
4.11.1 Porovnání z tepelně technického hlediska 100
4.11.2 Porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla 101
4.11.3 Porovnání z ekonomického hlediska 102
4.11.4 Porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu 104
4.11.5 Porovnání z hlediska ekologického 105
Porovnání hodnot obvodové stěny z ekologického hlediska 105
Porovnání hodnot stropní konstrukce z ekologického hlediska 105
Porovnání hodnot podlahové konstrukce z ekologického hlediska 105
Porovnání hodnot z ekologického hlediska pro obalové konstrukce budovy 106
4.12 Závěrečný přehled u dřevostaveb: 107
5 Závěr 108
6 Seznam použité literatury 110
7 Podkladové materiály: 113
8 Použitý software 113
9 Přílohy diplomové práce 114

Úvod

Téma diplomové práce ,,Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost budovy“ bylo vybráno z důvodu, že se váže k aktuální situaci v oboru stavebnictví.

Práce je dělena na teoretickou a praktickou část, přičemž v teoretické části je vysvětlen pojem: ,,Udržitelná výstavba“ a její návaznost na energetickou náročnost stavebních objektů. Dále jsou v teoretické části práce charakterizovány a vysvětleny pojmy jednotlivých energetických standardů.

V praktické části jsou na základě získaných podkladů, kterými jsou stavební výkresy pasivních domů ve dvou materiálových řešeních, vypracovány energetické posudky, tepelné ztráty objektu, ekonomické rozpočty a ekologická posouzení skladeb tepelné obálky. Pro každé materiálové řešení jsou navrhnuty tři energetické standardy, které se zakládají na odlišných skladbách jednotlivých konstrukcí a rozdílných technologiích použitých pří výstavbě.

Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout a určit rozdíly mezi jednotlivými stavebními objekty různých energetických standardů, přičemž stavební objekt má stejné okrajové podmínky, tvar a rozměry. Dalším cílem je vysvětlení a přiblížení pojmů s tímto tématem spojených.

Hypotéza

Předpokládaná hypotéza pro diplomovou práci s tématem:,,Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost budovy“ spočívá v:

,,Budovy s nižší potřebou energie na vytápění mají větší ekonomickou náročnost při realizaci stavby, naopak menší při provozu stavby a méně zatěžují životní prostředí.“

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Teoretická část

Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost

1 Udržitelná výstavba

Aktuálním celosvětovým tématem je znečištění naší planety. K tomuto tématu se váže i globální oteplování, plýtvání a znečišťování pitné vody a neuvážené využívání půdy.

Jednou z hlavních příčin zhoršování stavu naší planety je činnost související se stavebním průmyslem. Stavebnictví, ať už při realizaci staveb nebo jejich následným provozem, spotřebovává 40% veškeré vyrobené energie v Evropské unii a produkuje přibližně 25 % celkových emisí oxidu uhličitého.

Proto je jedním z hlavních cílů zefektivnit tento obor lidské činnosti. Aby bylo dosaženo udržitelné výstavby, byly definovány tři hlavní aspekty:

1) Enviromentální
2) Ekonomický
3) Sociokulturní

1.1 *Enviromentální aspekty*

Do enviromentálních aspektů patří využití energie, práce s materiály, emise, odpady, voda a využití půdy.

Hlavním bodem v úspoře energie ve stavebnictví je vytváření nízkoenergetických a pasivních domů, domů nulových a domů se ziskem energie z obnovitelných zdrojů. Je zde kladen důraz na kvalitní návrhy budov, které se zabývají opatřeními, aby budova byla co nejvíce energeticky úsporná.

U materiálů převládá snaha o využití především materiálů z obnovitelných zdrojů. Dále je kladen důraz na návrh konstrukcí s dlouhou životností, uplatňování montovaných systémů, jejichž hlavní výhodou z environmentálního hlediska je jejich snadné odstranění. Neméně důležitou vlastností u materiálů je jejich recyklovatelnost a jejich opětované využití. Právě recyklovatelnost hraje velkou roli i u likvidace odpadů.

Snižování emisí je irelevantní v tom, že materiály, které mají výborné tepelně izolační schopnosti, a díky nim je možné, aby byly emise v průběhu provozu stavby nízké, mají vysoké environmentální dopady při jejich výrobě. Takovým případem je například pěnový polystyren.

Dalším zásadním problémem je znečišťování a plýtvání pitnou vodou. Snížení spotřeby pitné vody je možné díky zapracování návrhu na využití dešťové vody na provoz domácnosti.

S rostoucím počtem lidí na planetě a s rozrůstajícím se průmyslem ve všech odvětvích se zvyšuje výstavba nových stavebních objektů. To má za důsledek stálé využití nových území pro výstavbu, ale také znečišťování okolního prostředí. Možnost, jak efektivněji využívat půdu je rekonstrukce a revitalizace budov, návrh staveb dle vybudované infrastruktury, ale také využití ploch jako jsou střechy nebo plochy pod zemí. [1]

Dle environmentálního hlediska se posuzuje vázaná primární energie, svázané emise CO_2 a svázané emise SO_2. Množství těchto veličin využitých u stavebního objektu je závislé na tloušťce materiálu a jeho objemové hmotnosti. Metodika, díky níž jsou stanoveny hodnoty environmentální kvality produktu, se nazývá Life cycle assesement.

Vázaná primární energie vyjadřuje, kolik bylo nutno vynaložit energie na vytěžení, dopravu a výrobu materiálu. Celosvětové značení tohoto ukazatele je PEI a jednotkami jsou MJ/kg.

Svázané emise oxidu uhličitého CO_2 vyjadřují, kolik bylo uvolněno kilogramů tohoto plynu do atmosféry při výrobě daného materiálu. Přírodní suroviny jako je dřevo, mají zápornou hodnotu tohoto ukazatele z důvodu absorpce oxidu uhličitého při jejich růstu. Obsah oxidu uhličitého se sleduje z důvodu globálního oteplování naší planety.

Emise oxidu siřičitého SO_2 se podílejí na zakyselení životního prostředí. Přestože je v názvu oxid siřičitý, týká se tento ukazatel i jiných plynů, které ovlivňují tento škodlivý proces. Při navázání těchto plynů na vodní páry, vznikají takzvané kyselé deště, které poškozují vodní, půdní a lesní ekosystémy. [2] [3]

1.2 *Ekonomické aspekty*

K zajištění menší spotřeby energie v průběhu provozu stavby je velmi pravděpodobná vyšší počáteční investice při realizaci. Právě k tomuto slouží v České republice dotační programy jako je například Nová zelená úsporám. Pro získání dotací je však nutností splnit kritéria stanovená tímto programem.

Pokud se jedná o stavbu s vyšší životností konstrukce, automaticky se tím snižují finanční výdaje za demolici a případnou novou výstavbu objektu.

Ekonomika ve stavební sféře se netýká jen materiálů, stavebních objektů a jejich provozů, ale i zajištění pracovních příležitostí pro obyvatele. V Evropské unii je v tomto oboru zaměstnáno 7,5% obyvatel v produktivním věku.

1.3 *Sociokulturní aspekty*

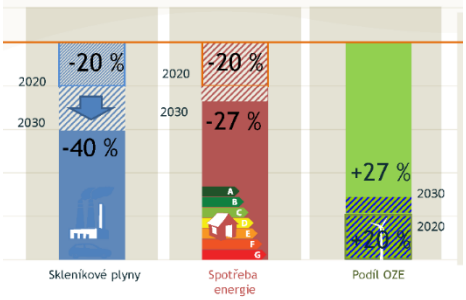
Sociokulturní aspekty se týkají funkčnosti, bezpečnosti a komfortu při užívání budov. Snahou je zajištění bezbariérových přístupů, ale také ochrana národních kulturních památek nebo využívání stávajících budov.

Bezpečnost je vždy na prvním místě, ať při realizaci, provozu nebo demolici stavby. Kromě návrhu materiálů, které nejsou pro člověka škodlivé, je důležité navrhnout stavbu s využitím materiálů tak, aby byla zajištěna maximální bezpečnost před požárem, hlukem, vandalstvím nebo před přírodními katastrofami.

Dalším bodem je využívání materiálů, které stát může sám sobě zajistit. Díky soběstačnosti se zmírní negativní vliv dopravy, ale i závislost v dodávce materiálů na jiné zemi. Důležité ze strany státu také je, aby investoval finanční prostředky do rozvoje, inovací a technologií. [1]

1.4 *Situace v České republice*

Členské státy, které přijaly směrnici 2010/31/EU, se zavázaly ke společnému snížení spotřeby energie a emise oxidu uhličitého minimálně o 20%, zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie minimálně o 20% v Evropské unii. Tyto cíle byly nastaveny do roku 2020 a budou porovnávány s hodnotami z roku 1990.



Obrázek 1 - Cíle dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov do roku 2020 zdroj: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15179-pohled-na-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-v-kontextu-soucas.cz

Dalším požadavkem, definovaným směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, je výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie.

Pro budovy, jejichž vlastníkem a uživatelem je orgán veřejné moci, platí požadavek na výstavbu budov s téměř nulovou spotřebou energie od začátku roku 2016. Pro budovy, jejichž energeticky vztažná plocha je větší než 1500 metrů čtverečních, pro budovy s energeticky vztažnou plochou větší než 350 metrů čtverečních platí tento požadavek od začátku roku 2017 a pro budovy s menší energeticky vztažnou plochou než 350 metrů čtverečních je tento požadavek platný od začátku roku 2018.

Pro ostatní budovy platí výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie s energeticky vztažnou plochou větší než 1500 metrů čtverečních od začátku roku 2018, pro budovy s energeticky vztažnou plochou větší než 350 metrů čtverečních od začátku roku 2019 a pro všechny ostatní budovy bude platit tento požadavek od začátku roku 2020. [4]

1.5 *Budova s téměř nulovou spotřebou energie*

Budovu s téměř nulovou spotřebou energie si každý stát definuje podle svých kritérií. V České republice nemáme přesně stanovené požadavky na měrnou spotřebu tepla u budovy s téměř nulovou spotřebou energie jako je tomu u pasivního domu nebo u energeticky nulové budovy. Budova s téměř nulovou energií je definována pomocí referenční budovy, což znamená, že analyzovaný objekt se porovná s objektem, který je tvarově naprosto stejný, je stejně orientovaný k světovým stranám, ale je namodelovaný s rozdílnými vstupními parametry, které jsou dány legislativou.

Požadavky kladené na tento typ objektu lze dohledat ve vyhlášce 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (se změnou 230/2015 Sb.) [5]

1.5.1 Požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie

1) Nízká energetická náročnost

2) Snížení neobnovitelné primární energie

1) Nízká energetická náročnost

Pro definování nízké energetické náročnosti slouží součinitel f_R , který má hodnotu 0,7. Tento součinitel slouží pro snížení průměrného součinitele prostupu tepla budovou o 30 % oproti typu budovy, která by byla naprosto totožná, ale veškeré skladby konstrukcí by měla navrhnuté na požadovaný součinitel prostupu tepla jednotlivých skladeb uvedené v normě ČSN 730540-2.

Pro porovnání s hodnotami, které jsou uvedené ve stejné normě, ale jsou nazvané jako doporučené, je mezi těmito hodnotami minimální rozdíl. Výrazný rozdíl je viditelný u požadavku na okenní otvory, kde se hodnota liší o 0,15 W/m^2K. Právě u budovy s téměř nulovou spotřebou energie je požadavek na tepelnou izolaci oken přísnější.

Celkový požadavek na obálku budovy není příliš progresivním řešením.

2) Snížení neobnovitelné primární energie

Primární energie je energie, kterou je možno získat z přírodního zdroje bez zásahu člověka a jiných technologií.

Zdroj energie, který se v budově využívá, určuje jaká je spotřeba primární energie a zda je obnovitelná či neobnovitelná. Do obnovitelné primární energie patří sluneční záření, vítr nebo biomasa. Do neobnovitelné energie se řadí černé uhlí, hnědé uhlí, ropa tedy v podstatě veškeré suroviny, jejichž délka vzniku v přírodě mnohonásobně převyšuje délku lidského života. [5]

Faktor neobnovitelné primární energie se značí F a jedná se o podíl mezi potřebou neobnovitelné primární energie a potřebou energie dodané na hranici budovy. Hodnoty jednotlivých faktorů jsou uvedeny ve vyhlášce 78/2013 Sb.

U budov s téměř nulovou spotřebou energie se musí snížit hodnoty pro neobnovitelnou primární energii a to u:

- Rodinných domů o 25%
- Bytových domů o 20%
- Ostatních budov o 10 %

Snížení neobnovitelných primárních energií je možné díky využití jiných zdrojů energie. Variant je velké množství, lze zvolit zdroj energie s vyšší účinností nebo lze využít zdroje s jinými energonositeli.

Ke snížení neobnovitelných primárních energií přispívá i průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy, jelikož ovlivňuje měrnou potřebu energie na vytápění stavebního objektu. [5] [6]

Palivo / energie	F
Zemní plyn, černé uhlí, hnědé uhlí	1,1
Propan-butan, LPG, topný olej	1,2
Elektřina	3
Dřevěné peletky	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina, teplo)	0
Elektřina – dodávka mimo budovu	−3,0
Teplo – dodávka mimo budovu	−1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s podílem OZE > 80 %	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s podílem OZE mezi 50 % a 80 %	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s podílem OZE < 50 %	1
Ostatní neuvedené energonositele	1,2

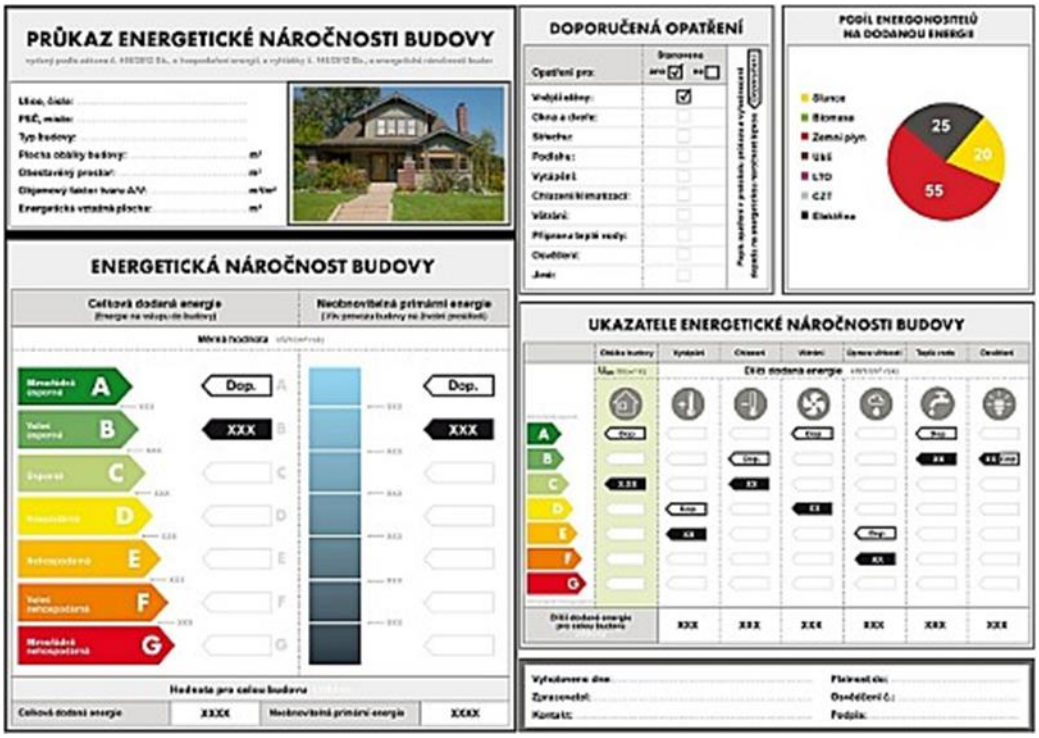
Tabulka 1 - Faktor primární energie

1.5.2 *Hodnocení a průkaz energetické náročnosti budovy PENB*

Dalším zavedeným opatřením je průkaz energetické náročnosti budov. K průkazu energetické náročnosti budovy neboli PENB se vztahuje zákon č.406/2000 Sb. Jeho novelou je zákon č.318/2012 Sb.. Dalším právním dokumentem vztahující se k této problematice je provádějící vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budovy.

Průkaz energetické náročnosti budovy slouží pro přesnější představu investora o hospodárnosti zájmového objektu. Je potřeba jej vyhotovit při koupi, rekonstrukci nebo pronájmu stavebního objektu. [7]

.



Obrázek 2- Průkaz energetické náročnosti budovy zdroj: https://www.tzb-energ.cz/penb.html

Hodnotícím prvkem energetické náročnosti budovy je roční potřeba energie vztažená k jednomu metru čtverečnímu v porovnání s budovou referenční.

K vyhodnocení a vytvoření průkazu energetické náročnosti budovy je nutno doložit podklady – situaci stavby, technickou zprávu TZB, půdorysy, řezy a pohledy stavebního objektu a technickou zprávu.

1.5.3 Energetická náročnost budovy

,,Energetickou náročností budovy se rozumí u existujících staveb množství energie skutečně spotřebované, u projektů nových staveb nebo projektů změn staveb, na něž je vydáno stavební povolení, to je vypočtené množství energie pro splnění požadavků na standardizované užívání budovy, zejména na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a úpravu parametrů vnitřního prostředí klimatizačním systémem a osvětlení.“[1]

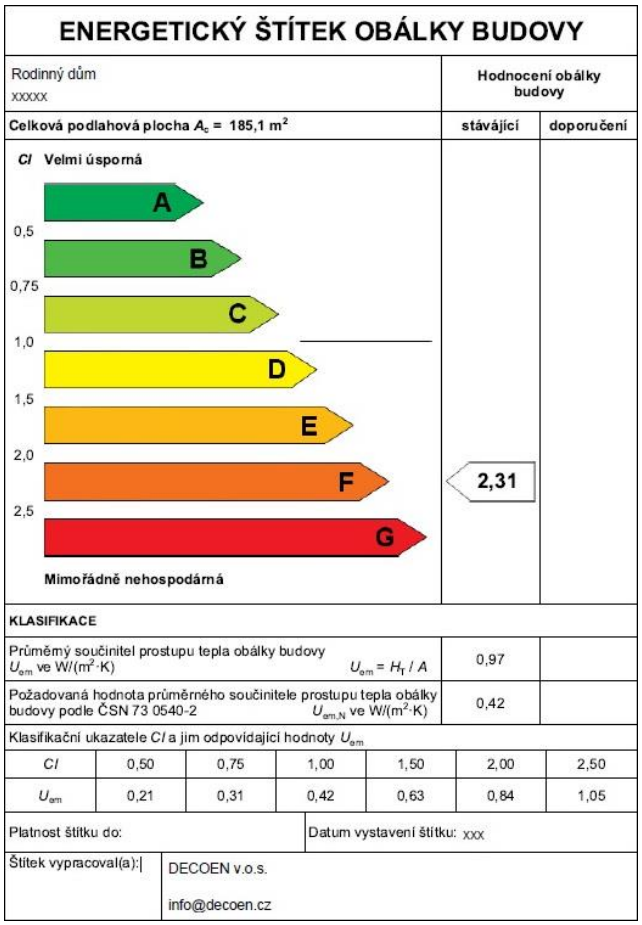
[1] (Vyhláška č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov, 2013)

1.5.4 *Energetický štítek obálky budovy*

Průkaz energetické náročnosti budovy se velmi často zaměňuje s energetickým štítkem obálky budovy. Hlavním rozdílem, jak již název napoví je, že energetický štítek obálky budovy hodnotí kvalitu obalových konstrukcí. Jedná se tedy o posouzení tepelně-technických vlastností jednotlivých skladeb konstrukcí budovy.

Do výpočtu opět vstupuje objemový faktor budovy, což je poměr mezi plochou všech obalových konstrukcí oproti objemu budovy. Tento parametr je velmi důležitý, jelikož je přímo úměrný vůči energetické náročnosti budovy. Čím vyšší je objemový faktor, tím větší je nárok na kvalitu obalových konstrukcí stavebních objektů.

A proč se energetický štítek budovy vyhodnocuje? Důvod je prostý-určuje totiž jaké bychom mohli mít energetické úspory, když by se na stavebním objektu zlepšily tepelně izolační vlastnosti obálky budovy. [9]



ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Rodinný dům xxxxx	Hodnocení obálky budovy	
Celková podlahová plocha A_c = 185,1 m²	**stávající**	**doporučení**

CI **Velmi úsporná**

A — 0,5 — B — 0,75 — C — 1,0 — D — 1,5 — E — 2,0 — F — 2,5 — G

2,31

Mimořádně nehospodárná

KLASIFIKACE		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve W/(m²·K) $U_{em} = H_T / A$	0,97	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve W/(m²·K)	0,42	

Klasifikační ukazatele *CI* a jim odpovídající hodnoty U_{em}

CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,21	0,31	0,42	0,63	0,84	1,05

Platnost štítku do:	Datum vystavení štítku: xxx
Štítek vypracoval(a):	DECOEN v.o.s. info@decoen.cz

Obrázek 3- Energetický štítek obálky budovy zdroj: http://www.decoen.cz/energeticky-stitek-vs-penb/

2 Energetické standardy budov

Za rozvoj budov posuzovaných podle energetických náročností vděčíme nejen udržitelné výstavbě, ale také díky pokročilým technologiím a zlepšující se ekonomické situaci. Pro obytné budovy se téměř vždy shodují základní požadavky, jako je například vnitřní teplota. I přesto, že požadavky pro komfortní bydlení jsou téměř totožné, velké rozdíly se nachází v dodané energii do stavebního objektu. V České republice není žádný ze standardů legislativně závazný. [10]

Stavební objekty lze obecně rozdělit:

1) Energeticky soběstačné stavby
   - Energeticky nulový dům
   - Energeticky plusový dům
   - Energeticky nezávislý dům

2) Nízkoenergetické stavby
   - Nízkoenergetický standard
   - Dům s téměř nulovou spotřebou energie
   - Dům s velmi nízkou energetickou náročností
   - Pasivní standard

3) Stavby bez požadavků na energetickou náročnost
   - Standardní dům

2.1 *Energeticky soběstačné stavby*

U energeticky soběstačných staveb je kladen velký důraz na měrnou potřebu energie na vytápění. Všechny tyto typy energeticky soběstačných staveb vychází z konstrukcí a požadavků na jednotlivé skladby pro pasivní domy. Velmi důležitý je kvalitní návrh stavebního objektu, precizní realizace a předcházení negativním vlivům jako jsou zejména tepelné mosty.

Hlavním rozdílem oproti pasivním domům je množství primárních energií dodaných do budovy. Důležitou roli zde hrají technologie, které zajišťují výrobu elektrické energie a ohřev tepelné vody. Ohřev vody je možný pomocí velkoplošných solárních kolektorů a vyrobená energie fotovoltaickými systémy, se buď uchovává v bateriích nebo se vrací zpátky do distribuční sítě. Dalším možným způsobem vlastní výroby elektrické energie je větrná turbína.

Nulový, energeticky nezávislý a plusový dům vycházejí z konceptu pasivního domu. Pozitivním přínosem u všech těchto typů budov je jejich možnost výroby elektrické energie bez znečišťování životního prostředí, jelikož při výrobě není produkován oxid uhličitý.

2.1.1 Energeticky nulový dům

Energeticky nulový dům je budova, která je energeticky soběstačná. Soběstačnost znamená, že je splněna rovnost mezi vyrobenou a spotřebovanou primární energií.
Neznamená to však, že tento typ objektu je v každém momentu sám sobě energeticky soběstačný, jedná se o roční hodnoty spotřeby energie.

Požadavek u nulového domu na měrnou potřebu vytápění je menší nebo rovný 5kWh/m^2 rok. Výpočet roční potřeby energie se provádí je možno provést ve dvou úrovních. Přičemž rozdíl výpočtu mezi těmito dvěma úrovněmi je v započítání elektrické energie k využití domácích spotřebičů. [10] [11]

2.1.2 Energeticky nezávislý dům

Dalším označením, se kterým je možné se setkat, je energeticky nezávislý dům. Rozdíl energeticky nezávislého domu a nulového domu spočívá v tom, že energeticky nezávislý dům není napojen na veřejnou elektrickou síť. Proto tento dům musí být v jakémkoliv okamžiku během roku energeticky soběstačný.

Jelikož je výroba elektrické energie pomocí fotovoltaiických systémů v letním období přebytková a v zimním období může být výroba nedostatečná, energeticky nezávislý dům využívá akumulační technologie jako jsou tepelné zásobníky nebo elektrické akumulátory pro zachování soběstačnosti. [10]

2.1.3 Energeticky plusový dům

Plusový dům se liší proti nulovému domu v nadefinování velikosti fotovoltaiických panelů. Ty jsou účelně dimenzovány tak, aby kromě výroby elektrické energie pro vlastní potřebu, vyráběly i přebytkovou elektřinu, která se bude odvádět do distribuční sítě.

U plusového domu jsou technologie obvykle namontovány na střechách a fasádách. [10] [13]

2.2 *Stavby bez požadavků na energetickou náročnost*

Výstavba staveb bez požadavků na energetickou náročnost nebude možná od začátku roku 2020. Jak již bylo zmíněno v kapitole ,,Udržitelná výstavba“ veškeré stavby budou muset splňovat požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie, které vychází z české legislativy implementující požadavky evropské směrnice

Výjimky se budou týkat budov s energeticky vztažnou plochou do 50 metrů čtverečních, objekty pro bohoslužby, kulturní památky, průmyslové a zemědělské budovy se spotřebou do 700 GJ.

Do staveb bez požadavků na energetickou náročnost spadají v podstatě všechny stavby, které se nedají zařadit do kategorií staveb podle energetické náročnosti. [12]

2.2.1 Standardní dům

Pojem standardní dům se používá pro domy, jejichž konstrukce nebyly navrhnuty dle doporučení, které zajišťují nízkou energetickou náročnost. U standardních rodinných domů se roční spotřeba energie pohybuje okolo 115 – 150 KWh/m^2, ale setkáváme se i s rodinnými domy, jejichž spotřeba energie je vyšší než 150 KWh/m^2.

Výhodou standardních domů jsou nízké pořizovací náklady, tyto domy ale mívají vyšší provozní náklady, a to především náklady na vytápění objektu.

2.3 *Nízkoenergetické stavby*

Do nízkoenergetických staveb patří pasivní dům, budova s téměř nulovou potřebou energie a dům nízkoenergetický. Zatímco pasivní i nízkoenergetický dům se specifikuje dle měrné potřeby energie na vytápění, budova s téměř nulovou potřebou tepla se posuzuje dle referenční budovy.

2.3.1 Budova s téměř nulovou spotřebou energie

Budova s téměř nulovou potřebou energie již byla podrobněji popsána v předchozí kapitole s názvem Udržitelná výstavba.

2.3.2 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetický standard byl definován jako první standard v České republice a to v roce 2011 ČSN 730540-2 a TNI 73 0329 pro domy rodinné a TNI 73 0330 pro domy bytové. Jako nízkoenergetický standard je definován stavební objekt, jehož měrná potřeba tepla na vytápění ≤ 50 kWh/m^{2}a. Dále jsou pro tento standard doporučovány další parametry jako je na příklad průměrný součinitel prostupu tepla nebo neprůvzdušnost obálky. Tato doporučení však nejsou závazné.

Doporučené požadavky pro nízkoenergetický standard:

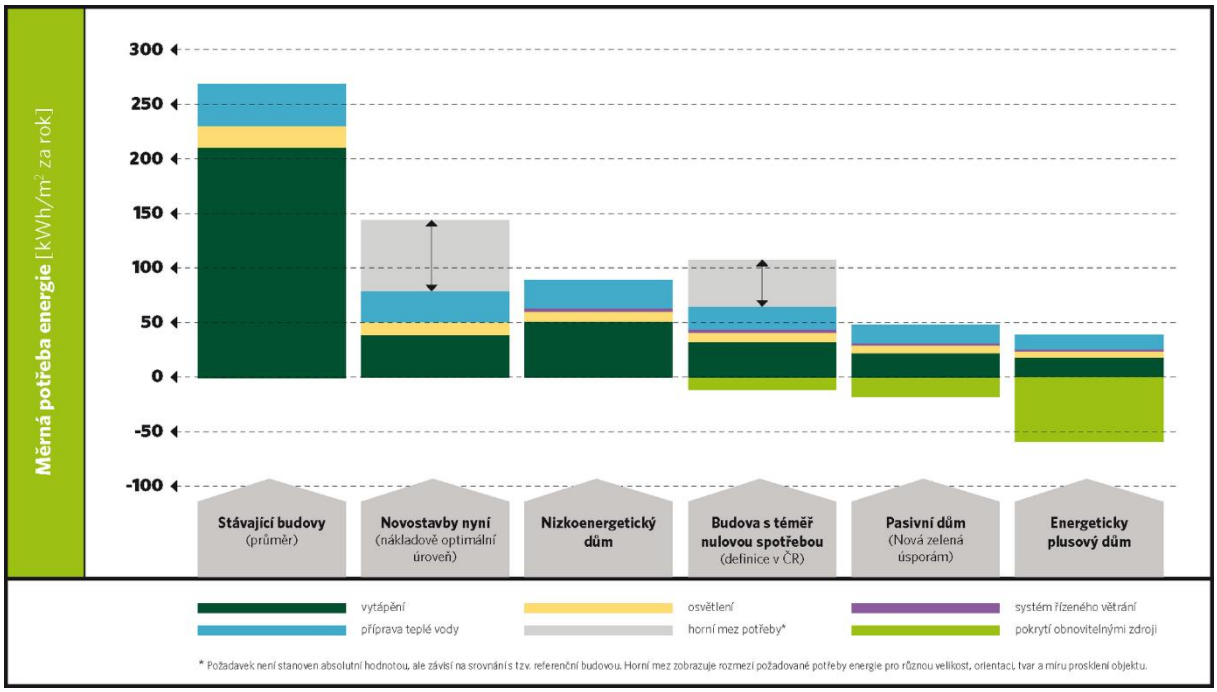
- $U_{em} \leq 0{,}75 * U_{em,N}$ [W/m^{2}K]
- $n_{50} = 1{,}5$ [1/h]

2.3.3 Dům s velmi nízkou energetickou náročností

Dům s velmi nízkou energetickou náročností je termín, který užívá dotační program Nová zelená úsporám. Požadovaná hodnota měrné potřeby energie na vytápění je ve dvou úrovních 15 kWh/m^{2}a a 20 kWh/m^{2}a. Od pasivního domu se liší způsobem výpočtu, který se řídí 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. [10] [13]

2.3.4 Pasivní dům

Tento typ objektu bude podrobněji rozebrán v samostatné kapitole nazvané ,,Pasivní dům“



Obrázek 4 -Srovnání energetických standardů zdroj: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/351-potreba-energie-pro-nzeb-srovnani-energetickych-standardu-s-nzeb.cz

2.4 *Posouzení budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění*

Pro posouzení budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění slouží metodika, která je dána v TNI 73 0329 pro rodinné domy a TNI 73 0330 pro domy bytové.

Rozdíl proti historickému posuzování, který se stanovoval podle ISO 13 790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění a spočíval v zahrnutí vstupních okrajových podmínek. Zatímco v TNI 73 0329 a v TNI 73 0330 se pracuje vždy se stejnými vstupními parametry, kterými jsou na příklad venkovní teploty nebo zisk tepla ze slunečního záření.

Dále se pracuje dle této metodiky jinak i s tepelnými pasivními zisky, které se vytvářejí díky osvětlení, působením spotřebičů a metabolického tepla. Tyto zisky se stanovují dle počtu osob v budově, přičemž na jednu osobu se váže 15 metrů čtverečních plochy a uvažuje se, že v objektu tráví 70% času.

Sjednocením vstupních parametrů se dosáhlo spravedlivějšího hodnocení stavebního objektu, jelikož nezáleží na jeho umístění v dané lokalitě. Je jasné, že objekty, které jsou budovány v lokalitách s příznivějšími a vyššími teplotami, budou mít vyšší solární zisky, což ovlivní výslednou měrnou potřebu energie na vytápění. [14]

3 Pasivní dům

Pasivní dům je termín, který se používá pro stavební objekty splňující kritéria, kterými je měrná roční potřeba tepla na vytápění, měrná roční potřeba primární energie a neprůvzdušnost obálky budovy. Tato kritéria byla určena institucí s německým názvem Passivhaus Institut.

Hlavním účelem objektu v pasivním domu je zajištění komfortního bydlení s minimem spotřebovaných zdrojů energie, z tohoto důvodu je ekonomicky výhodný pro jeho majitele. Kromě ušetřených financí za provoz domu, je výhodou zajištění kvalitní ovzduší v interiéru, kterého se dosahuje pomocí řízeného větrání. [11]

3.1 ***Požadavky pro pasivní dům***

3.1.1 Dle kritérií Passivhaus Institut

- Měrná roční potřeba tepla na vytápění $\leq$ 15 kWh/(m^{2}a)
- Měrná roční potřeba tepla na chlazení $\leq$ 15 kWh/(m^{2}a)
- Neprůvzdušnost obálky budovy 0,6 1/h
- Měrná roční potřeba primární energie $\leq$ 120 kWh/(m^{2}a)
- Nejvyšší teplota v obytných místnostech $\leq$ 25°C více než 10% hodin v roce [14]

3.1.2 Dle kritérií ČSN 730540 - 2

- Měrná roční potřeba tepla na vytápění $\leq$ 15 kWh/(m^{2}a)
- Měrná roční potřeba primární energie $\leq$ 120 kWh/(m^{2}a)
- Neprůvzdušnost obálky budovy 0,6 1/h [15]

Přičemž měrná potřeba tepla na vytápění se stanoví dle ČSN 73 0540- 2, A.5.3 : ,,Hodnoty potřeby tepla na vytápění a dodané energie na vytápění se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790 s využitím vstupních údajů uvedených v TNI 73 0329 a TNI 73 0330“ [2]

[2] (ČSN 730540-2: Tepelná ochrana budov. Česká republika, 2011)

S rozdílnými požadavky a rozdílným způsobem výpočtu a s rozdílnými požadavky pro pasivní domy se setkáme v německé metodice pro pasivní domy a v českých technických normalizačních informacích, kde je termín vedený jako: ,,energeticky pasivní standard“.
Podle technických normalizačních informací:

- Pro rodinné domy - TNI 73 03 29
- Pro bytové domy - TNI 73 03 30

Veličina	Rodinné domy	Bytové domy
Měrná potřeby tepla na vytápění E_A maximálně dle ČSN EN ISO 13790	20 kWh/m^2	15 kWh/m^2
Součinitel prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	dle doporučených hodnot ČSN 73 0540-2	dle doporučených hodnot ČSN 73 0540-2
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} nejvýše	0,22 W/m^{2}K	0,30 W/m^{2}K
Zajištění přívodu čerstvého vzduchu do všech pobytových místností	Ano	Ano
Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu minimálně	75%	70%
Neprůvzdušnost obálky budovy n_{50}	0,6 h^{-1}	0,6 h^{-1}
Nejvyšší teplota vzduchu v pobytové místnosti $\theta_{a,max}$ podle ČSN 73 0540-4, bez strojního chlazení	27 °C	27 °C
Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy PE_A maximálně	60 KWh/m^{2}a	60 KWh/m^{2}a

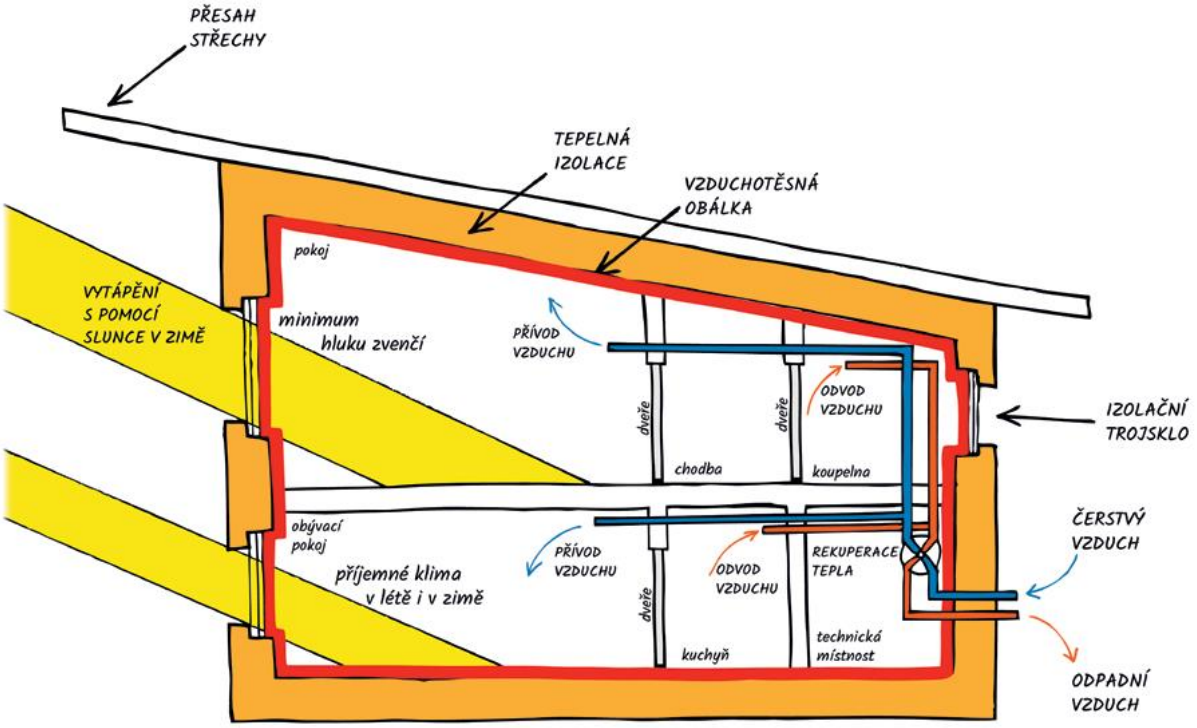
Tabulka 3- Požadavky pro energeticky pasivní standardy dle TNI 73 0329 a dle TNI 730330

3.2 *Koncepce pasivního domu*

Jedná se o dům, jehož hlavní myšlenkou je efektivní využití energie. Návrh pasivního domu je promyšlený do největšího detailu. Jako u každého stavebního objektu, i u pasivního domu, je velmi důležitý projekt. Právě v samotných počátcích přípravy projektu lze nejvíce ovlivnit ekonomiku v jednotlivých fázích, a to jak v době realizace projektu, tak v době užívání stavebního objektu. Projektová dokumentace by měla být vyhotovena vždy do největšího detailu, jelikož dle projektové dokumentace se provádí ocenění zakázky realizace stavby.

Termín pasivní dům byl odvozen ze způsobu využití energií, který dům získává z pasivních zisků jako je sluneční záření a z tepelných zisků vyprodukované lidmi a spotřebiči.

Pasivní dům je díky jeho nízké spotřebě energie přínosný pro jeho majitele především z ekonomického hlediska.



Obrázek 5 - Charakteristické vlastnosti pasivního domu

3.3 *Tvar pasivního domu*

Častá otázka, se kterou se setkáváme je, zda pasivní dům musí být ve tvaru krychle. Pasivní dům být ve tvaru krychle nemusí, velmi často se tak navrhuje z důvodu poměru ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy, což je jeden ze vstupů pro stanovení energetické náročnosti budovy. Čím menší poměr mezi těmito vstupními parametry vznikne, tím lepší jsou výsledky energetického hodnocení budovy. Doporučuje se, aby tento poměr nepřevýšil číslo 0,7.

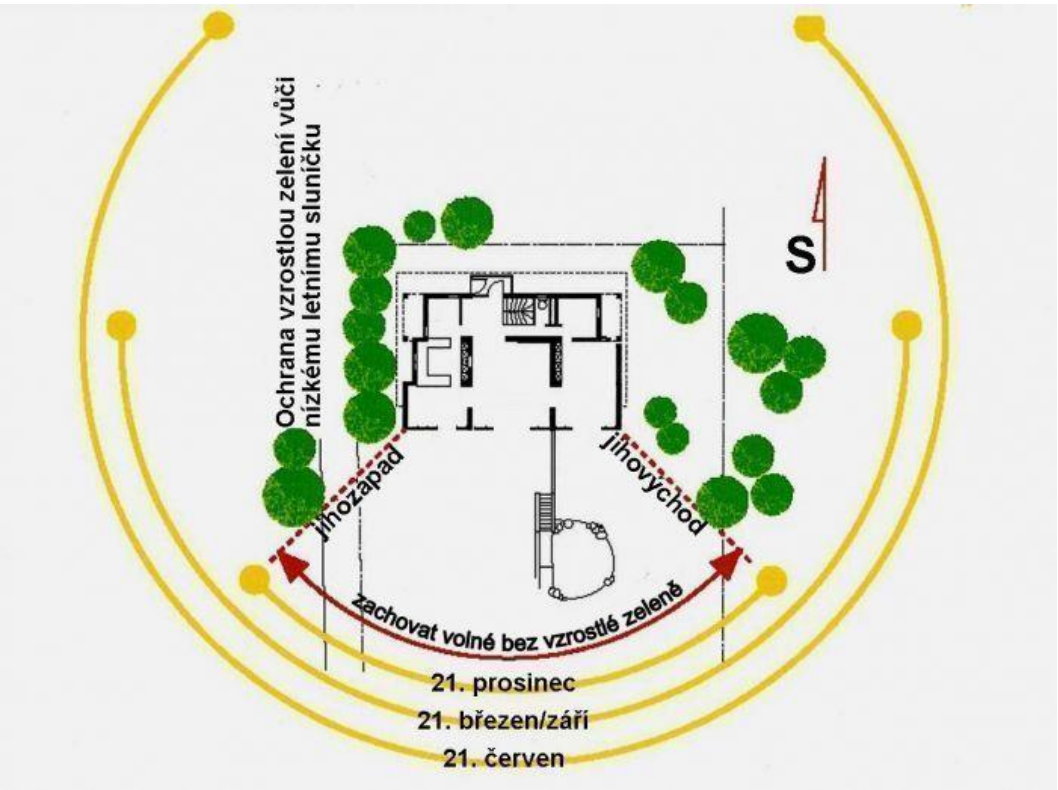
Ochlazované plochy zvyšují tepelné ztráty objektu. Právě z tohoto důvodu je výhodné stavět patrové budovy bez výčnělků.

Další výhodou u jednoduchého půdorysného tvaru stavebního objektu je snadnější a přesnější proveditelnost konstrukčních detailů, které hrají roli především u tepelných mostů.

3.4 *Umístění pasivního domu*

Co se týká umístění pasivního domu na pozemku, měl by být orientovaný tak, aby vnější konstrukce, které mají nejvíc oken či skleněných ploch byly orientovány na jižní stranu. Hlavním důvodem je zisk tepelné energie ze slunečního záření. V návrhu umístění stavebního objektu se nesmí zapomenout na posouzení zastínění od sousedních objektů.

Umístění pasivního domu do lokality má vliv z hlediska venkovní teploty vzduchu. Přibližně platí, že 1°C tvoří 3% tepelné ztráty. Další vliv, který musíme brát v úvahu, je větrná oblast, do které lokalita spadá. Čím vyšší je rychlost větru, tím vyšší vznikají tepelné ztráty díky infiltraci. [11] [16]



Obrázek 6 -Ideální osazení pasivního domu na pozemek zdroj: https://www.drevostavitel.cz/clanek/je-to-pasivni-drevostavba-1-dil

3.5 *Konstrukční systémy pasivních domů*

Pasivní domy a jejich nosné konstrukce nejsou omezeny žádným materiálovým řešením. Velkou roli hraje u tohoto typu objektu tepelná izolace z důvodu požadavku na nízký součinitel prostupu tepla u konstrukcí. Co se týče nosné konstrukce, důležitá je tloušťka materiálu bez přerušení, ekonomika a jednoduchá proveditelnost konstrukce.

U pasivních domů setkáme se všemi konstrukčními systémy nosných stěn, které mohou být tvořeny:

- Vápenopískovými tvárnicemi
- Pórobetonovými tvárnicemi
- Dřevěné panely nebo dřevěné sloupky
- Prefabrikované betonové panely
- Panely z OSB desek
- Keramické tvárnice

Velkým trendem v dnešní době jsou tvárnice vyplněné izolačními materiály, které se mimo jiné využívají i na založení první řady obvodového zdiva.

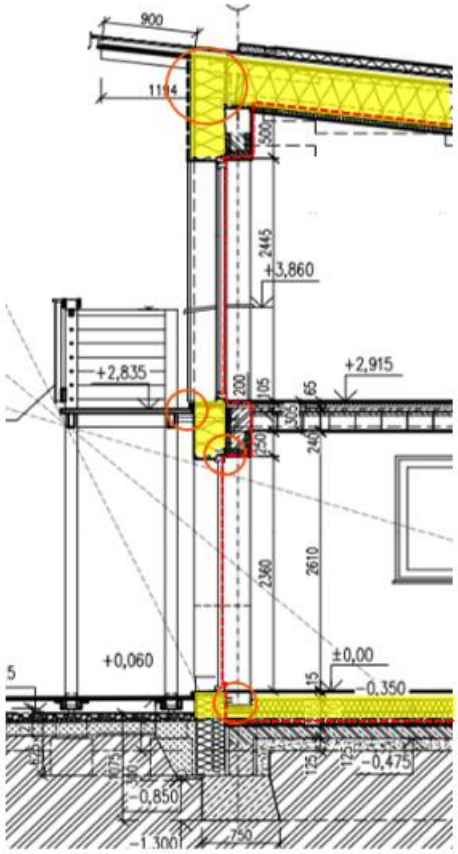
3.6 *Izolace u pasivních domů*

Tloušťka tepelné izolace musí být navržena tak, aby konstrukce splňovala požadavek na součinitel prostupu tepla U [W/m^{2}K], který je uvedený v ČSN 73 0540-2. Kromě požadavku na součinitel prostupu tepla, hraje tloušťka konstrukce roli i ve finanční stránce projektu. I 10 mm ušetřených v tloušťce svislé nosné konstrukce na jedno celé podlaží, zvyšuje cenu nemovitosti až v řádkách desetitisíců, a to především u větších objektů jako jsou bytové domy.

U pasivních domů se využívají tepelné izolace s nízkou tepelnou vodivostí. Mezi tento typ tepelné izolace patří například polyuretanová izolace, známá pod zkratkou PUR, polyisokyanurátová izolace neboli PIR, expandovaný polystyren s grafitem, který je známý jako šedý polystyren a extrudovaný polystyren XPS. Jako izolační materiály lze však použít veškeré materiály uvedené na trhu.

Mělo by se dbát na environmentální dopady při použití tepelných izolací. Proto by převážně měly být využité tepelné izolace přírodních materiálů. Mezi nejpoužívanější tepelné izolace však patří syntetické izolace, a to z důvodu jejich poměru izolačních vlastností vůči ceně. Právě syntetické materiály jako je například pěnový polystyren nebo polyuretan mají největší negativní dopady. Suroviny, ze kterých se polystyreny vyrábí patří totiž do neobnovitelných.

Ideální kotvení je nalepení tepelné izolace na nosnou konstrukci, v takovém případě uchycení nevznikají systematické tepelné mosty. Dalšími výhodami je nízká pracnost a při správném provedení i vysoká únosnost. Lepení tepelné izolace se využívá pro materiály na bázi polystyrenu nebo minerální vaty s kolmými vlákny. Dalšími způsoby uchycení tepelné izolace jsou mechanické kotvení nebo vložení tepelné izolace do vymezeného prostoru. Tepelná izolace hraje velkou roli právě u pasivních domů, protože na jejím bezchybném provedení závisí výsledná tepelná nepropustnost celé obálky objektu. [17]



Obrázek 7 Tepelná izolace - detaily zdroj: https://www.pasivnidomy.cz/z-ceho-postavit-pasivni-dum-vhodne-masivni-konstrukce/t4239.cz

3.7 *Tepelné mosty*

Jedná se o místo, kde je zvýšený tepelný tok. Znamená to, že v tomto místě dochází k velkým tepelným ztrátám.

Tepelné mosty vznikají v místech, kde se napojují konstrukce, například u uchycení okenního rámu nebo v místě atiky. Další příčinou vzniku jsou rozdílné tepelné toky způsobené geometrií stavby, tímto případem jsou rohy. S tepelnými mosty se můžeme setkat i u oslabení vrstvy tepelné izolace, příkladem může sloužit dřevěný rošt, jehož výztuhou jsou dřevěné sloupky. Právě v místech umístění sloupků je menší vrstva tepelné izolace, a proto zde vzniká tepelný most.

Jelikož tepelné mosty nezpůsobují jenom tepelné ztráty, ale díky nim vznikají i problémy s vlhkostí a následně i s kondenzací vodních par, je důležité, aby již při návrhu projektu ve fázi studie došlo k důkladnému promyšlení jednotlivých detailů konstrukce, kde by se tepelné mosty mohly vyskytovat. [11] [18]

3.8 *Vlhkost*

Vlhkost je jeden z faktorů, který ovlivňuje kvalitu ovzduší v domě. Při vysoké vlhkosti dochází k výskytu plísní. Prostředí, kde se nachází tyto nežádoucí plísně, je velmi nebezpečné jak pro děti, alergiky, tak pro zdravého dospělého člověka.

Princip vzniku kondenzace vlhkosti u tepelných mostů je takový, že v místě tepelných mostů se vzduch proudící z interiéru ochlazuje na povrchu konstrukce a zároveň se tím zvyšuje jeho relativní vlhkost, ta určuje poměr mezi skutečným obsahem vodních par a obsahem vodních par pro jeho určitou teplotu. V případě, že teplota klesá, je dosaženo nasycení vzduchu vodními parami a překročena hranice maximálního nasycení vzduchu, vzniká kondenzace par. Vnitřní povrchová teplota je další faktor ovlivňující výskyt plísní.

Optimální vlhkost v obytných prostorách se pohybuje okolo 50% relativní vlhkosti vzduchu, přičemž ve vlhkých prostorách jako je koupelna, je vlhkost vyšší. Naopak vlhkost nižší než 40% způsobuje vysychání dýchacích cest, dráždění očí a možnost zvýšeného rizika onemocnění respiračními chorobami. V ČSN 73 0540 se uvádí kritická hodnota relativní vlhkosti 80%.

Při nesprávném provedení konstrukce vlhkost narušuje tepelné a statické vlastnosti stavebního objektu a má za důsledek snížení životnosti budovy.

3.9 *Větrání*

Nedílnou součástí pasivních domů je kvalitní větrání v těchto objektech. To zajišťuje rekuperační jednotka, jedná se o řízený větrací systém.

Rekuperace znamená zpětné získávání tepla. Rekuperační jednotka slouží jako výměník vzduchu, přičemž z vnitřního prostředí odvádí odpadní vzduch, využívá jeho teplotu, kterou ohřívá vzduch nový, čerstvý. Jedná se o zařízení, které není hlučné, zajišťuje výměnu vzduchu bez průvanu a zvyšuje životní komfort obyvatel domu. Nevýhodou řízeného větrání jsou vysoké pořizovací náklady, ty jsou však investicí do samoobslužného systému zajišťující přísun čerstvého vzduchu bez znečištění a pylů.

Požadavek na účinnost rekuperace je minimálně 75 %. Rozvody pro přívod a odtah vzduchu se umisťují do podhledu, zatímco větrací jednotka se nejčastěji umisťuje do technické místnosti.

Větrání pomocí rekuperace zajišťuje přes 80% úspory energie oproti běžnému větrání otvory. [11] [19]

3.10 *Neprůvzdušnost*

Aby rekuperace správně fungovala a byla zajištěna správná výměna vzduchu, musí být zaručena neprůvzdušnost objektu. V případě, že se v konstrukci nachází netěsnosti, dochází k úniku vzduchu těmito spárami a nedochází k správnému řízenému větrání. Dalším problémem, který vzniká z důvodu nežádoucího větrání, je zvýšení tepelných ztrát a vlhkosti ve spárách, která má za následek vznik plísní, koroze a hub.

U pasivních domů je vzduchotěsnost jeden ze základních požadavků na funkčnost celé stavby. Aby bylo dosaženo u objektu co nejlepších výsledků týkajících se neprůvzdušnosti, je potřeba zhotovit kvalitní návrh jak tvaru konstrukce, tak materiálů (využití osvědčených těsnících materiálů), navrhnout kvalitně jednotlivé detaily konstrukce a správné provedení při konečné realizaci stavby.

Celkovou průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako hodnotu n50 [h^{-1}] celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Čím menší je tato hodnota, tím je větší vzduchotěsnost stavby. Pro pasivní dům s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla je hraniční hodnota 0,6 h^{-1}. Za jednu hodinu se tedy samovolně v budově nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu budovy. [18]

Obrázek 8 - Průvzdušnost stavebních konstrukcí, zdroj: http://www.pro-pasiv.cz/blower-door-test/

3.11 *Vytápění*

Vytápění je jednou z hlavních výhod u pasivních domů. Jelikož je měrná potřeba energie na vytápění pouze 15kWh/m^2rok, lze potřebnou energii získat při zpětném získáváním tepla z odváděného vzduchu rekuperační jednotkou. Dům je navrhnutý tak, aby většinu potřeby na vytápění využil z pasivních tepelných zisků, které vyprodukují lidé, spotřebiče nebo umělé osvětlení. Největší tepelné zisky tvoří sluneční záření.

U pasivního domu se mohou využít klasické otopné systémy, které jsou navržené podle tepelných ztrát objektu. Jelikož roční potřeba energie na vytápění je velmi nízká, doporučuje se z ekonomického hlediska více přemýšlet nad pořizovacími náklady, než nad náklady provozními.

Nejčastěji se u pasivních domů využívá kombinace nuceného větrání pomocí rekuperační jednotky a klasického vytápění. Právě klasické vytápění se navrhuje především do koupelen, a to v podobě podlahového vytápění nebo klasického topného žebříku. [16]

3.12 *Okenní otvory*

Základní funkcí okenního otvoru je propouštění denního světla do interiéru a zajištění přirozeného větrání v objektu. U pasivních domů díky rekuperaci není potřeba větrání okny, jelikož rekuperace zajišťuje pravidelnou výměnu vzduchu. U pasivních domů musí být zvolené okenní otvory tak, aby se předcházelo co nejvíce tepelným ztrátám. Okna, včetně rámů by měla být z kvalitního materiálu, musí splňovat požadavky, které jsou na ně stanovené:

- Součinitel prostupu tepla celého okna $U_w \leq 80$ W/(m2K)
- Zasklení pomocí trojskel $U_g \leq 70$ W/(m2K)
- Propustnost sluneční energie nad 50%

Dalším stanoveným požadavkem na okna je zabránění přehřívání interiéru. Aby okna nenapomáhala zvyšování teploty uvnitř budovy, a to především v letních dnech, musí být navržena opatření, která nebudou pouštět sluneční paprsky do objektu – žaluzie, markýzy a další návrhová řešení.

Kromě vlastností samotného okna je důležité jeho osazení do otvoru a umístění podle světových stran. Největší plochy oken se doporučují umístit na jižní stranu budovy. Jako doporučená hodnota plochy oken se doporučuje 1:4 – 1:6 podlahové plochy.

Okna musí být precizně osazena, aby bylo zabráněno vzniku tepelných mostů. Správné osazení oken záleží na tvaru stavebního otvoru, způsobu kotvení do konstrukce, správného provedení připojovací spáry a upevnění vnějšího a vnitřního parapetu, ostění a nadpraží. V projektové dokumentaci by neměl chybět detail osazení okna.

Velkou roli u oken hrají okenní rámy, které by měly obsahovat izolaci a minimálně tři těsnící roviny. Výrobci proto modernizují okenní rámy, snaží se je dělat nižší a se skrytým kováním, které nenarušuje vnitřní těsnění. [20]

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Praktická část

Rozbor energeticky soběstačných staveb, staveb v pasivním standardu a staveb bez požadavku na energetickou náročnost

Úvod k praktické části

Praktická část diplomové práce je zaměřena na konkrétní stavební objekty. Budou provedeny tři základní varianty, které se budou lišit materiálovým řešením. U těchto variant budou porovnány energeticky soběstačné stavby, stavby v pasivním standardu a stavby bez požadavku na energetickou náročnost. Jako energeticky soběstačná stavba, bude navrhnutý nulový dům.

K praktické části byly získány, jako podkladové materiály, projektové dokumentace staveb v pasivním standardu. Právě z těchto jednotlivých projektových dokumentací domů v pasivním standardu budou odvozeny ostatní typy domů odlišných energetických náročností. Pro jednotlivé materiálové řešení bude zanechán půdorysný tvar objektu pro varianty s odlišnými energetickými nároky. Snaha bude vytvořit co nejvíce totožné stavební objekty s minimálními rozdíly.

Pro stavební objekty budou navrhnuty nové typy skladeb, takové, aby vyhovovaly konkrétním požadavkům. Kromě konstrukcí, velkou roli mají i vlastnosti okenních výplní a technologie jako jsou tepelné čerpadlo nebo fotovoltaický systém.

Jednotlivé stavební objekty byly posouzeny v programu:

- Teplo
- Energie
- Kros
- Ztráty

Posudky byly zhotoveny pro:

1) Vápenopískovou cihlu – pasivní standard
2) Vápenopískovou cihlu – nulový dům
3) Vápenopískovou cihlu – dům bez požadavku na energetickou náročnost
4) Dřevostavba – pasivní standard
5) Dřevostavba – nulový dům
6) Dřevostavba – dům bez požadavku na energetickou náročnost

4 Rodinný dům z vápenopískových cihel

4.1 ***Popis objektu***

4.1.1 Základní údaje

Rodinný dům se nachází v obci Kunice, v katastrálním území Čekanice u Tábora. Vstup na pozemek je ze severní a ze západní strany, kde jsou přilehlé komunikace.
Rodinný dům je nepodsklepený objekt s jedním nadzemním podlaží. Dům je zastřešený valbovou střechou. Účelem této stavby je bydlení. Rodinný dům má půdorysný obdelníkový tvar o rozměrech 10,45 x 16,725 metrů. K objektu je přilehlá garáž o rozměrech 6,415 x 9,41 m. Garáž a rodinný dům nejsou propojeny žádným otvorem.

4.1.2 Základové konstrukce

Objekt je založený na základových pasech šířky 600 mm a garážové stání je založeno na základových pasech šířky 500 mm, beton je třídy C 20/25. Dále je vybetonovaná podkladní deska tloušťky 150 mm, která má při horním i při spodním povrchu síťovou výztuž Ø8 – 150 x 150 mm. Základová spára musí být minimálně 1000 mm pod upraveným terénem. Hydroizolace je z modifikovaného asfaltového pásu a je vytažena minimálně 200 mm nad úroveň terénu.

4.1.3 Svislé konstrukce

Jedná se o přízemní novostavbu, jejíž nosné konstrukce tvoří vápenopískové tvárnice ZAPF DAIGFUSS KS tloušťky 175 mm. Zateplení rodinného domu se mění ve variantách dle energetického požadavku. Nosné stěny garáže tvoří dvě tloušťky nosných stěn, 175 mm a 200 mm. Silnější nosná stěna je z důvodu překladu pro garážová vrata. Garáž je zateplena 80 mm polystyrenu EPS 70F. První řada tvarovek na základové desce bude tvořena tvárnicemi, které jsou vyplněné tepelnou izolací, konkrétně jsou použity tvárnice YTONG P4-500.

4.1.4 Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce je tvořená sádrokartonovým podhledem s nosnou konstrukcí z plechových profilovaných prvků zavěšených na nosné konstrukce střechy – dřevěných příhradových vaznících s OSB záklopem.

Střecha má sklon 23° a jedná se o střechu valbovou, nosná konstrukce je tvořena příhradovými vazníky, které budou kotveny do pozedního věnce podkroví. Mezi vazníky bude vložena tepelná izolace, která se bude lišit v jednotlivých variantách. Základ mezi vazníky bude tvořený OSB deskami. Střecha bude pokryta střešními taškami Tondach.

4.1.5 Otvory

Veškeré výplně otvorů u pasivního standardu a nulového domu mají izolační trojskla. U varianty domu bez požadavku na energetickou náročnost byla zvolena okna s izolačními dvojskly. Výrobce oken zaručuje parametry odpovídající v technických listech oken, dveří a francouzských oken

Vnitřní dveře jsou dřevěné a jsou osazené do obložkových zárubní.

4.2 *Pasivní dům – Vápenopísková cihla*

4.2.1 Popis objektu

- nosné stěny jsou z vápenopískových cihel tloušťky 175 mm a jsou zatepleny pomocí šedého pěnového polystyrenu tloušťky 300 mm. Tepelná izolace je na nosnou stěnu lepená

- strop je zateplený skelnou vatou o tloušťce 600 mm

- podlaha je zateplena pomocí šedého pěnového polystyrenu tloušťky 250 mm

- vytápění je zajištěno tepelným čerpadlem Nilan Compact a to ze 75 %, z 20 % je vytápění zajištěno pomocí krbových kamen a z 5 % elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

4.2.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,50	9,22	0,00	**0,11**
Tepelná izolace - šedý EPS	0,300	0,034	8,824				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 4 – VPC pasivní standard, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Vzduchová mezera	0,300	-	-	0,93	17,01	0,02	**0,08**
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	0,036	16,667				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 5 - VPC pasivní standard, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Beton hutný	0,065	1,230	0,053	0,33	7,59	0,00	**0,13**
PE fólie	0,000	0,350	0,001				
Šedý EPS 100	0,250	0,034	7,353				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 6 - VPC pasivní standard, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA tl. 115 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,115	0,860	0,134	0,125	0,414	0,000	**2,42**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 7 - VPC pasivní standard, vnitřní stěna 115 mm, součinitel pro

VNITŘNÍ STĚNA tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,185	0,483	0,000	**2,07**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 8 - VPC pasivní standard, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA DO GARÁŽE	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Šedý EPS	0,300	0,034	8,824	0,67	9,52	0,00	**0,10**
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,130				

Tabulka 9 – VPC pasivní standard, obvodová stěna *do garáže, součinitel prostupu tepla*

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 200 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,200	0,860	0,233	0,31	2,48	0,00	**0,40**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 10 - VPC pasivní standard, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,29	2,46	0,00	**0,41**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 11 - VPC pasivní standard, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla

PODLAHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Kletovaný beton	0,100	1,230	0,081				
PE fólie	0,000	0,350	0,001	0,20	2,79	0,00	**0,36**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,100	0,039	2,564				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 12 - VPC pasivní standard, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Sádrokartonový rastr	0,350	-	-				
Nosná konstrukce vyplněná tepelná izolace	0,180	0,039	4,615				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,025	0,150	0,167	0,61	6,01	0,05	**0,22**
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,002	0,390	0,005				
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,040	0,039	1,026				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 13 – VPC pasivní standard, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{pas,20}$) pro pasivní budovy

Obvodová stěna

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,11 < 0,18 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Strop

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,08 < 0,15 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Podlaha

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,13 < 0,22 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Skladby nevytápěné zóny – garáže jsou bez požadavku na součinitel prostupu tepla

4.2.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{,em}$:

- dle TNI 730329: 0,15 W/m^2K

4.2.4 *Tepelné ztráty objektu*

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Zádveří	20	7	21	**80**
1.2	Koupelna	24	6	17	**251**
1.3	Pokoj	20	12	34	**151**
1.4	Pracovna	20	11	32	**183**
1.5	Pokoj	20	13	36	**155**
1.6	Obytný prostor	22	45	127	**1379**
1.7	Ložnice	20	13	38	**158**
1.8	WC	20	3	7	**-83**
1.9	Koupelna	24	15	41	**591**
1.10	Tech. místnost	20	5	13	**22**
1.11	Chodba	20	12	33	**-40**
Součet:			141	399	**2847**

Tabulka 14 - VPC pasivní standard, tepelné ztráty objektu

4.2.5 *Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:*

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 15 kWh/m^2a

4.2.6 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**4 868 336,88**
HSV – Práce a dodávky HSV	**1 743 094,30**
1 - Zemní práce	88 793,35
2 - Zakládání	315 883,43
3 - Svislé a kompletní konstrukce	295 527,63
4 - Vodorovné konstrukce	58 571,47
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	718 529,74
8 - Trubní vedení	12 083,68
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	253 705,00
998 - Přesun hmot	80 343,34
PSV - Práce a dodávky PSV	**3 125 242,58**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	113 734,47
713 - Izolace tepelné	295 753,45
751 - Vzduchotechnika	239 500,00
762 - Konstrukce tesařské	326 227,38
763 - Konstrukce suché výstavby	187 357,06
764 - Konstrukce klempířské	72 112,37
765 - Krytina skládaná	268 764,73
766 - Konstrukce truhlářské	134 217,89
767 - Konstrukce zámečnické	461 476,96
7673 – Vnější výplně otvorů	379 232,00
771 - Podlahy z dlaždic	34 927,64
775 - Podlahy skládané	61 017,41
781 - Dokončovací práce – obklady	61 902,62
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	23 250,60
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	**235 000,00**
21-M – Elektromontáže	220 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000,00
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	12 000,00
2) Ostatní náklady	**170 391,79**
Zařízení staveniště	170 391,79
Celkové náklady za stavbu	**5 038 728,67**

Tabulka 15 - VPC pasivní standard, rozpočet

4.2.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP- ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**ρ [kg/m^3]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Vápenopískové cihly	0,175	1530	1,2791	0,1304	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Tepelná izolace - šedý EPS	0,300	15	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,015	2000	1,4596	0,2131	0,0003
Výsledná hodnota konstrukce			**906,709 MJ/m^2**	**62,515 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,136 kg SO_2 ekv./m^2**

Tabulka 16 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROPNÍ KONSTRIKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m^3]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,300	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**861,092 MJ/m^2**	**30,954 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,314 kg SO_2 ekv./m^2**

Tabulka 17 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHOVÁ KONSTRUKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m^3]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Beton hutný	0,065	2300	0,5749	0,1099	0,0002
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Šedý EPS 100	0,250	28	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**1130,479 MJ/m^2**	**62,636 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,206 kg SO_2 ekv./m^2**

Tabulka 18 - VPC pasivní standard, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.3 *Nulový dům – Vápenopísková cihla*

4.3.1 Popis objektu

- nosné stěny jsou z vápenopískových cihel tloušťky 175 mm a jsou zatepleny pomocí šedého pěnového polystyrenu tloušťky 300 mm, tepelná izolace je na nosnou stěnu lepená

- strop je zateplený skelnou vatou o tloušťce 600 mm

- podlaha je zateplena pomocí šedého pěnového polystyrenu tloušťky 250 mm

- vytápění je zajištěno tepelným čerpadlem Nibe 1245 (země/voda) a to ze 75 %, z 20 % je vytápění zajištěno pomocí krbových kamen a z 5% elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

4.3.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,50	9,22	0,00	**0,11**
Tepelná izolace - šedý EPS	0,300	0,034	8,824				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 19 - VPC nulový dům, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Vzduchová mezera	0,300	-	-	0,93	17,01	0,02	**0,08**
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	0,036	16,667				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 20 - VPC nulový dům, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Beton hutný	0,065	1,230	0,053	0,33	7,59	0,00	**0,13**
PE fólie	0,000	0,350	0,001				
Šedý EPS 100	0,250	0,034	7,353				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 21 - VPC nulový dům, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,185	0,483	0,000	**2,07**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 22 - VPC nulový dům, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA tl. 115 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,115	0,860	0,134	0,125	0,414	0,000	**2,42**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 23 - VPC nulový dům, vnitřní stěna 115 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA DO GARÁŽE	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Šedý EPS	0,300	0,034	8,824	0,67	9,52	0,00	**0,10**
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,130				

Tabulka 24 - VPC nulový dům, obvodová stěna do garáže, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,29	2,46	0,00	**0,41**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 25 - VPC nulový dům, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 200 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,200	0,860	0,233	0,31	2,48	0,00	**0,40**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 26 - VPC nulový dům, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Sádrokartonový rastr	0,350	-	-				
Nosná konstrukce vyplněná tepelná izolace	0,180	0,039	4,615				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,025	0,150	0,167	0,61	6,01	0,05	**0,22**
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,002	0,390	0,005				
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,040	0,039	1,026				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 27 - VPC nulový dům, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

PODLAHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Kletovaný beton	0,100	1,230	0,081				
PE fólie	0,000	0,350	0,001	0,20	2,79	0,00	**0,36**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,100	0,039	2,564				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 28 - VPC nulový dům, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{pas,20}$) pro pasivní budovy

Obvodová stěna

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,11 < 0,18 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Strop

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,08 < 0,15 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Podlaha

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,13 < 0,22 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Skladby nevytápěné zóny – garáže jsou bez požadavku na součinitel prostupu tepla

4.3.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{,em}$:

- dle TNI 730329: 0,13 W/m^2K

4.3.4 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Zádveří	20	7	21	**66**
1.2	Koupelna	24	6	17	**240**
1.3	Pokoj	20	12	34	**109**
1.4	Pracovna	20	11	32	**157**
1.5	Pokoj	20	13	36	**127**
1.6	Obytný prostor	22	45	127	**1165**
1.7	Ložnice	20	13	38	**116**
1.8	WC	20	3	7	**-83**
1.9	Koupelna	24	15	41	**563**
1.10	Tech. místnost	20	5	13	**12**
1.11	Chodba	20	12	33	**-40**
Součet:			141	399	**2431**

Tabulka 29 - VPC nulový dům, tepelné ztráty objektu

4.3.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 5 kWh/m^2a

4.3.6 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**5 168 416,88**
HSV – Práce a dodávky HSV	**1 743 094,30**
1 - Zemní práce	88 793,35
2 - Zakládání	315 883,43
3 - Svislé a kompletní konstrukce	295 527,63
4 - Vodorovné konstrukce	58 571,47
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	718 529,74
8 - Trubní vedení	12 083,68
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	253 705,00
998 - Přesun hmot	80 343,34
PSV - Práce a dodávky PSV	**3 425 322,58**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	113 734,47
713 - Izolace tepelné	295 753,45
751 - Vzduchotechnika	299 580,00
762 - Konstrukce tesařské	326 227,38
763 - Konstrukce suché výstavby	187 357,06
764 - Konstrukce klempířské	72 112,37
765 - Krytina skládaná	268 764,73
766 - Konstrukce truhlářské	134 217,89
767 - Konstrukce zámečnické	571 476,96
7673 – Vnější výplně otvorů	489 232,00
771 - Podlahy z dlaždic	34 927,64
775 - Podlahy skládané	61 017,41
781 - Dokončovací práce – obklady	61 902,62
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	23 250,60
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	**365 000,00**
21-M – Elektromontáže	350 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000,00
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	12 000,00
2) Ostatní náklady	**180 894,59**
Zařízení staveniště	180 894,59
Celkové náklady za stavbu	**5 349 311,47**

Tabulka 30 - VPC nulový dům, rozpočet

4.3.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP- ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Vápenopískové cihly	0,175	1530	1,2791	0,1304	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Tepelná izolace - šedý EPS	0,300	15	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,015	2000	1,4596	0,2131	0,0003
Výsledná hodnota konstrukce			**906,709 MJ/m²**	**62,515 kg CO_2 ekv./m²**	**0,136 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 31 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROPNÍ KONSTRIKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,300	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**861,092 MJ/m²**	**30,954 kg CO_2 ekv./m²**	**0,314 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 32 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHOVÁ KONSTRUKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Beton hutný	0,065	2300	0,5749	0,1099	0,0002
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Šedý EPS 100	0,250	28	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**1130,479 MJ/m²**	**62,636 kg CO_2 ekv./m²**	**0,206 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 33 - VPC nulový dům, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.4 *Dům bez požadavku na energetickou náročnost – Vápenopísková cihla*

4.4.1 Popis objektu

Stavební objekt bez požadavku na energetickou náročnost, jehož:

- nosné stěny jsou z vápenopískových cihel tloušťky 175 mm a jsou zatepleny pomocí pěnového polystyrenu, EPS tloušťky 200 mm, tepelná izolace je na nosnou stěnu lepená
- strop je zateplený skelnou vatou o tloušťce 200 mm
- podlaha je zateplena pomocí pěnového polystyrenu EPS 150 S tloušťky 150 mm
- vytápění je zajištěno pomocí plynového kotle a to ze 75 %, z 20 % je vytápění zajištěno pomocí krbových kamen a z 5% elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

4.4.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130	0,40	5,53	0,02	**0,20**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,200	0,039	5,128				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 34 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100	0,53	5,89	0,02	**0,19**
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Vzduchová mezera	0,300	-	-				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Isover UNIROL PROFI	0,200	0,036	5,556				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 35 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Beton hutný	0,065	1,230	0,053	0,23	4,29	0,00	**0,23**
PE fólie	0,000	0,350	0,001				
Isover EPS 150S	0,150	0,037	4,054				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 36 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,185	0,483	0,000	**2,07**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 37 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna 175 mm, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA tl. 115 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,115	0,860	0,134	0,125	0,414	0,000	**2,42**
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 38 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna 115 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA DO GARÁŽE	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Tenkovrstvá sádrová omítka	0,005	0,500	0,010				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,200	0,039	5,128	0,57	5,82	0,00	**0,17**
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,130				

Tabulka 39 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna do garáže, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 175 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,175	0,860	0,203	0,29	2,46	0,00	**0,41**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,020	0,990	0,020				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 40 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž 175 mm, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ tl. 200 mm	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015				
Vápenopískové cihly	0,200	0,860	0,233	0,32	2,49	0,00	**0,40**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,080	0,039	2,051				
Omítka vápenocementová	0,020	0,990	0,020				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 41 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž 200 mm, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Sádrokartonový rastr	0,350	-	-				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Nosná konstrukce vyplněná tepelná izolace	0,180	0,039	4,615	0,61	6,01	0,05	**0,22**
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,025	0,150	0,167				
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,040	0,039	1,026				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 42 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

PODLAHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Kletovaný beton	0,100	1,230	0,081				
PE fólie	0,000	0,350	0,001	0,20	2,82	0,00	**0,36**
Tepelná izolace - Polystyren pěnový, EPS	0,100	0,039	2,564				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 43 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s požadovanými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{N,20}$) a doporučenými hodnotami ($U_{rec,20}$)

Obvodová stěna

$U < U_{N,20}$

$0,20 < 0,30$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,20 < 0,25$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

Strop

$U < U_{N,20}$

$0,19 < 0,24$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,19 < 0,16$ [W/m^{2}K]

Nevyhovuje

Podlaha

$U < U_{N,20}$

$0,23 < 0,45$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,23 < 0,30$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

Skladby nevytápěné zóny – garáže jsou bez požadavku na součinitel prostupu tepla

4.4.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{,em}$:

- dle TNI 730329: 0,26 W/m^{2}K

4.4.4 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Zádveří	20	7	21	**266**
1.2	Koupelna	24	6	17	**719**
1.3	Pokoj	20	12	34	**541**
1.4	Pracovna	20	11	32	**518**
1.5	Pokoj	20	13	36	**532**
1.6	Obytný prostor	22	45	127	**3088**
1.7	Ložnice	20	13	38	**587**
1.8	WC	20	3	7	**-23**
1.9	Koupelna	24	15	41	**1715**
1.10	Tech. místnost	20	5	13	**163**
1.11	Chodba	20	12	33	**227**
Součet:			141	399	**8333**

Tabulka 44 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, tepelné ztráty objektu

4.4.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 54 kWh/m^{2}a

4.4.6 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**4 336 581,20**
HSV – Práce a dodávky HSV	**1 598 822,74**
1 - Zemní práce	88 793,35
2 - Zakládání	315 883,43
3 - Svislé a kompletní konstrukce	295 527,63
4 - Vodorovné konstrukce	58 571,47
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	623 158,18
8 - Trubní vedení	12 083,68
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	204 805,00
998 - Přesun hmot	80 343,34
PSV - Práce a dodávky PSV	**2 737 758,46**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	113 734,47
713 - Izolace tepelné	167 178,93
762 - Konstrukce tesařské	268 817,78
763 - Konstrukce suché výstavby	187 357,06
764 - Konstrukce klempířské	72 112,37
765 - Krytina skládaná	268 764,73
766 - Konstrukce truhlářské	134 217,89
767 - Konstrukce zámečnické	416 476,96
7673 – Vnější výplně otvorů	334 232,00
771 - Podlahy z dlaždic	34 927,64
775 - Podlahy skládané	61 017,41
781 - Dokončovací práce – obklady	61 902,62
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	23 250,60
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
723 - Zdravotechnika – vnitřní plynovod	17 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
731 - Ústřední vytápění - kotelny	78 000,00
733 - Ústřední vytápění - potrubí	43 000,00
734 - Ústřední vytápění - armatury	12 000,00
735 - Ústřední vytápění - otopná tělesa	85 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	83 000,00
21-M – Elektromontáže	80 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000,00
2) Ostatní náklady	151 780,34
Zařízení staveniště	151 780,34
Celkové náklady za stavbu	4 488 361,54

Tabulka 45 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, rozpočet

4.4.7 Ekologické ukazatele skladeb vytápěné zóny

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Vápenopískové cihly	0,175	1530	1,2791	0,1304	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Tepelná izolace- EPS	0,200	18	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,015	2000	1,4596	0,2131	0,0003
Výsledná hodnota konstrukce			**812,143 MJ/m²**	**58,724 kg CO_2 ekv./m²**	**0,123 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 46 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROPNÍ KONSTRIKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,300	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Isover UNIROL PROFI	0,200	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**433,071 MJ/m²**	**16,893 kg CO_2 ekv./m²**	**0,069 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 47 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHOVÁ KONSTRUKCE	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Beton hutný	0,065	2300	0,5749	0,1099	0,0002
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Isover EPS 150S	0,150	30	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**867,797 MJ/m²**	**52,106 kg CO_2 ekv./m²**	**0,169 kg SO_2 ekv./m²**

Tabulka 48 - VPC bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.5 *Vápenopísková cihla- porovnání z jednotlivých hledisek*

4.5.1 Porovnání z tepelně technického hlediska

Konstrukce	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
	Součinitel prostupu tepla [W/m^{2}K]	Součinitel prostupu tepla [W/m^{2}K]	Součinitel prostupu tepla [W/m^{2}K]
Stěna	0,2	0,11	0,11
Strop	0,19	0,08	0,08
Podlaha	0,23	0,13	0,13

Tabulka 49 - VPC, porovnání z tepelně technického hlediska

Z výsledných hodnot jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými objekty dle energetické náročnosti. I přestože jsou obvodové stěny zatepleny pomocí pěnového polystyrenu, pro pasivní standard a nulový dům byl využitý pěnový polystyren šedý, který má o poznání lepší tepelněizolační vlastnosti. Rozdíl součinitele postupu tepla u variant pasivního standardu, nulového domu oproti domu bez požadavku na energetickou náročnost, je také dán tloušťkou tepelné izolace a způsobem přichycení tepelné izolace na obvodovou konstrukci.

U stropní konstrukce je dán rozdíl součinitele postupu tepla mezi variantami pouze tloušťkou tepelné izolace, která je rozdílná o 400 mm.

V případě objektu bez energetické náročnosti jednotlivé hodnoty součinitele prostupu tepla, pro téměř všechny skladby, splňují doporučené hodnoty $U_{rec,20}$, které jsou uvedeny v ČSN 730540-2. Pro objekty bez energetické náročnosti jsou tyto hodnoty dostatečné.

V druhém a třetím případě, objekty v pasivním standardu a nulové domy, hodnoty součinitele prostupu tepla se shodují. Hodnoty splňují doporučenou hodnotu pro pasivní budovy $U_{pas,20.}$ Součinitel prostupu tepla u objektu v pasivním standardu vychází dostatečně malý a bylo by neekonomické obálku objektu nulového domu ještě více zlepšovat, proto jsou hodnoty součinitele prostupu tepla pro tyto dvě varianty stejné.

4.5.2 Porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	**Objekt bez požadavku na en. náročnost**	**Objekt v pasivním standardu**	**Nulový dům**
[W/m^{2}K]	0,26	0,15	0,13

Tabulka 50 - VPC, porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Jak již bylo zmíněno, u objektu v pasivním standardu a u nulového domu byly navrhnuty stejné skladby jednotlivých konstrukcí.

U nulového domu byla navrhnuta okna s lepšími tepelněizolačními vlastnostmi, tudíž s menším prostupem tepla oproti domu v pasivním standardu. Tyto rozdílné vlastnosti okenních výplní se odrazily na celkovým průměrným součiniteli prostupu tepla stavebního objektu.

4.5.3 Porovnání z ekonomického hlediska

	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
1) Náklady z rozpočtu	4 336 581	4 868 337	5 168 416
HSV – Práce a dodávky HSV	1 598 823	1 743 094	1 743 094
1 - Zemní práce	88 793	88 793,35	88 793
2 - Zakládání	315 883	315 883,43	315 883
3 - Svislé a kompletní konstrukce	295 528	295 528	295 528
4 - Vodorovné konstrukce	58 571	58 571	58 571
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	623 158	718 530	718 530
8 - Trubní vedení	12 084	12 084	12 084
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	204 805	253 705	253 705
998 - Přesun hmot	80 343	80 343	80 343
PSV - Práce a dodávky PSV	**2 737 758**	**3 125 242**	**3 425 322**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	113 734	113 734	113 734
713 - Izolace tepelné	167 179	295 753	295 753
751 - Vzduchotechnika	0	239 500	299 580
762 - Konstrukce tesařské	268 818	326 227	326 227
763 - Konstrukce suché výstavby	187 357	187 357	187 357
764 - Konstrukce klempířské	72 112	72 112	72 112
765 - Krytina skládaná	268 765	268 765	268 765
766 - Konstrukce truhlářské	134 218	134 218	134 218
767 - Konstrukce zámečnické	416 477	461 477	571 477
7673 – Vnější výplně otvorů	334 232	379 232	489 232
771 - Podlahy z dlaždic	34 928	34 928	34 928
775 - Podlahy skládané	61 017	61 017	61 017
781 - Dokončovací práce – obklady	61 903	61 903	61 903
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	23 251	23 251	23 251
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000	110 000	110 000
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000	46 000	46 000
723 - Zdravotechnika – vnitřní plynovod	17 000	0	0
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000	454 000	454 000
731 - Ústřední vytápění - kotelny	78 000	0	0
733 - Ústřední vytápění - potrubí	43 000	0	0
734 - Ústřední vytápění - armatury	12 000	0	0
735 - Ústřední vytápění - otopná tělesa	85 000	0	0
MON - Montážní práce a dodávky	**83 000**	**235 000**	**365 000**
21-M – Elektromontáže	80 000	220 000	350 000
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000	3 000	3 000
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	0	12 000	12 000
2) Ostatní náklady	151 780	170 391	180 894
Zařízení staveniště	151 780	170 391	180 894
Celkové náklady za stavbu [Kč]	**4 488 362**	**5 038 728**	**5 349 311**

Tabulka 51 - VPC, porovnání z ekonomického hlediska

I přestože jsou domy navrhnuté tak, aby mezi nimi byly co nejmenší rozdíly, ve finanční stránce to zřejmé není. Rozdíly u jednotlivých variant jsou především v technologiích, okenních výplních a v tepelných izolacích obvodových stěn. A právě tyto rozdíly přináší rozdílnou hodnotu domu až o 800 000Kč.

Z hlediska ekonomického vychází nejlépe objekt bez požadavku na energetickou náročnost. Právě mezi tímto objektem a nulovým domem je největší finanční rozdíl. Přestože jsou počáteční investice do budov s lepšími energetickými vlastnostmi vyšší, tyto objekty budou mít nižší finanční spotřebu v průběhu povozu stavby. Pro kompenzaci vyšších investic do realizace stavby slouží dotační programy.

4.5.4 Porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu

Označení místnosti	Název místnosti	Ztráta [W]		
		Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
1.1	Zádveří	266	80	80
1.2	Koupelna	719	251	240
1.3	Pokoj	541	151	109
1.4	Pracovna	518	183	157
1.5	Pokoj	532	155	127
1.6	Obytný prostor	3088	1379	1165
1.7	Ložnice	587	158	116
1.8	WC	-23	-83	-83
1.9	Koupelna	1715	591	563
1.10	Tech. místnost	163	22	12
1.11	Chodba	227	-40	-40
		8333	**2847**	**2431**

Tabulka 52 - VPC, porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu

Tepelné ztráty vychází nejhůře u objektu bez požadavku na energetickou náročnost a to dokonce o více než 300 % u domu nulového.

Naopak rozdíl u objektu pasivního standardu oproti nulovému domu je téměř minimální.

4.5.5 Porovnání z hlediska ekologického

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

Porovnání hodnot obvodové stěny z hlediska ekologického

Obvodová stěna	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	812,143	906,709	906,709
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	58,724	62,515	62,515
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,123	0,136	0,136

Tabulka 53 - VPC, porovnání hodnot obvodové stěny z hlediska ekologického

Porovnání hodnot u stropní konstrukce z hlediska ekologického

Stropní konstrukce	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	443,071	861,092	861,092
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	16,893	30,954	30,954
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,069	0,314	0,314

Tabulka 54- VPC, porovnání hodnot u stropní konstrukce z hlediska ekologického

Porovnání hodnot podlahové konstrukce z hlediska ekologického

Podlahová konstrukce	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	867,797	1130,479	1130,479
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	52,106	62,636	62,636
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,169	0,206	0,206

Tabulka 55 - VPC, porovnání hodnot u podlahové konstrukce z hlediska ekologického

Porovnání hodnot pro obalové konstrukce budovy z hlediska ekologického

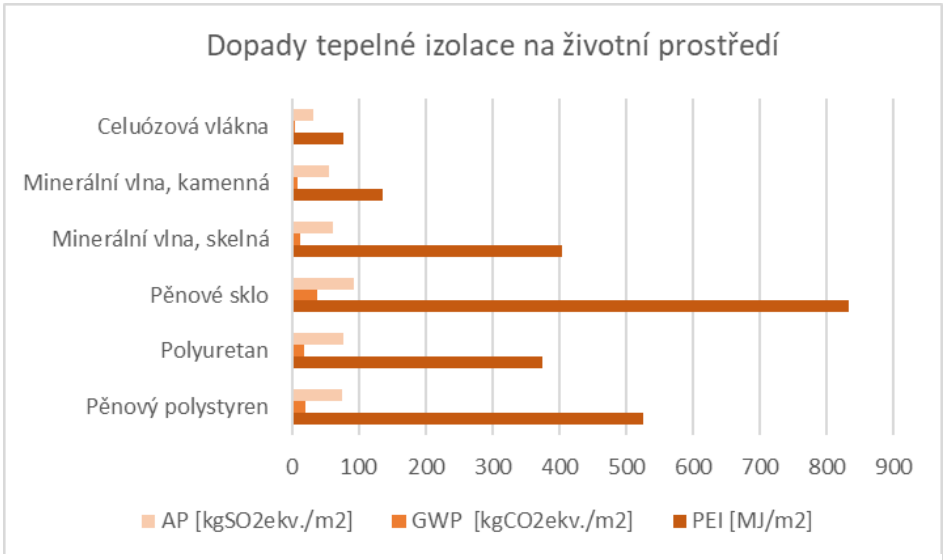
Celkem	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ]	321 638	447 370	447 370
GWP [kgCO_2ekv.]	19 014	23 583	23 583
AP [kgSO_2ekv.]	55	105	105

Tabulka 56 - VPC, porovnání hodnot pro obalové konstrukce budovy z hlediska ekologického

Pro jednotlivé varianty stavebních objektů bylo dle obvodových konstrukcí stanoveno množství zabudované energie. Jelikož byly navrhnuté stejné skladby obvodových konstrukcí pro objekt v pasivním standardu a pro nulový dům, nevidíme u těchto variant rozdíl. Oproti objektu bez požadavku na energetickou náročnost, je znatelný rozdíl ve všech třech ukazatelích.

Největší negativní vliv na výsledných hodnotách mají tepelné izolace. Všechny varianty jsou zateplené pěnovým polystyrenem. Právě pěnový polystyren má velké negativní dopady na životní prostředí.

Pro názorné zobrazení byl vymodelovaný graf, kde je možné shledat dopad tepelných izolací na životní prostředí. Aby bylo možné tepelné izolace mezi sebou porovnat, jejich tloušťka byla určena podle toho, aby každý materiál vyvozoval tepelný odpor konstrukce o hodnotě 5,45 [m^2K/W]. Pro představu, tento tepelný odpor má pěnový polystyren, EPS o tloušťce 200 mm.



Obrázek 9 - Dopady tepelné izolace na životní prostředí

4.6 *Závěrečný přehled u domů z vápenopískových cihel:*

VÁPENOPÍSKOVÁ CIHLA		Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
KONSTRUKCE	Obvodová stěna	VPC 175 mm + 200 EPS bílý	VPC + 300 EPS šedý	VPC + 300 EPS šedý
	Stropní konstrukce	Sádrokartonový podhled + skelná vata 200 mm	Sádrokartonový podhled + skelná vata 600 mm	Sádrokartonový podhled + skelná vata 600 mm
	Podlahová konstrukce na terénu	Betonová deska + 150 EPS bílý	Betonová deska + 250 EPS šedý	Betonová deska + 250 EPS šedý
	Okna	Plasthliníková okna s výplní izolačních dvojskel	Plasthliníková okna s výplní izolačních trojskel	Plasthliníková okna s výplní izolačních trojskel
TEPELNĚ TECHNICKÉ HLEDISKO	Obvodová stěna [W/m^{2}K]	0,2	0,11	0,11
	Stropní konstrukce [W/m^{2}K]	0,19	0,08	0,08
	Podlahová konstrukce na tereénu [W/m^{2}K]]	0,23	0,13	0,13
	Okna [W/m^{2}K]	1,3	0,73	0,5
	Průměrný součinitel prostupu tepla [W]	0,26	0,15	0,13
ENERGE-TICKÁ NÁROČNOST	Tepelné ztráty [W]	8 333	2 847	2 431
	Měrná potřeba na vytápění [kWh/m^2]	54	15	5
	Celková spotřeba primární energie [kWh/m^{2}a]	145	70	32
	Celková produkce primární energie [kWh/m^{2}a]	0	16	32
ENERGIE A EMISE	Vázaná primární energie PEI [GJ]	321,638	447,37	447,37
	Emise CO_2 [kgCO_2ekv./m^2]	19 014	23 583	23 853
	Emise SO_2 [kgSO_2ekv./m^2]	55	105	105
	Způsob vytápění	Plynový kotel	Vzduchotechnická jednotka	Vzduchotechnická jednotka
		Krbová kamna	Krbová kamna	Krbová kamna
		Elektrické rohože	Elektrické rohože	Elektrické rohože
	Technologie	-	Tepelné čerpadlo (vzduch voda)	Tepelné čerpadlo (země voda)
			FVE	FVE
	Celková cena [Kč]	4 488 362	5 038 728	5 349 311

Tabulka 57 - VPC, závěrečný přehled

4.7 *Rodinný dům dřevostavba*

4.7.1 Základní údaje

Rodinný dům se nachází v obci Kunice, na katastrálním území Nučice. Vstup na pozemek je ze západní strany.

Rodinný dům je nepodsklepený objekt s dvěma nadzemními podlažími. Dům je zastřešený sedlovou střechou. Účelem této stavby je bydlení. Zastavěná plocha rodinného domu je 126,56 metru čtverečních. K objektu je přilehlá garáž, jejíž zastavěná plocha je 22,93 metru čtverečních. Garáž a rodinný dům nejsou propojeny žádným otvorem.

4.7.2 Základové konstrukce

Objekt RD je založený na základových pasech šířky 500 mm. V ploše je proveden podkladní beton tloušťky 100 mm s třídou betonu C20/25 se síťovou výztuží Ø6 - 150x150 mm. Na tento podkladní beton je provedena hydroizolace z asfaltových pásů. V základech jsou osazeny chráničky pro kanalizace, vodovodní přípojku a kabel elektroinstalace.

4.7.3 Stěnové konstrukce

Stěnové obvodové konstrukce jsou od výrobce Alfahaus s.r.o. Přesná skladba obvodových stěnových konstrukcí bude specifikována u jednotlivých energetických standardů.

Vnitřní příčky jsou pro všechny typy stavebních objektů, dřevostavby, totožné.

4.7.4 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce nad prvním nadzemním podlaží je tvořena dřevěnými KVH stropnicemi dle výkresu skladby stropu. Tloušťka stropnice je 220 mm. Na stropnicích bude položena OSB deska tloušťky 22 mm a následně skladba podlahy druhého nadzemního podlaží.

Stropní konstrukce nad druhým nadzemním podlaží je tvořena sádrokartonovým podhledem s nosnou konstrukcí z plechových profilovaných prvků zavěšených na nosné konstrukce střechy – dřevěných příhradových vaznících s OSB záklopem.

4.7.5 Střešní konstrukce

Nosnou konstrukci střechy tvoří příhradová konstrukce. Krov je tvořen v kombinaci střech tvaru sedlové střechy se sklonem 18° a pultového tvaru se sklonem 17°. Střecha garáže je řešena plochou střechou o sklonu 2%. Mezi vazníky bude osazena minerální izolace (skládaná) a z interiérové strany budou vazníky zaklopeny OSB deskou minimální tloušťky 18 mm, jenž bude mít lepené spoje a bude přelepena styčná spára v místě napojení na omítku z důvodu zajištění vzduchotěsné obálky budovy a tato konstrukce bude dále sloužit k osazení snížené stropní sádrokartonové konstrukce pro vedení instalací. Příhradové vazníky krovu jsou kotveny přímo do pozedního věnce podkroví.

4.7.6 Otvory

Veškeré výplně otvorů u pasivního standardu a nulového domu mají izolační trojskla. U varianty domu bez požadavku na energetickou náročnost byla zvolena okna s izolačními dvojskly. Výrobce oken zaručuje parametry odpovídající v technických listech oken, dveří a francouzských oken

Vnitřní dveře jsou dřevěné a jsou osazené do obložkových zárubní.

4.8 *Dřevostavba- Pasivní standard*

4.8.1 Popis objektu

- stěnový systém je tvořený z dřevěné skeletové rámové konstrukce vyplněné tepelnou izolací, minerální vlnou, tloušťky 160 mm. Z vnitřní strany konstrukce je minerální vlna tloušťky 60 mm, fasádní zateplení je tvořeno šedým pěnovým polystyrenem tloušťky 160 mm

- strop je zateplený minerální vatou o tloušťce 600 mm

- podlaha je zateplena pomocí šedého pěnového polystyrenu tloušťky 250 mm

- vytápění je zajištěno tepelným čerpadlem Nilan Compact a to z 95 % a 5% elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

- FV panel o ploše 20,2 m^2

4.8.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
Parozábrana - Delta reflex	0,000	0,170	0,006				
Minerální vlna	0,060	0,041	1,463	0,47	10,66	0,02	**0,11**
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,160	0,041	3,902				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Šedý EPS	0,160	0,032	5,000				
Omítka vápenocementová	0,020	0,495	0,040				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 58 – Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Sádrokartonový podhled - vzduchová mezera	0,300	-	-				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138	0,93	17,01	0,02	**0,08**
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	0,036	16,667				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 59 - Dřevostavba pasivní standard, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052	0,33	7,58	0,00	**0,13**
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Šedý EPS	0,250	0,034	7,353				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 60 - Dřevostavba pasivní standard, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,080	0,041	1,951	0,11	2,24	0,00	**0,44**
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 61- Dřevostavba pasivní standard, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla

STROP 1.NP	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052				
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351	0,35	4,28	0,00	0,23
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147				
Minerální vlna	0,100	0,041	2,439				
Vzduchová mezera	0,090	0,000	0,000				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				

Tabulka 62 - Dřevostavba pasivní standard, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA KE GARÁŽI	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
PE fólie	0,000	0,170	0,006				
Minerální vlna	0,060	0,041	1,463				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,160	0,041	3,902	0,47	10,80	0,02	**0,11**
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Šedý EPS	0,160	0,032	5,000				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,142	0,088				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,130				

Tabulka 63 - Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Sádrokartonová deska	0,013	0,142	0,088				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
Parozábrana - Delta Reflex	0,000	0,170	0,006	0,27	3,85	0,02	**0,28**
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,120	0,056	2,143				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Omítka vápenocementová	0,020	0,990	0,020				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 64 - Dřevostavba pasivní standard, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Tepelná izolace EPS	0,050	0,037	1,351				
Stropní konstrukce	0,220	-	-				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147	0,33	2,28	0,02	**0,44**
Asfaltový pás	0,005	0,210	0,021				
Tepelní izolace EPS	0,020	0,037	0,541				
Separační fólie DEKSEPAR	0,002	0,350	0,004				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	0,019				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 65 – Dřevostavba pasivní standard, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{pas,20}$) pro pasivní budovy

Obvodová stěna

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,11 < 0,18 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Strop

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,08 < 0,15 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Podlaha

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,13 < 0,22 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Skladby nevytápěné zóny – garáže jsou bez požadavku na součinitel prostupu tepla

4.8.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} :

- dle TNI 730329: 0,15 W/m^2K

4.8.4 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Chodba	20	4	11	**28**
1.2	Tech. místnost	20	6	14	**37**
1.3	WC	20	2	4	**2**
1.4	Koupelna	24	5	13	**145**
1.5	Zádveří	20	4	11	**99**
1.6	Hala	20	6	16	**244**
1.8	Obývací pokoj	22	64	166	**1332**
1.9	Pracovna	20	13	34	**257**
2.1	Hala	20	21	53	**388**
2.2	WC	20	3	8	**68**
2.3	Koupelna	24	9	22	**212**
2.4	Pokoj	20	14	36	**285**
2.5	Pokoj	20	13	34	**389**
2.6	Šatna	20	13	33	**168**
2.7	Ložnice	20	16	42	**347**
2.8	Koupelna	24	6	15	**177**
2.9	Šatna	20	3	8	**59**
Součet:			202	521	**4237**

Tabulka 66 - Dřevostavba pasivní standard, tepelné ztráty objektu

4.8.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 15 kWh/m^2a

4.8.6 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**5 771 098,80**
HSV – Práce a dodávky HSV	**2 008 986,74**
1 - Zemní práce	141 188,30
2 - Zakládání	195 789,31
3 - Svislé a kompletní konstrukce	939,84
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 371 441,51
8 - Trubní vedení	1 752,80
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	158 638,73
998 - Přesun hmot	139 236,25
PSV - Práce a dodávky PSV	3 762 112,06
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	**78 232,43**
713 - Izolace tepelné	381 380,53
751 - Vzduchotechnika	239 500,00
762 - Konstrukce tesařské	415 403,95
763 - Konstrukce suché výstavby	497 721,98
764 - Konstrukce klempířské	246 461,58
765 - Krytina skládaná	12 200,94
766 - Konstrukce truhlářské	597 008,53
767 - Konstrukce zámečnické	111 882,60
771 - Podlahy z dlaždic	57 169,81
775 - Podlahy skládané	116 537,54
781 - Dokončovací práce – obklady	43 063,33
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	60 548,84
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	295 000,00
21-M – Elektromontáže	280 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	**3 000,00**
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	12 000,00
2) Ostatní náklady	**201 988,46**
Zařízení staveniště	201 988,46
Celkové náklady za stavbu	**5 973 087,26**

Tabulka 67 - Dřevostavba pasivní standard, rozpočet

4.8.7 Ekologické ukazatele

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,0125	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,04	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Parozábrana	0,001	930	77,0000	2,0200	0,0210
Minerální vlna	0,06	100	20,1923	1,1331	0,0084
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou *	0,16	-	117,7870	6,6649	0,0452
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,0125	1200	12,7230	0,6500	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Šedý EPS	0,16	15	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,02	2000	1,5600	0,1530	0,0005
Výsledná hodnota konstrukce			**914,67 MJ/m²**	**46,819 kg CO_2 ekv./m²**	**0,202 kg SO_2 ekv./m²**

**hodnoty PEI,GWP,AP již vypočteny pro rám vyplněný minerální vlnou*

Tabulka 68 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROP	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,300	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI - skelná	0,600	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**861,092 MJ/m²**	**30,954 kg CO2 ekv./m²**	**0,314 kg SO2 ekv./m²**

Tabulka 69 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHA	**d [m]**	**ρ [kg/m³]**	**PEI [MJ/kg]**	**GWP [kg CO_2 ekv./kg]**	**AP [kg SO_2 ekv./kg]**
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Cementový potěr	0,060	2000	0,9842	0,1704	0,0003
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Šedý EPS	0,250	28	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**1158,9 MJ/m²**	**66,553 kg CO2 ekv./m²**	**0,207 kg SO2 ekv./m²**

Tabulka 70 - Dřevostavba pasivní standard, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.9

Dřevostavba – Nulový dům

4.9.1 Popis objektu

- stěnový systém je tvořený z dřevěné skeletové rámové konstrukce vyplněné tepelnou izolací - minerální vlnou, tloušťky 160 mm, z vnitřní strany konstrukce je minerální vlna tloušťky 60 mm, fasádní zateplení je tvořeno šedým pěnovým polystyrenem tloušťky 250 mm

- strop je zateplený minerální vatou o tloušťce 600 mm

- podlaha je zateplena pomocí šedého polystyrenu tloušťky 250 mm

- vytápění je zajištěno tepelným čerpadlem Acond 8EVI- M a to z 95 % a 5% elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

- FV panel o ploše 25,1 m^2

4.9.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
Parozábrana - Delta reflex	0,001	0,170	0,006				
Minerální vlna	0,060	0,041	1,463	0,56	13,47	0,02	**0,09**
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,160	0,041	3,902				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Šedý EPS	0,250	0,032	7,813				
Omítka vápenocementová	0,020	0,495	0,040				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 71 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	0,060				
Sádrokartonový podhled - vzduchová mezera	0,300	-	-	0,93	17,01	0,02	**0,08**
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,600	0,036	16,667				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 72 - Dřevostavba nulový dům, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052	0,33	7,58	0,00	**0,13**
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Šedý EPS	0,250	0,034	7,353				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 73 - Dřevostavba nulový dům, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,080	0,041	1,951	0,11	2,24	0,00	**0,44**
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 74- Dřevostavba nulový dům, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla

STROP 1.NP	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052				
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351	0,35	4,28	0,00	0,23
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147				
Minerální vlna	0,100	0,041	2,439				
Vzduchová mezera	0,090	0,000	0,000				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				

Tabulka 75 - Dřevostavba nulový dům, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA KE GARÁŽI	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
PE fólie	0,000	0,170	0,006				
Minerální vlna	0,060	0,041	1,463				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,160	0,041	3,902	0,47	10,80	0,02	**0,11**
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Šedý EPS	0,160	0,032	5,000				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,142	0,088				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,130				

Tabulka 76 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Sádrokartonová deska	0,013	0,142	0,088				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
Parozábrana - Delta Reflex	0,000	0,170	0,006	0,27	3,85	0,02	**0,28**
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,120	0,056	2,143				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Omítka vápenocementová	0,020	0,990	0,020				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 77 - Dřevostavba nulový dům, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Tepelná izolace EPS	0,050	0,037	1,351				
Stropní konstrukce	0,220	-	-				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147				
Asfaltový pás	0,005	0,210	0,021	0,33	2,28	0,02	**0,44**
Tepelní izolace EPS	0,020	0,037	0,541				
Separační fólie DEKSEPAR	0,002	0,350	0,004				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	0,019				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 78 - Dřevostavba nulový dům, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{pas,20}$) pro pasivní budovy

Obvodová stěna

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,09 < 0,18 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Strop

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,08 < 0,15 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Podlaha

$$U < U_{pas,20}$$

$$0,13 < 0,22 \ [W/m^2K]$$

Vyhovuje

Skladby nevytápěné zóny – garáže jsou bez požadavku na součinitel prostupu tepla

4.9.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{,em}$:

- dle TNI 730329: 0,13 W/m^2K

4.9.4 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**6 091 398,80**
HSV – Práce a dodávky HSV	**2 008 986,74**
1 - Zemní práce	141 188,30
2 - Zakládání	195 789,31
3 - Svislé a kompletní konstrukce	939,84
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 371 441,51
8 - Trubní vedení	1 752,80
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	158 638,73
998 - Přesun hmot	139 236,25
PSV - Práce a dodávky PSV	**4 082 412,06**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	78 232,43
713 - Izolace tepelné	381 380,53
751 - Vzduchotechnika	299 600,00
762 - Konstrukce tesařské	415 403,95
763 - Konstrukce suché výstavby	497 721,98
764 - Konstrukce klempířské	246 461,58
765 - Krytina skládaná	12 200,94
766 - Konstrukce truhlářské	827 208,53
767 - Konstrukce zámečnické	111 882,60
771 - Podlahy z dlaždic	57 169,81
775 - Podlahy skládané	116 537,54
781 - Dokončovací práce – obklady	43 063,33
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	60 548,84
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	**325 000,00**
21-M – Elektromontáže	310 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000,00
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	12 000,00
2) Ostatní náklady	**213 198,96**
Zařízení staveniště	213 198,96
Celkové náklady za stavbu	**6 304 597,76**

Tabulka 79 - Dřevostavba nulový dům, rozpočet

4.9.5 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Chodba	20	4	11	**28**
1.2	Tech. místnost	20	6	14	**35**
1.3	WC	20	2	4	**2**
1.4	Koupelna	24	5	13	**132**
1.5	Zádveří	20	4	11	**99**
1.6	Hala	20	6	16	**239**
1.8	Obývací pokoj	22	64	166	**1206**
1.9	Pracovna	20	13	34	**229**
2.1	Hala	20	21	53	**342**
2.2	WC	20	3	8	**59**
2.3	Koupelna	24	9	22	**198**
2.4	Pokoj	20	14	36	**255**
2.5	Pokoj	20	13	34	**352**
2.6	Šatna	20	13	33	**157**
2.7	Ložnice	20	16	42	**313**
2.8	Koupelna	24	6	15	**160**
2.9	Šatna	20	3	8	**56**
Součet:			202	521	**3862**

Tabulka 80 - Dřevostavba nulový dům, tepelné ztráty objektu

4.9.6 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 5 kWh/m^2a

4.9.7 Ekologické ukazatele

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,0125	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,04	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Parozábrana	0,001	930	77,0000	2,0200	0,0210
Minerální vlna	0,06	100	20,1923	1,1331	0,0084
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou *	0,16	-	117,7870	6,6649	0,0452
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,0125	1200	12,7230	0,6500	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Šedý EPS	0,25	15	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,02	2000	1,5600	0,1530	0,0005
Výsledná hodnota konstrukce			**1056,5 MJ/m^2**	**52,506 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,223 kg SO_2 ekv./m^2**

**hodnoty PEI,GWP,AP již vypočteny pro rám vyplněný minerální vlnou*

Tabulka 81 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROP	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,300	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI - skelná	0,600	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**861,092 MJ/m^2**	**30,954 kg CO2 ekv./m^2**	**0,314 kg SO2 ekv./m^2**

Tabulka 82 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHA	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Cementový potěr	0,060	2000	0,9842	0,1704	0,0003
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Šedý EPS	0,250	28	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**1158,9 MJ/m^2**	**66,553 kg CO2 ekv./m^2**	**0,207 kg SO2 ekv./m^2**

Tabulka 83 - Dřevostavba nulový dům, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.10 *Dřevostavba – bez požadavku na energetickou náročnost*

4.10.1 Popis objektu

- stěnový systém je tvořený z dřevěné skeletové rámové konstrukce vyplněné tepelnou izolací, minerální vlnou, tloušťky 120 mm, z vnitřní strany konstrukce je minerální vlna tloušťky 40 mm, fasádní zateplení je tvořeno EPS polystyrenem tloušťky 50 mm

- strop je zateplený minerální vatou o tloušťce 600 mm

- podlaha je zateplena pomocí pěnovým polystyrenem, EPS tloušťky 150 mm

- vytápění je zajištěno z 95% plynovým kotlem a 5% elektrickými rohožemi, které se nacházejí v koupelně

4.10.2 Tepelně technické posouzení

Podrobnější výpočet a posouzení je vloženo do příloh diplomové práce.

OBVODOVÁ STĚNA	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Parozábrana - Delta reflex	0,000	0,170	0,001				
Instalační předstěna vyplněná minerální vlnou	0,040	0,041	0,976	0,26	5,54	0,02	0,20
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,120	0,041	2,927				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Omítka vápenocementová	0,020	0,495	0,040				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 84 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna, součinitel prostupu tepla

STROP	**d [m]**	**λ_u [W/mK]**	**R [m^2K/W]**	**Celková tl. [m]**	**R [m^2K/W]**	**ΔU [W/m^2K]**	**U [W/m^2K]**
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	0,210	-				
Sádrokartonový podhled - vzduchová mezera	0,090	-	-	0,37	7,22	0,02	**0,16**
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	0,130	0,138				
Parozábrana - Jutafol N 110 Special	0,000	0,390	0,001				
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,250	0,036	6,944				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 85 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, strop, součinitel prostupu tepla

PODLAHA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052	0,23	4,29	0,00	**0,23**
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Polystyren pěnový, EPS	0,150	0,037	4,054				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 86 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha, součinitel prostupu tepla

VNITŘNÍ STĚNA	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,080	0,041	1,951	0,11	2,24	0,00	**0,44**
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 87 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, vnitřní stěna, součinitel prostupu tepla

STROP 1.NP	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,060	1,160	0,052				
PE fólie	0,000	0,350	0,000				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351	0,35	4,28	0,00	0,23
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147				
Minerální vlna	0,100	0,041	2,439				
Vzduchová mezera	0,090	0,000	0,000				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
Malba	-	-	-				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				

Tabulka 88 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, strop 1.NP, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA KE GARÁŽI	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Malba	-	-	-				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,860	0,015				
PE fólie	0,000	0,170	0,001				
Instalační předstěna vyplněná minerální vlnou	0,040	0,041	0,976				
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,120	0,041	2,927	0,26	5,68	0,02	**0,20**
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	0,142	0,088				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				

Tabulka 89 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna ke garáži, součinitel prostupu tepla

OBVODOVÁ STĚNA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,130				
Keramický obklad	0,005	1,010	0,005				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Sádrokartonová deska	0,013	0,142	0,088				
Vzduchová mezera	0,040	-	-				
Parozábrana - Delta Reflex	0,000	0,170	0,006	0,27	3,85	0,02	**0,28**
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou	0,120	0,056	2,143				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Omítka vápenocementová	0,020	0,990	0,020				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 90 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, obvodová stěna garáž, součinitel prostupu tepla

PODLAHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,170				
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010				
Lepidlo	0,005	0,000	0,000				
Cementový potěr	0,080	1,160	0,069	0,15	1,60	0,00	**0,62**
PE fólie	0,000	0,350	0,001				
Polystyren pěnový, EPS	0,050	0,037	1,351				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,000				

Tabulka 91 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, podlaha garáž, součinitel prostupu tepla

STŘECHA GARÁŽ	d [m]	λ_u [W/mK]	R [m^2K/W]	Celková tl. [m]	R [m^2K/W]	ΔU [W/m^2K]	U [W/m^2K]
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - interiér			0,100				
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	0,202	0,062				
Tepelná izolace EPS	0,050	0,037	1,351				
Stropní konstrukce	0,220	-	-				
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,022	0,150	0,147	0,33	2,28	0,02	**0,44**
Asfaltový pás	0,005	0,210	0,021				
Tepelní izolace EPS	0,020	0,037	0,541				
Separační fólie DEKSEPAR	0,002	0,350	0,004				
PVC folie, mechanicky kotvená	0,003	0,160	0,019				
Odpor na přestupu tepla - vnitřní povrch - exteriér			0,040				

Tabulka 92 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, střecha garáž, součinitel prostupu tepla

Porovnání s požadovanými hodnotami součinitele prostupu tepla ($U_{N,20}$) a doporučenými hodnotami ($U_{rec,20}$)

Obvodová stěna

$U < U_{N,20}$

$0,20 < 0,30$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,20 < 0,25$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

Strop

$U < U_{N,20}$

$0,16 < 0,24$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,16 < 0,16$ [W/m^{2}K]

Nevyhovuje

Podlaha

$U < U_{N,20}$

$0,23 < 0,45$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

$U < U_{rec,20}$

$0,23 < 0,30$ [W/m^{2}K]

Vyhovuje

4.10.3 Průměrný součinitel prostupu tepla

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla byl zpracován v programu Energie 2010.

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{,em}$:

- dle TNI 730329: 0,27 W/m^{2}K

4.10.4 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát byl zpracován v programu Ztráty 2010.

Označení místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]	Vytápěná plocha [m^2]	Objem vzduchu [m^3]	Celková ztráta [W]
1.1	Chodba	20	4	11	**70**
1.2	Tech. místnost	20	6	14	**99**
1.3	WC	20	2	4	**17**
1.4	Koupelna	24	5	13	**459**
1.5	Zádveří	20	4	11	**101**
1.6	Hala	20	6	16	**318**
1.8	Obývací pokoj	22	64	166	**2538**
1.9	Pracovna	20	13	34	**510**
2.1	Hala	20	21	53	**791**
2.2	WC	20	3	8	**143**
2.3	Koupelna	24	9	22	**707**
2.4	Pokoj	20	14	36	**582**
2.5	Pokoj	20	13	34	**697**
2.6	Šatna	20	13	33	**362**
2.7	Ložnice	20	16	42	**681**
2.8	Koupelna	24	6	15	**538**
2.9	Šatna	20	3	8	**79**
Součet:			202	521	**8693**

Tabulka 93 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, tepelné ztráty objektu

4.10.5 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:

Dle energetického posudku činí měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 63 kWh/m^2a

4.10.6 Rozpočet

Rozpočet byl zpracován v programu KROS 4.

Kód popis	Cena celkem [Kč]
1) Náklady z rozpočtu	**4 999 322,87**
HSV – Práce a dodávky HSV	**1 749 327,97**
1 - Zemní práce	141 188,30
2 - Zakládání	195 789,31
3 - Svislé a kompletní konstrukce	939,84
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 161 993,49
8 - Trubní vedení	1 752,80
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	108 638,73
998 - Přesun hmot	139 025,50
PSV - Práce a dodávky PSV	**3 249 994,90**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	78 232,43
713 - Izolace tepelné	272 663,37
762 - Konstrukce tesařské	415 403,95
763 - Konstrukce suché výstavby	497 721,98
764 - Konstrukce klempířské	246 461,58
765 - Krytina skládaná	12 200,94
766 - Konstrukce truhlářské	410 108,53
767 - Konstrukce zámečnické	111 882,60
771 - Podlahy z dlaždic	57 169,81
775 - Podlahy skládané	116 537,54
781 - Dokončovací práce – obklady	43 063,33
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	60 548,84
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000,00
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000,00
723 - Zdravotechnika – vnitřní plynovod	17 000,00
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000,00
731 - Ústřední vytápění - kotelny	78 000,00
733 - Ústřední vytápění - potrubí	43 000,00
734 - Ústřední vytápění - armatury	12 000,00
735 - Ústřední vytápění - otopná tělesa	85 000,00
MON - Montážní práce a dodávky	**83 000,00**
21-M – Elektromontáže	80 000,00
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000,00
2) Ostatní náklady	**174 976,30**
Zařízení staveniště	174 976,30
Celkové náklady za stavbu	**5 174 299,17**

Tabulka 94 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, rozpočet

4.10.7 Ekologické ukazatele

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

OBVODOVÁ STĚNA	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Instalační předstěna vyplněná minerální vlnou	0,040	100	23,3000	1,6400	0,0105
Parozábrana	0,001	930	77,0000	2,0200	0,0210
Nosná konstrukce vyplněná minerální vlnou *	0,120	-	78,5247	4,4433	0,0303
Sádrovláknitá konstrukční deska Rigidur	0,013	1200	12,7230	0,6500	0,0002
Lepidlo	0,010	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Polystyren pěnový, EPS	0,050	18	105,0730	4,2121	0,0149
Omítka vápenocementová	0,020	2000	1,5600	0,1530	0,0005
Výsledná hodnota konstrukce			**689,848 MJ/m^2**	**38,033 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,156 kg SO_2 ekv./m^2**

**hodnoty PEI,GWP,AP již vypočteny pro rám vyplněný minerální vlnou*

Tabulka 95 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele obvodové stěny

STROP	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Sádrokartonová protipožární deska	0,013	840	5,7445	0,3543	0,0011
Vzduchová mezera	0,090	1,3	0,0000	0,0000	0,0000
Deska z orientovaných plochých třísek - OSB	0,018	630	12,5057	0,4813	0,0020
Parozábrana	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Tepelná izolace - Isover UNIROL PROFI	0,250	23,5	45,5342	1,4958	0,0069
Výsledná hodnota konstrukce			**534,815 MJ/m^2**	**21,121 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,112 kg SO_2 ekv./m^2**

Tabulka 96 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele stropní konstrukce

PODLAHA	d [m]	ρ [kg/m^3]	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO_2 ekv./kg]	AP [kg SO_2 ekv./kg]
Keramická dlažba	0,010	2000	14,1064	0,7817	0,0028
Lepidlo	0,005	1500	2,5590	0,1180	0,0011
Cementový potěr	0,060	2000	0,9842	0,1704	0,0003
PE fólie	0,000	500	77,0000	2,0200	0,0210
Polystyren pěnový, EPS	0,150	30	105,0730	4,2121	0,0149
Výsledná hodnota konstrukce			**722,534 MJ/m^2**	**46,578 kg CO_2 ekv./m^2**	**0,159 kg SO_2 ekv./m^2**

Tabulka 97 - Dřevostavba bez požadavku na energetickou náročnost, ekologické ukazatele podlahové konstrukce

4.11 *Porovnání dřevostavby z jednotlivých hledisek*

4.11.1 Porovnání z tepelně technického hlediska

Součinitel prostupu tepla U	Objekt bez požadavku na en. náročnost [W/m^{2}K]	Objekt v pasivním standardu [W/m^{2}K]	Nulový dům [W/m^{2}K]
Stěna	0,20	0,11	0,09
Strop	0,16	0,08	0,08
Podlaha	0,23	0,13	0,13

Tabulka 98 – Dřevostavby, porovnání z tepelně technického hlediska

Nejlepší výsledky součinitele prostupu tepla má nulový dům, jehož obvodové stěny jsou zatepleny jak minerální vatou, tak šedým pěnovým polystyrenem. Minerální vlna byla použita hlavně pro její nehořlavost. Dále je nulový dům zateplený ze strany exteriéru šedým polystyrenem tloušťky 250 mm, což je o 90 mm více než bylo použito u pasivního standardu. Tloušťka minerální vlny, která plnila nosnou konstrukci byla shodná u obou energetických standardů v celkové tloušťce 160 mm. Tento tepelný izolant byl využit i ze strany interiéru, kde je jeho tloušťka 60 mm. Obvodová stěna u dřevostavby bez požadavku na energetickou náročnost byla zateplena pěnovým polystyrenem o tloušťce 50 mm. Nosná konstrukce byla vyplněna minerální vatou tloušťky 120 mm a instalační předstěna byla vyplněná minerální vatou o tloušťce 40 mm.

U stropní konstrukce je dán rozdíl součinitele postupu tepla mezi variantami pasivního standardu a nulového domu oproti dřevostavbě bez požadavku na energetickou náročnost pouze tloušťkou tepelné izolace, která je rozdílná o 400 mm.

V případě objektu bez energetické náročnosti téměř všechny hodnoty součinitele prostupu tepla splňují doporučené hodnoty $U_{rec,20}$, které jsou uvedeny v ČSN 730540-2. Pro objekty bez energetické náročnosti jsou tyto hodnoty dostatečné.

V druhém a třetím případě, objekty v pasivním standardu a nulové domy, hodnoty součinitele prostupu tepla se shodují. Hodnoty splňují doporučenou hodnotu pro pasivní budovy $U_{pas,20.}$ Nulový oproti pasivnímu standardu má více zateplené obvodové stěny, a to z důvodu, aby se dosáhlo na požadovanou měrnou potřebu na vytápění, která díky lepší tepelný obálce budovy má nižší hodnoty.

4.11.2 Porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	**Objekt bez požadavku na en. náročnost**	**Objekt v pasivním standardu**	**Nulový dům**
[W/m^{2}K]	0,27	0,15	0,13

Tabulka 99 - Dřevostavby, porovnání z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Nejlépe v hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla vyšel nulový dům, jehož průměrný součinitel prostupu tepla je nejnižší. Této hodnoty bylo dosaženo díky zateplení a použití oken s nejlepšími tepelně izolačními vlastnostmi v porovnání s použitými okenními výplněmi u varianty objektu v pasivním standardu a u varianty objektu bez požadavku na energetickou náročnost.

Naopak objekt bez požadavku na energetickou náročnost má oproti domu nulovému více než dvojnásobnou hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}.

4.11.3 Porovnání z ekonomického hlediska

	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
1) Náklady z rozpočtu	4 999 323	5 771 099	6 091 399
HSV – Práce a dodávky HSV	1 749 328	2 008 987	2 008 987
1 - Zemní práce	141 188	141 188	141 188
2 - Zakládání	195 789	195 789	195 789
3 - Svislé a kompletní konstrukce	940	940	940
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 161 993	1 371 442	1 371 442
8 - Trubní vedení	1 753	1 753	1 753
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	108 639	158 639	158 639
998 - Přesun hmot	139 026	139 236	139 236
PSV - Práce a dodávky PSV	**3 249 995**	**3 762 112**	**4 082 412**
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	78 232	78 232	78 232
713 - Izolace tepelné	272 663	381 381	381 381
751 - Vzduchotechnika	0	239 500	299 600
762 - Konstrukce tesařské	415 404	415 404	415 404
763 - Konstrukce suché výstavby	497 722	497 722	497 722
764 - Konstrukce klempířské	246 462	246 462	246 462
765 - Krytina skládaná	12 201	12 201	12 201
766 - Konstrukce truhlářské	410 109	597 009	827 209
767 - Konstrukce zámečnické	111 883	111 883	111 883
771 - Podlahy z dlaždic	57 170	57 170	57 170
775 - Podlahy skládané	116 538	116 538	116 538
781 - Dokončovací práce – obklady	43 063	43 063	43 063
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	60 549	60 549	60 549
721 - Zdravotechnika - vnitřní kanalizace	110 000	110 000	110 000
722 - Zdravotechnika - vnitřní vodovod	46 000	46 000	46 000
723 - Zdravotechnika – vnitřní plynovod	17 000	0	0
725 - Zdravotechnika - zařizovací předměty	454 000	454 000	454 000
731 - Ústřední vytápění - kotelny	78 000	0	0
733 - Ústřední vytápění - potrubí	43 000	0	0
734 - Ústřední vytápění - armatury	12 000	0	0
735 - Ústřední vytápění - otopná tělesa	85 000	0	0
MON - Montážní práce a dodávky	**83 000**	**295 000**	**325 000**
21-M – Elektromontáže	80 000	280 000	310 000
22 – M – Montáže oznam. a zabezp. zařízení	3 000	3 000	3 000
24 – M – Montáže vzduchotechnických zařízení	0	12 000	12 000
2) Ostatní náklady	**174 976**	**201 988**	**213 199**
Zařízení staveniště	174 976	201 988	213 199
Celkové náklady za stavbu [Kč]	**5 174 299**	**5 973 087**	**6 304 598**

Tabulka 100- Dřevostavby, porovnání z ekonomického hlediska

Z hlediska ekonomického vychází nejhůře nulový dům. V porovnání oproti domu bez požadavku na energetickou náročnost je to o více než jeden milion korun. Hlavním důvodem, proč nulový dům vyšel ze všech tří variant nejhůře, je cena za technologie a cena za okenní výplně.

Pasivní dům je na rozdíl od domu bez požadavku na energetickou náročnost o necelých 800 000 Kč dražší. Hlavním důvodem, proč narostly ceny oproti domu bez požadavku na energetickou náročnost je důvod stejný jako u domu nulového, tudíž díky technologiím a okenním výplním.

Právě k tomuto účelu slouží dotační programy jako je Nová zelená úsporám a v případě, že stavebník splní požadavky, které tento dotační program uděluje, může být vyšší cena za domy v lepších energetických standardech alespoň částečně kompenzována.

4.11.4 Porovnání z hlediska tepelných ztrát objektu

Označení místnosti	Název místnosti	Ztráta [W]		
		Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
1.1	Chodba	70	28	28
1.2	Tech. místnost	99	37	35
1.3	WC	17	2	2
1.4	Koupelna	459	145	132
1.5	Zádveří	101	99	99
1.6	Hala	318	244	239
1.8	Obývací pokoj	2538	1332	1206
1.9	Pracovna	510	257	229
2.1	Hala	791	388	342
2.2	WC	143	68	59
2.3	Koupelna	707	212	198
2.4	Pokoj	582	285	255
2.5	Pokoj	697	389	352
2.6	Šatna	362	168	157
2.7	Ložnice	681	347	313
2.8	Koupelna	538	177	160
2.9	Šatna	79	59	56
Součet		**8693**	**4237**	**3862**

Tabulka 101 - Dřevostavby, porovnání z hlediska tepelných ztrát

Tepelné ztráty u objektu bez požadavku na energetickou jsou o poznání vyšší než oproti objektu pasivního standardu a nulového domu. Ztráty jsou závislé na tepelné obálce stavebních objektů, proto nulový dům vychází s nejmenšími ztrátami. Právě díky nízkým ztrátám u pasivního standardu a nulového domu je dostačující vytápět objekt převážně pomocí rekuperační jednotky.

U objektu bez požadavku na energetickou náročnost byl hlavním zdrojem vytápění zvolen plynový kotel o výkonu 12kW.

4.11.5 Porovnání z hlediska ekologického

PEI – ukazatel vyjadřující spotřebu primární energie daného materiálu (získání suroviny, výroba, doprava)

GWP - ukazatel vyjadřující potenciál globálního oteplování. Kolik CO_2 se uvolnilo do atmosféry při výrobě daného materiálu

AP - ukazatel vyjadřující okyselování životního prostředí

Porovnání hodnot obvodové stěny z ekologického hlediska

Obvodová stěna	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	689,848	914,67	1056,5
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	38,033	46,82	52,51
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,156	0,2	0,22

Tabulka 102 - Dřevostavby, porovnání hodnost obvodové stěny z ekologického hlediska

Porovnání hodnot stropní konstrukce z ekologického hlediska

Stropní konstrukce	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	534,815	861,09	861,09
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	21,121	30,95	30,95
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,112	0,31	0,31

Tabulka 103 - Dřevostavby, porovnání hodnost stropní konstrukce z ekologického hlediska

Porovnání hodnot podlahové konstrukce z ekologického hlediska

Podlahová konstrukce	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ/m^2]	867,794	1158,9	1158,9
GWP [kgCO_2ekv./m^2]	46,578	66,553	66,553
AP [kgSO_2ekv./m^2]	0,159	0,207	0,207

Tabulka 104 - Dřevostavby, porovnání hodnost stropní konstrukce z ekologického hlediska

Porovnání hodnot z ekologického hlediska pro obalové konstrukce budovy

Celkem	Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
PEI [MJ]	394 242	543 033	587 036
GWP [kgCO_2ekv.]	20 513	27 073	28 839
AP [kgSO_2ekv.]	83	128	134

Tabulka 105 - Dřevostavby, porovnání hodnost z ekologického hlediska pro obalové konstrukce

Pro všechny tři varianty byly stanoveny základní ekologické ukazatelé. Přičemž rozdíl ve svázané energii PEI u nulového domu oproti objektu bez energetické náročnosti je vysoký téměř 1,5krát. Hlavním důvodem, proč vyšlo o tolik vyšší číslo je především rozdílné zateplení stavebních objektů a ve využití pěnového polystyrenu u nulové stavby v tloušťce 250 mm, což je o 200 mm více než u objektu bez požadavku na energetickou náročnost.

V případě návrhu stavebního objektu s vyšší šetrností k životnímu prostředí, je nutné zvolit tepelní izolace s lepšími parametry ekologických ukazatelů.

4.12 *Závěrečný přehled u dřevostaveb:*

DŘEVOSTAVBA		Objekt bez požadavku na en. náročnost	Objekt v pasivním standardu	Nulový dům
KONSTRUKCE	Obvodová stěna	minerální vlna 40 mm + dřevěná skeletová konstrukce vyplněná minerální vlnou 160 mm + šedý EPS 50 mm	minerální vlna 60 mm + dřevěná skeletová konstrukce vyplněná minerální vlnou 160 mm + šedý EPS 160 mm	minerální vlna 60 mm + dřevěná skeletová konstrukce vyplněná minerální vlnou 160 mm + šedý EPS 250 mm
	Stropní konstrukce	Sádrokartonový podhled + skelná vata 200 mm	Sádrokartonový podhled + skelná vata 600 mm	Sádrokartonový podhled + skelná vata 600 mm
	Podlahová konstrukce na terénu	Betonová deska + 150 EPS bílý	Betonová deska + 250 EPS šedý	Betonová deska + 250 EPS šedý
	Okna	Plasthliníková okna s výplní izolačních dvojskel	Plasthliníková okna s výplní izolačních trojskel	Plasthliníková okna s výplní izolačních trojskel
TEPELNĚ TECHNICKÉ HLEDISKO	Obvodová stěna [W/m^{2}K]	0,2	0,11	0,11
	Stropní konstrukce [W/m^{2}K]	0,16	0,08	0,08
	Podlahová konstrukce na tereénu [W/m^{2}K]]	0,23	0,13	0,13
	Okna [W/m^{2}K]	1,3	0,73	0,6
	Průměrný součinitel prostupu tepla [W]	0,26	0,15	0,13
ENERGE-TICKÁ NÁROČNOST	Tepelné ztráty [W]	8 693	4 237	3 862
	Měrná potřeba na vytápění [kWh/m^2]	63	15	5
	Celková spotřeba primární energie [kWh/m^{2}a]	134	50	24
	Celková produkce primární energie [kWh/m^{2}a]	0	13	28
ENERGIE A EMISE	Vázaná primární energie PEI [GJ]	394,242	543,033	587,036
	Emise CO_2 [kgCO_2ekv./m^2]	21 204	27 073	28 839
	Emise SO_2 [kgSO_2ekv./m^2]	88	128	134
	Způsob vytápění	Plynový kotel	Vzduchotechnická jednotka	Vzduchotechnická jednotka
		Elektrické rohože	Elektrické rohože	Elektrické rohože
	Technologie	-	Tepelné čerpadlo (vzduch voda)	Tepelné čerpadlo (země voda)
			FVE	FVE
	Celková cena [Kč]	5 174 299	5 973 087	6 304 598

Tabulka 106 - Dřevostavba, závěrečný přehled

5 Závěr

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 3010/31/EU si dala za cíl do roku 2020 zlepšení životního prostředí v podobě snížení spotřeby energie a snížení emise oxidu uhličitého minimálně o 20%, zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie o více než 20%. Jedním z bodů, které by měly přispět ke zlepšení životního prostředí, je výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie.

Tento energetický standard budovy se velmi často plete s nulovým či pasivním standardem. V mé diplomové práci popisuji rozdíl mezi těmito standardy a vysvětluji požadavky, které jsou na ně kladené.

Velkou část své diplomové práce věnuji pasivnímu domu, který rozděluje širokou veřejnost na dva tábory. Jeden tábor vnímá hlavně pozitiva, který tento koncept přináší, zatímco druhý tábor nemá v pasivní domy dostatečnou důvěru. Dalším důvodem, proč jsem se podrobněji zabývala pasivním domem je, že z tohoto konceptu vychází domy nulové, aktivní a plusové.

V praktické části na základě podkladových výkresů jsem od dvou materiálových řešení navrhla 3 varianty domů tak, aby byly co nejvíce totožné, ale přesto splňovaly rozdílné energetické standardy.

V programu Teplo jsem navrhla dle ČSN 73 0540 – 2 skladby konstrukcí, v programu Energie jsem spočítala měrnou potřebu energie na vytápění, měrnou potřebu tepla dodanou do budovy, průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy a spotřebované i vyprodukované primární energie. V programu Ztráty jsem určila tepelné ztráty stavebních objektů a nakonec jsem určila enviromentální ukazatele skladeb obálkových konstrukcí.

Pro obě materiálová řešení vyšly poměrově totožné výsledky mezi jednotlivými energeticky odlišnými variantami. Stavební objekty bez požadavku na energetickou náročnost vyšly finančně nejlépe co se týče realizace stavby, ale z důvodu vysokých tepelných ztrát, vysokého průměrného součinitele prostupu tepla obálkou konstrukce a díky vysoké dodané energii do budovy, oproti variantě pasivního standardu a nulového domu, je zřejmé, že tyto objekty budou mít nejvyšší finanční náklady v době provozu stavby. Co je však u těchto staveb pozitivní, je jejich ekologický dopad na životní prostředí. Právě objekty bez požadavku na energetickou náročnost dopadly v ekologických ukazatelích nejlépe.

Standardy pasivního a nulové domu dopadly v ekologických ukazatelích o poznání hůře. Je to dáno nevhodným návrhem skladeb, kde byl jako tepelná izolace navrhnutý pěnovým polystyren, který patří k nejvíce nevhodným izolacím týkajících se životního prostředí.

Tyto standardy ale kompenzují tento fakt menší spotřebou primární energie a u nulového domu se v úrovni primární energie dostáváme dokonce na hodnoty nulové.

Hypotéza: ,,Budovy s nižší potřebou energie na vytápění mají větší ekonomickou náročnost při realizaci stavby, naopak menší při provozu stavby a méně zatěžují životní prostředí.“ Se potvrdila v prvním případě, jelikož čím lepší energetický standard, tím vyšší náklady na realizaci stavby.

Druhá část hypotézy se zcela nepotvrdila, alespoň v těchto konkrétních případech. Lepší energetický standardy opravdu méně zatěžují životní prostředí, ale až v době provozu stavby. V době realizace stavby je tomu naopak, jelikož jsou více zateplené a právě tepelné izolace vyrobené z ropy, jak již bylo řečeno, mají negativní dopad na životní prostředí.

6 Seznam použité literatury

[1] Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. Časopis stavebnictví [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_N465

[2] Vypočet PEI, CO2 a SO2. *Createrra* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.createrra.sk/page/36/vypocet-pei-co2-a-so2.html

[3] Ekolist.cz: Ekolist.cz / zelená domácnost / rady a návody [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/seda-energie-v-pasivnich-domech

[4] HÁJEK, P. 2005: Udržitelná výstavba budov - východiska a principy. In: sborník z konference Pasivní domy-Passivhäuser 2005. Centrum pasivního domu, Brno, s. 8-14.

[5]Zhodnocení současného nastavení požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie (pro rodinné domy). *Tzb info*[online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/17991-zhodnoceni-soucasneho-nastaveni-pozadavku-na-budovu-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-pro-rodinne-domy

[6] Antonín, J.; Purkrtová, M., Definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie z hlediska zdrojů energie. In: TZB Info [online]. 9.1.2017 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/345-definice-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-z-hlediska-zdroju-energie

[7] Co to je Průkaz energetické náročnosti budovy - PENB - energetický štítek?. *Budovy průkaz* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://www.budovyprukaz.cz/prukaz-budovy-penb/co-to-je-penb.html

[8] Kdy (ne)potřebuji Průkaz energetické náročnosti budovy. *Průkazy budov* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://www.prukazkybudov.cz/kdy-nepotrebuji-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy/

[9] Energetický štítek. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. [cit. 2018-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetick%C3%BD_%C5%A1t%C3%ADtek

[10] Čejka, M.; Antonín, J., Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů. In: TZB Info [online]. 16.11.2017 [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energetickych-standardu
Centrum energetického poradenství PRE, Pasivní domy - rady, tipy,

[11] BIELESCH, Petr. Budova s téměř nulovou spotřebou energie ≠ nulová budova. *Arch design* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://www.archdesign.cz/blog/17/01/2017/budova-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-%E2%89%A0-nulova-budova/

[12] HUDCOVÁ, Lenka. *Energetická náročnost budov: základní pojmy a platná legislativa*. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-03-7.

[13] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga group, 2009. Home.

[14] Certifikace pasivních domů dle Passivhaus Institut. *TZB info* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/7073-certifikace-pasivnich-domu-dle-passivhaus-institut

[15] *ČSN 730540-2: Tepelná ochrana budov*. Česká republika, 2011.
EkoWATT: Centrum pro obnovitelné zdroje a úsporu energie: EkoWATT [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: http://ekowatt.cz/cz/informace/zasady-vystavby-pasivnich-domu

[16] Pasivní domy: Základy návrhu, principy. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z:
https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/01_zaklady_1.pdf
Česká Republika, ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2 - Požadavky, 4. návrh revize, 2011

[17] Z čeho postavit pasivní dům? Vhodné masivní konstrukce. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: https://www.pasivnidomy.cz/z-ceho-postavit-pasivni-dum-vhodne-masivni-konstrukce/t4239

[18] Pasivní domy 3. díl - Tepelné mosty a vzduchotěsnost. *Dřevostavitel: online svět dřevostaveb* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z:
https://www.drevostavitel.cz/clanek/pasivni-domy-3dil

[19] Jak úsporně větrat v pasivním domě?. *Na zeleno.cz: chytrá řešení pro každého* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-domy/jak-usporne-vetrat-v-pasivnim-dome.aspx

[20] Okna v pasivních domech. *Asting cz: pasivní domy* [online]. [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: https://www.asting.cz/okna-v-pasivnich-domech.php

[21] HAZUCHA, Juraj. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. Praha: Grada Publishing, 2016.

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování stavebních konstrukcí

Neufert P., Neff L.: Dobrý projekt – správná stavba, Bratislava 2005

Kol.autorů: Konstrukce pozemních staveb. Praha 1968

Envimat: ...stavební výrobky a životní prostředí [online]. Dostupné z: http://www.envimat.cz/

TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy. ÚNMZ, 2010

TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy. ÚNMZ 2010

7 Podkladové materiály:

- Stavební výkresy rodinného domu materiálové varianty vápenopískové cihly obsažené v příloze diplomové práce.
- Stavební výkresy rodinného domu materiálové varianty dřevostavby obsažené v příloze diplomové práce.

8 Použitý software

- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016
- Kros 4
- Teplo DEK
- Ztráty 2010
- Energie 2010

9 Přílohy diplomové práce

1 Rodinný dům vápenopísková cihla

1.1 Objekt v pasivním standardu

1.1.1 Tepelně technické posouzení

1.1.2 Energetický posudek

1.1.3 Položkový rozpočet

1.1.4 Výpočet tepelných ztrát

1.2 Objekt nulový dům

1.2.1 Tepelně technické posouzení

1.2.2 Energetický posudek

1.2.3 Položkový rozpočet

1.2.4 Výpočet tepelných ztrát

1.3 Objekt bez požadavku na energetickou náročnost

1.3.1 Tepelně technické posouzení

1.3.2 Energetický posudek

1.3.3 Položkový rozpočet

1.3.4 Výpočet tepelných ztrát

1.4 Podkladové výkresy rodinného domu vápenopísková cihla

2 Rodinný dům Dřevostavba

2.1 Objekt v pasivním standardu

2.1.1 Tepelně technické posouzení

2.1.2 Energetický posudek

2.1.3 Položkový rozpočet

2.1.4 Výpočet tepelných ztrát

2.2 Objekt nulový dům

2.2.1 Tepelně technické posouzení

2.2.2 Energetický posudek

2.2.3 Položkový rozpočet

2.2.4 Výpočet tepelných ztrát

2.3 Objekt bez požadavku na energetickou náročnost

2.3.1 Tepelně technické posouzení

2.3.2 Energetický posudek

2.3.3 Položkový rozpočet

2.3.4 Výpočet tepelných ztrát

2.4 Podkladové výkresy rodinný dům dřevostavba