

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Variantské řešení návrhu projektu rodinného domu v požadovaném, nízkoenergetickém a pasivním standardu s ohledem na možné použité technologie, jejich návratnost a technologickou náročnost.**

**Zuzana Musková**

**2018**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Musková</u>	Jméno: <u>Zuzana</u>	Osobní číslo: <u>438459</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Variantní řešení návrhu projektu rodinného domu v požadovaném, nízkoenergetickém a pasivním standardu s ohledem na možné použité technologie, jejich návratnost a technologickou náročnost.</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Variant solution of a project of a family house designed in the required, low energy and passive standard with regard to the possible used technologies, their returnable and technological difficulty.</u>	
Pokyny pro vypracování: Rešerše tepelně technických požadavků na návrh obytných budov. Návrh skladeb obvodového pláště objektu RD v různých tepelně technických standardech. Výběr vhodných doplňkových technologií pro snížení energetické náročnosti objektu. Technologické porovnání různých scénářů návrhu RD s ohledem na snížení energetické náročnosti.	
Seznam doporučené literatury: ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov, Vyhláška č.78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, Sledování energetických vlastností pasivních domů - Kolektiv autorů, Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům - Eugen Nagy, Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie - Dušan Petráš a kolektiv, Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů - Josef Smola, Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie - Česká energetická agentura a Regionální energetické centrum	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Tomáš Váchal, Arquitecto Técnico</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>19.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

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

V Praze ...datum .....

Jméno a příjmení

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Váchalovi, Arquitecto Técnico za odborné vedení a hodnotné připomínky, které pomohly vzniku této bakalářské práce.

## Obsah

Úvod .....	10
1 Nízkoenergetické a pasivní domy nyní a v minulosti .....	12
1.1. Historický vývoj .....	12
1.2. Začátky v Česku .....	14
1.3. Aktuální stav .....	14
2 Základní pojmy .....	18
2.1 Definice energetických standardů budov .....	18
2.2 Ostatní základní pojmy.....	21
3 Tepelně technické požadavky .....	23
3.1 Norma ČSN 73 0540 Ochrana budov .....	23
3.2 Šíření tepla konstrukcí a obálkou budovy .....	24
3.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce .....	24
3.2.2 Součinitel prostupu tepla (U).....	24
3.2.3 Faktory ovlivňující energetické vlastnosti budovy .....	26
3.2.4 Konstrukce obvodového pláště .....	26
4 Technická zařízení ovlivňující energetickou náročnost budov .....	28
4.1 Zdroje energie a vytápění .....	28
4.1.1 Elektrické zdroje vytápění .....	28
4.1.2 Plynové zdroje vytápění .....	28
4.1.3 Zdroje na pevná fosilní paliva .....	29
4.1.4 Zdroje na biomasu (dřevo) .....	29
4.2 Alternativní obnovitelné zdroje energie .....	29
4.2.1 Tepelné čerpadlo .....	30
4.2.2 Solární kolektory .....	31
4.2.3. Fotovoltaické moduly .....	33

4.3	Větrání .....	34
5.	Praktická část .....	36
5.1	Identifikace zvoleného objektu .....	36
5.2	Výpočtový model.....	39
5.2.1	Návrh stavebního řešení obálky objektu .....	39
5.3	Součinitel prostupu tepla.....	41
5.4	Potřeba tepla na vytápění .....	45
5.5	Tepelné ztráty objektu.....	49
6	Porovnání standardů .....	53
6.1	Technologické porovnání scénářů návrhu RD s ohledem na snížení energetické náročnosti.....	53
6.1.1	Souhrnný přehled nacenění tepelných izolací, oken a trvání činnosti montáže.....	53
6.1.2	Náklady na zateplení jednotlivých konstrukcí a doby trvání činnosti – číselně a v grafech.....	54
6.2	Porovnání nákladů na vytápění.....	58
	Varianta 1 – Požadovaný standard .....	58
	Varianta 2 – Nízkoenergetický standard.....	62
	Varianta 3 – Pasivní standard .....	65
6.3	Zhodnocení návratnosti porovnávaných scénářů návrhu RD s ohledem na využití různých zdrojů vytápění .....	68
	Závěr .....	71
	Zdroje a použitá literatura.....	73
	Použitá tištěná literatura .....	73
	Právní a závazné předpisy.....	74
	Použité internetové zdroje .....	74
	Kurzy, přednášky .....	76

Výpočetní programy.....	76
Seznam zkratek.....	77
Seznam obrázků .....	78
Seznam tabulek.....	79
Seznam příloh .....	81

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá problematikou návrhu a porovnání projektu rodinného domu v náležitých standardech, a to v požadovaném, nízkoenergetickém a pasivním. Autorka se zaměřuje na řešení obálky budovy, způsoby vytápění a dostupné možnosti využití technologií snižujících energetickou náročnost budovy s ohledem na návratnost a technologickou náročnost.

### **Klíčová slova:**

Pasivní dům, požadovaný standard, nízkoenergetický dům, energetická náročnost budovy, tepelně technické vlastnosti.



## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the project of a family house designed in the required, low energy and passive standard. It addresses the possibilities of using technologies that reduce the energy performance of buildings in terms of profitability and technological difficulty.

## **Keywords**

Passive house, required standard, low-energy house, energy performance of buildings, thermal-technical properties.

## Úvod

Pasivní a nízkoenergetické domy. Termíny, které se v dnešní době skloňují ve všech pádech a udávají trendy současným podobám především rodinných domů. Náklady na provoz těchto domů jsou minimální, a přesto si jejich uživatelé mohou dopřávat tepelný komfort a zdravé prostředí.

Málokdo z nás si však uvědomuje, že snižování energetické náročnosti budov se promění z pouhého trendu na směrnici požadovaný standard, a to již v blízké budoucnosti, nová směrnice o energetické náročnosti budov totiž požaduje, aby se od roku 2020 stavěly budovy v zemích Evropské unie v téměř nulovém standardu, což je od domů nízkoenergetických už jen krok. Veřejné budovy tato nová směrnice zasáhla již do roku 2018. Konečně si svět, nebo alespoň státy Evropské unie, začaly uvědomovat, že klasické zdroje energie nejsou nevyčerpatelné a že je čas se otázkou energetiky zabývat.

Kolikrát za život budete stavět dům? Maximálně jednou – je odpověď většiny lidí, a to už je značný důvod se zabývat jeho náklady a nároky na energii, neboť to není finanční výdaj za měsíc, rok, ale jsou to finanční výdaje na celý život.

### **Cíle bakalářské práce**

V této bakalářské práci se autorka bude věnovat tepelně technickým požadavkům na návrh obytných budov s ohledem na snižování jejich energetické náročnosti a představí jaké normy mohou být vodítkem v těchto záležitostech.

Budou představeny tři úrovně rodinných domů, jimiž jsou požadovaný standard, nízkoenergetický standard a pasivní standard, a budou navrženy v optimální skladbě obálky budovy pro každý standard zvlášť podle platných právních předpisů. Cílem je jejich zařazení do energetických tříd budov dle průměrného součinitele tepla a za pomoci výpočtů tepelných ztrát a zisků bude posuzována potřeba tepla na vytápění.

Cílem této bakalářské práce bude porovnání jednotlivých variant rodinného domu s ohledem na snižování energetické náročnosti, zahrnuto bude finanční a časové hledisko. Dále se autorka bude zabývat problematikou vytápění a větrání. Budou porovnávány možnosti vytápění především

z ekonomického hlediska, tedy porovnání investice oproti úsporám na energiích. Všichni například víme, že alternativní zdroj vytápění, jako je tepelné čerpadlo, je energeticky velmi výhodný a náklady na energie se jimi velice sníží, existují možnosti získat i desetitisícové dotace, ale velkým otazníkem stále zůstává poměr pořizovacích nákladů přístroje, oproti úspoře za vytápění, tedy návratnost tohoto drahého přístroje. Právě tyto otázky návratnosti nízkoenergetických technologií daly za vznik této bakalářské práci.

# 1 Nízkoenergetické a pasivní domy nyní a v minulosti

Výstavba energeticky úsporných domů se v posledních letech stala velmi populární a její rozmach je značný, přesto se nedá říci, že vznik nízkoenergetických a pasivních domů je pouze záležitostí současnosti. Snížení energetické náročnosti objektů jde ruku v ruce se snížením ekonomické náročnosti budov a snížením zátěže na životní prostředí, a to je pro lidstvo populární již několik desítek či stovek let.

## 1.1. Historický vývoj

Energeticky úsporný dům je pouze termín dnešní doby. Lidé však jedno z hlavních pravidel energeticky úsporného bydlení znají odjakživa a pokud neměli to štěstí narodit se v zemích tropického a částí subtropického pásu, kde nejsou potřeba žádné zdroje vytápění, tak věděli, že jejich bydlení musí být utěsněné a izolované. Jako příklad může posloužit Island, který se na severu téměř dotýká severního polárního kruhu, v době Středověku. Islandské domy z této doby byly sestaveny z hlíny, mechu a trávy, takže s důrazem na dobrou izolaci objektu. Úniky tepla byly minimalizovány a tím i potřeba na ostrově problematicky dostupného paliva. Dalším zajímavým příkladem pro nás může být loď polárníka Fridtjofa Nansena pojmenovaná Fram. I ten se snažil loď zaizolovat a její boky a stropy byly pokryty až 40 centimetry různých izolantů. Nansen popisuje konstrukci lodi v knize „Za noci a na ledě“, 1887: *„Stěny jsou pokryty dehtovanou plstí, na ní je korková výplň, potom následuje obložení z jedlového dřeva, na něm je opět silná vrstva plsti, potom vzduchotěsné linoleum, nakonec opět dřevěné obložení. Stropy...mají se vším všudy tloušťku asi 40 cm. Okno, kterým by mohla pronikat zima nejsnáze, bylo chráněno trojitými skly, a ještě dalšími způsoby. Je zde teplý, příjemný příbytek. I když teploměr ukazuje 5°, nebo 30° pod nulou, netopíme v kamnech. Větrání je vynikající, protože doslova vhání ventilátorem čerstvý zimní vzduch. Proto se zabývám myšlenkou, že bych kamna nechal úplně odstranit, jenom nám překážejí...“*. [1, 2, 14, 15]



Obr. č. 1 Lod' Fram

Zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Fram.jpg>

Různé zdroje se shodují, že největší průlom nízkoenergetické výstavby nastal v 70. letech. Souvislost měly i energetická krize a ropné šoky, ty daly za vznik prvním experimentům a vědeckému výzkumu. Pokusy vznikaly napříč celý svět, největšími průkopníky jsou především USA, Dánsko a Německo. Největší důraz byl kladen na solární zisky, stále ale bylo co vylepšovat v oblasti tepelných ztrát, tepelných mostů a vzduchotěsnosti. Vznikaly také pokusy o první zásobníky energie. Jeden z prvních záznamů je z lyžařské chaty s pohyblivými reflektory ve Windhamu (stát Vermont, USA). Dokazuje to článek o této horské chatě, který Othmar Hummn zveřejnil ve své knize: „Reflektory, které je třeba vždy dvakrát v roce jinak nastavit, soustřeďují záření

do teplovzdušného kolektoru a na okenní plochu. Teplo ze vzduchu se ukládá v zásobníku naplněném kamenivem a je odtud opět vydáváno“. [1, 14, 15]

Za základ nynější nízkoenergetické výstavby je právem považována norma z roku 1975, tato stavební norma vznikla ve Švédsku a nese název SBN 75. Předpis požadoval splnění určitých součinitelů tepla pro jednotlivé konstrukční skupiny. [1]

Tab. č. 1 Norma SNB 75- Švédsko

SNB 75 - Švédsko	
konstrukce	Součinitel postupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]
stěna	0,3
střecha	0,2
podlaha	0,3
okna	2

Zdroj: HUMN, Othmar. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-657-9

## 1.2. Začátky v Česku

Pokud se na situaci podíváme z globálu, zjistíme, že první pokusy o utěsnění obálky budovy a zateplování stěn, i na našem území začaly probíhat již ve středověku. Do kamenných hradů se instalovaly dřevěné vestavby a na chladné stěny se věšely kožešiny a koberce. Později v době Baroka si obyvatelé nynější České republiky všimli, že chlad jde především od oken, toto uvědomění přispělo vzniku přídatných křídel oken z vnější strany do líce fasády. [2]

Průběh snižování energetické náročnosti budov byl u nás stejně logický jako u ostatních evropských zemích. Po zateplení vnějších stěn a oken následoval vývoj vytápěcích systémů na podstatně účinnější. [2]

## 1.3. Aktuální stav

V současné době již snižování energetické náročnosti není pouhým výstřelkem módy, spořivosti či smyslem pro šetrnost k životnímu prostředí. O povinnosti mít či nechat zpracovat energetický štítek a kategorizovat stavbu již hovoří i zákony, v České republice tyto podmínky určuje zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií v odstavci § 7 s názvem Snižování energetické náročnosti budov ve znění:

*V případě novostaveb musí stavebník plnit tyto požadavky:*

*a) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni od 1. ledna 2013,*

*b) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci (dále jen „orgán veřejné moci“) a jejíž celková energeticky vztažná plocha bude*

*1. větší než 1500 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2016,*

*2. větší než 350 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2017,*

*3. menší než 350 m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2018,*

*c) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie, a to v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1500 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2018, v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 350 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2019 a v případě budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 350 m<sup>2</sup> od 1. ledna 2020,*

*d) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti místního systému dodávky energie využívajícího energii z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla, soustavy zásobování tepelnou energií a tepelného čerpadla (dále jen „alternativní systém dodávek energie“).*

Termíny pro nutnost stavět budovy s téměř nulovou spotřebou energie přehledně v následující tabulce Tab.č.2.

*Tab. č. 2 Termíny pro nutnost stavět téměř nulové budovy*

Vlastník budovy	Energeticky vztažná plocha		
	> 1500 m <sup>2</sup>	> 350 m <sup>2</sup>	< 350 m <sup>2</sup>
Budovy, jejímž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci	Od 1. 1. 2016	Od 1. 1. 2017	Od 1. 1. 2018
Ostatní budovy	Od 1. 1. 2018	Od 1. 1. 2019	Od 1. 1. 2020

*Zdroj: Zákon č. 406/2000 ze dne 29.11.2000 o hospodaření energií, ze dne 29.11.2000.*

Zákon č. 406/2000 Sb. dále hovoří o Průkazu energetické náročnosti budov. Tento průkaz musí být zpracován v následujících situacích.

- Prodej domu – platí od 1.1.2013
  - Prodej bytu (ucelené části) – platí od 1.1.2013
- pozn.: U bytu je možno energetický štítek nahradit vyúčtováním dodávek energií za poslední 3 roky (energetický štítek není nutné zpracovávat). Není-li možné vyúčtování doložit, energetický štítek se musí zpracovat.
- Pronájem
    - o celé budovy – platí od 1.1.2013
    - o ucelené části budovy – platí od 1.1.2016
  - Stávající bytové a administrativní budovy
    - o nad 1500 m<sup>2</sup> energeticky vztažné plochy – platí od 1. 1. 2015
    - o nad 1000 m<sup>2</sup> energeticky vztažné plochy - platí od 1. 1. 2017
    - o menší než 1000 m<sup>2</sup> energeticky vztažné plochy – platí od 1.1. 2019
  - Budovy vlastněné a užívané orgánem veřejné moci
    - o nad 500 m<sup>2</sup> energeticky vztažné plochy – platí od 1.7.2013
    - o nad 250 m<sup>2</sup> energeticky vztažné plochy – platí od 1.1.2015
  - Novostavby a rekonstrukce – platí od 1. 1. 2009
    - o Je nutné ve stavebním řízení doložit energetický štítek k žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby

Dále se v České republice se řídíme vyhláškou č. 78/2013 Sb. - Vyhláškou o energetické náročnosti budov. Tato vyhláška postupně zpřísňuje požadovanou hodnotu ukazatelů energetické náročnosti - neobnovitelné primární energie  $\Delta_{ep,R}$  a průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy  $U_{em}$ . Vychází z předpisů Evropské unie a stanovuje:

*a) nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,*

*b) metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,*



c) vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,

d) vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,

e) vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a

f) umístění průkazu v budově.

Vyhláška kategorizuje budovy do klasifikačních tříd energetické náročnosti budov ve vztahu k hodnotám referenční budovy  $E_R$  v Tab.č.3 níže.

Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy.

Tab. č. 3 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	$U_{em}$	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	$E_R$		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

Zdroj: Vyhláška č. 78/2013 ze dne 22. března 2013. o energetické náročnosti budov.

## 2 Základní pojmy

Pro lepší porozumění problematiky je nezbytné se seznámit se základními pojmy a rozeznat jednotlivé energetické standardy budov.

### 2.1 *Definice energetických standardů budov*

- Nízkoenergetický dům (ND)

Za ND se uvažují budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění maximálně 50 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) a zároveň využívající velice účinný topný systém. Do budoucna se dá očekávat další pokles hranice kWh/(m<sup>2</sup>·rok), neboť technika se stále vyvíjí a zlepšuje. [3, 13]

- Pasivní dům (PD)

Není překvapením, že další úpravy a zdokonalování ND dalo za vznik PD. Za PD se uvažují budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění maximálně 15 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Na rozdíl od ND pasivní standard obsahuje další požadavky. Výchozí zásada PD je snížení tepelných ztrát budovy, proto není potřeba klasického topného systému. Pokud se bavíme o celkovém množství základní energie neměla by u těchto domů překračovat 120 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). [3, 13]

- Budova s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB)

Předchozí standardy byly nadefinovány vyhláškou, nicméně prozatím žádný z nich není legislativně závazný, oproti termínu budova s téměř nulovou spotřebou energie, anglicky nearly zero energy building (NZEB). Standard NZEB primárně uvádí Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepřacování), takzvaná EPBD II (energy performance of building directive). [16]

Tato směrnice říká, že je nutné zvýšit počet budov, které splní současné minimální požadavky na energetickou náročnost, ale zároveň odkazuje na postupné řešení problému s emisemi oxidu uhličitého a obecně snížení potřeby energie. Takže podmínky na

energeticky téměř nulovou budovu nespočívají pouze v nízké spotřebě energie, ale přidává se také částečné využití obnovitelných zdrojů, které tuto energii pokrývají. Vyhláška toto definuje požadavkem na snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu ( $\Delta_{ep,R}$ ) v rozpětí 10–25 % podle druhu budovy nebo zóny. [16]

Tab. č. 4 Porovnání požadavků jednotlivých energetických standardů

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

Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnan-energetickych-standardu>

## 2.2 Ostatní základní pojmy

- Nová Zelená úsporám

Jak si všichni umíme představit, postavit si energetický výhodný dům, není finančně snadné, jako reakci na tuto problematiku v dubnu roku 2009 zahájilo Ministerstvo životního prostředí dotační program Zelená úsporám.

Tento program pracuje s termínem velmi nízká energetická náročnost. Pohybujeme se kolem hodnot pasivního standardu a požadovaná hodnota je stanovena ve dvou úrovních (20 nebo 15 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)). Vstupní údaje pro výpočet se však oproti výpočtu pasivního standardu liší. Výpočet je proveden dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov a s využitím vstupních údajů uvedených v metodických pokynech programu Nová zelená úsporám pro tuto oblast podpory. [4, 16, 19]

Dotační řízení obsahuje soubor pravidel a postupů pro poskytování dotací. Dotaci je možné dostat na [4]:

- Částečné zateplení
- Celkové zateplení
- Pasivní dům
- Ekologické vytápění
- Solární kolektory
- Dotační bonus (v případě kombinace prvků)
- Projekt a energetické hodnocení

- Referenční budova

Referenční budovou je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak

s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [12]

- Obálka budovy

Obálka budovy je pojem, který zahrnuje všechny obalové konstrukce, to jsou konstrukce, které oddělují interiér budovy od vnějších vlivů.

- Energeticky vztažná plocha

Celková energeticky vztažná plocha je vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy. [9]

### 3 Tepelně technické požadavky

Tepelně technickými požadavky se zabývá česká technická norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky.

#### **3.1 Norma ČSN 73 0540 Ochrana budov**

V Českých normách se poprvé více konkretizovaly tepelně technické požadavky v ČSN 1450-1949 „Výpočet tepelných ztrát budovy při navrhování ústředního vytápění“. V dalších letech se normy ohledně tepelně technických požadavků upřesňovaly a rozvíjely až do současné podoby Norma ČSN 73 0540 Ochrana budov. Termín „Tepelná ochrana budov“ se jako název normy užívá od roku 1994 ve snaze o zestručnění názvu, o vyjádření důrazu na plnění specifické funkce stavby, kooperace s terminologií nových evropských předpisů. Účel této normy je následující: „Dodržení tepelně technických požadavků zajišťuje zejména prevenci tepelně technických vad a poruch budov, tepelnou pohodu uživatelů, požadovaný stav vnitřního prostředí pro užívání a technologické procesy a základ nízké energetické náročnosti budov.“  
[5; 13]

### 3.2 Šíření tepla konstrukcí a obálkou budovy

Konkrétní požadavky stanovuje ČSN 730540-2 v čl. 5.1.

#### 3.2.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Konstrukce v běžných prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu do maximálně 60 % musí ve všech místech svého vnitřního povrchu splňovat podmínku

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$$

kde

$f_{Rsi}$  je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu, stanovená ze vztahu

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

kde

$f_{Rsi,cr}$  je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu [13]

#### 3.2.2 Součinitel prostupu tepla (U)

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m<sup>2</sup> při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K a je jedním z hlavních kritérií navrhování budov se sníženou energetickou náročností. Hodnotí se dvojím způsobem. Oba způsoby musí být splněny současně. Pro budovu jako celek průměrným součinitelem tepla a pro jednotlivé druhy konstrukce dle tab. č. 5 Normové požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu  $\theta_{im}$  18 °C a 22 °C včetně. [13]



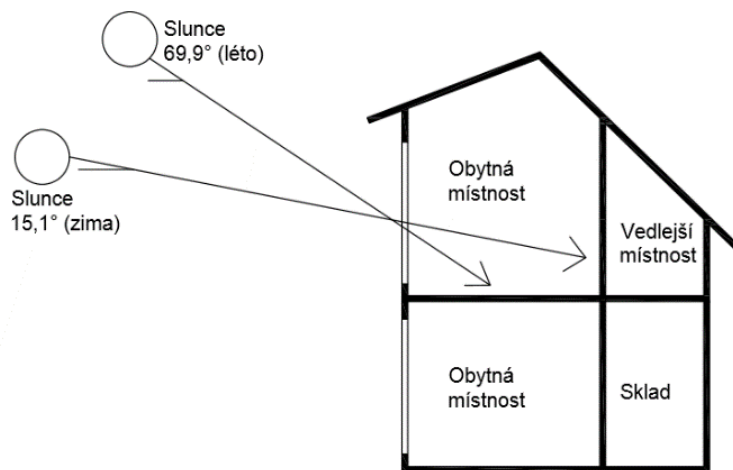
Tab. č. 5 Normové požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu  $\theta_{im}$  18 °C a 22 °C včetně.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	U	U	U
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4)</sup>	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>5)</sup>	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,7	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru, $f_w = A_w / A$ , v m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP) v m <sup>2</sup> , A <sub>w</sub> je plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných rámu v LOP v m <sup>2</sup>	pro $f_w \leq 0,5$ 0,3 + 1,4·f <sub>w</sub>	0,2 + f <sub>w</sub>	0,15 + 0,85·f <sub>w</sub>
	pro $f_w > 0,5$ 0,7 + 0,6·f <sub>w</sub>	0,2 + f <sub>w</sub>	0,15 + 0,85·f <sub>w</sub>
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1
Nekovový rám výplně otvoru <sup>8)</sup>	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Zdroj: CSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

### 3.2.3 Faktory ovlivňující energetické vlastnosti budovy

Následující odstavec se věnuje důležitosti geometrické podoby budovy a jejího zasazení na pozemek. Budovy, které mají vysoký poměr plochy obvodového pláště  $A$  a obestavěného prostoru  $V$  jsou obecně energeticky náročnější oproti budovám s hodnotou poměru  $A/V$  malým. Jakýkoli výstupek či výklenek zvyšuje hodnotu ochlazované vnější plochy budovy. Platí zde pravidlo – čím jednodušší tvar (bez výklenků, výstupků), tím energeticky příznivější. Už v začátcích je třeba myslet na co největší rozměr osluněné fasády z důvodu solárního vytápění, takže plocha jižní fasády by měla být co největší a co nejvíce prosklená, aby sluneční záření i v zimě pronikalo do domu. Vnitřní uspořádání by opět mělo držet systém jih/sever, tedy obytné místnosti situovat na jižní stranu a vedlejší, skladovací místnosti na stranu severní. [6, 13]



Obr. č. 2 Příklad návrhu energeticky příznivého domu.

Zdroj: PREGIZER, Dieter. Zásady pro stavbu pasivního domu.

### 3.2.4 Konstrukce obvodového pláště

Vhodným tepelně technickým návrhem je zajištěna soudržná obálka budovy, která má minimální počet slabých míst. Velký důraz by se měl dát především na kvalitu provedení konstrukcí, avšak nic není bezchybné a s drobnými netěsnostmi se musí počítat vždy.

#### Skladba

Skladba obvodové pláště se ověřuje dle normy ČSN 73 0540-4. Aby byla zachována přiměřená tloušťka stěny, používá se zpravidla vrstvení

konstrukce a tepelně izolační vrstva se usazuje při vnějším povrchu konstrukce, toto řešení je nejefektivnější, je však možné tepelně izolační vrstvu usadit i na stranu interiéru (například v případě historické stavby, kde vnější strana konstrukce má historickou hodnotu). Při výběru skladby konstrukce je třeba se zaměřit na součinitel prostupu tepla a tepelnou vodivost materiálů. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěnu budovy je  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  dle tab. č. 5, která ukazuje normové požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu  $\theta_{\text{im}} 18 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  včetně, ale zpravidla se snažíme dosáhnout hodnot nižších, neboť platí, že čím menší hodnota součinitele prostupu tepla, tím lepší tepelně technické vlastnosti. Obdobně je to i u tepelné vodivosti materiálů, čím menší hodnota, tím příznivější tepelně technické vlastnosti materiálu, jak lze vidět v tab. č. 6, která zobrazuje požadovanou tloušťku tepelné izolace v závislosti na skupině tepelné vodivosti izolačního materiálu. [3, 6, 13]

Tab. č. 6 Požadovaná tloušťka tepelné izolace v závislosti na skupině tepelné vodivosti izolačního materiálu

součinitel prostupu	Návrhová hodnota tepelné vodivosti $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$			
	0,025	0,03	0,035	0,04
$0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	16 cm	19 cm	23 cm	26 cm
$0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	24 cm	29 cm	34 cm	38 cm

Zdroj: PREGIZER, Dieter. Zásady pro stavbu pasivního domu.

## **4 Technická zařízení ovlivňující energetickou náročnost budov**

Úprava obálky budovy tak, aby splňovala patřičné součinitele prostupu tepla na nízkoenergetický a pasivní standard v případech běžných konstrukcí nestačí. Musí být splněny podmínky roční plošné měrné potřeby tepla na vytápění a snížené hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu, nehledě na zajištění příjemného prostředí v budově, které velmi těsná obálka budovy zhoršuje. Další část této bakalářské práce se bude zabývat především problematikou vytápění a větrání.

### **4.1 Zdroje energie a vytápění**

Potřeba energie zahrnuje především energie na vytápění, ohřev teplé vody a ostatní elektrickou spotřebu. Vytápění patří mezi významné položky nákladů na provoz budovy. U starší zástavby je především vytápění největší položka energetické bilance. Správnou volbou systému jde velmi ušetřit finance i odlehčit životnímu prostředí. Volba systému získávání energie je velmi individuální a ovlivňujícími faktory jsou především investiční náklady, pohodlí, životní prostředí, dostupnost a potřeba prostoru na skladování paliva.

#### **4.1.1 Elektrické zdroje vytápění**

Mezi hlavní výhody elektrické energie patří dostupnost a vysoká účinnost přenosu, naprostá bezobslužnost systému, elektrické zdroje vytápění vytápění neprodukují do ovzduší spaliny. [9]

Způsoby vytápění elektřinou se rozdělují na:

- Akumulační – akumulční kamna
- Hybridní kamna
- Akumulační – akumulční nádrž
- Přímotopy
- Sálavé topení
- Tepelná čerpadla

#### **4.1.2 Plynové zdroje vytápění**

V České republice je plyn velmi rozsáhlým zdrojem energie. Obzvláště díky vysokému pokrytí, tudíž velké dostupnosti. Výhody plynových kotlů jsou

pohodlná obsluha, není potřeba prostoru na skladování paliva, jsou ekologičtější než tuhá paliva a existuje velký výběr plynových kotlů. Nevýhodou je, že je spalováno vyčerpatelné fosilní palivo, podléhá cenovým výkyvům, neboť jsme závislí na jeho dodávce monopolním dodavatelem. [9]

#### 4.1.3 Zdroje na pevná fosilní paliva

Palivem je především hnědé a černé uhlí. Tato paliva jsou již na ústupu, ale při růstu cen zemního plynu nastává obnovení využívání těchto paliv. Topení tímto způsobem má však řadu nevýhod, kterou je špatná pracovní obsluha, obtížná regulovatelnost tepla, vyžaduje prostor na skladování paliva, produkce emisí. [9]

#### 4.1.4 Zdroje na biomasu (dřevo)

Nyní velmi populární způsob topení, cenově dostupný, obnovitelný a s velkou škálou výběru kotlů. Nevýhodou se může zdát snad jen potřeba prostoru na skladování. [9]

## 4.2 Alternativní obnovitelné zdroje energie

Energetika, která je založená na neobnovitelných zdrojích energie, se neustále dostává do problémů vyčerpatelnosti paliv. Těžba a zpracování neobnovitelných energetických zdrojů bývá nešetná k životnímu prostředí a je trvale neudržitelná. Díky tomu jde vidět zvýšení podílu obnovitelných zdrojů. Dle statistik Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky lze vidět měnící se situaci podílů obnovitelných zdrojů energie.

Tab. č. 7 Vývoj podílu obnovitelné energie na spotřebě elektřiny, v dopravě, na vytápění a chlazení za jednotlivé roky 2010-2016.

	Na spotřebě elektřiny	Na spotřebě v dopravě	Na vytápění a chlazení	Na konečné spotřebě energie
2010	7,52 %	5,12 %	14,01 %	10,48 %
2011	10,61 %	1,18 %*	15,29 %	10,91 %
2012	11,67 %	6,15 %	16,14 %	12,77 %
2013	12,78 %	6,34 %	17,56 %	13,85 %
2014	13,89 %	6,90 %	19,35 %	14,98 %
2015	14,07 %	6,45 %	19,64 %	14,99 %
2016	13,61 %	6,42 %	19,87 %	14,89 %

Zdroj: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/vyvoj-podilu-obnovitelne-energie--235054/>

V tab. č. 7 lze tedy vidět stoupající tendence podílů obnovitelné energie na spotřebě elektřiny, na spotřebě v dopravě, na vytápění, chlazení a celkem na konečné spotřebě energie v posledních letech. Tabulka (tab. č. 8) níže ukazuje nároky na Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu.

*Tab. č. 8 Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu (dosahitelné zvýšením využití obnovitelných zdrojů nebo zvýšením parametrů stavebních prvků obálky budovy nebo technických systémů budovy).*

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

*Zdroj: Vyhláška č. 78/2013 ze dne 22. března 2013. o energetické náročnosti budov*

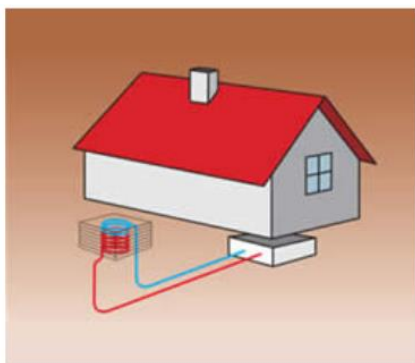
#### 4.2.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo ztělesňuje moderní a ekologickou technologii pro vytápění a ohřev teplé vody v rodinném domě. Kvůli využívání volně dostupné obnovitelné energie okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země), je pro něj charakteristická nízká spotřeba energie. K nejrozšířenějším čerpadlům patří čerpadla využívající okolní vzduch, protože je snadno přístupný a nejsou nutné podzemní vrty.

Výhodou tepelných čerpadel je bezúdržbový provoz. Po úvodním nastavení čerpadla již není potřebná žádná další obsluha zařízení. Dále jsou šetrná k životnímu prostředí, neprodukují žádné škodlivé zplodiny. Nevýhodou může být hlučnost. [8]

Tepelná čerpadla se vyznačují vysokou pořizovací cenou a následně malými náklady na provoz. [8]

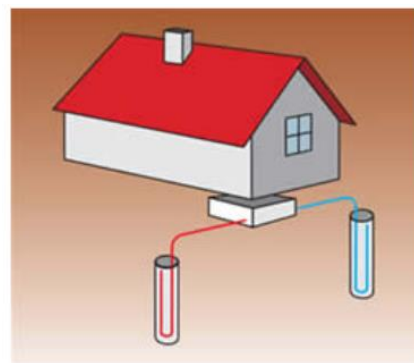
## Typy tepelných čerpadel podle zdroje tepla:



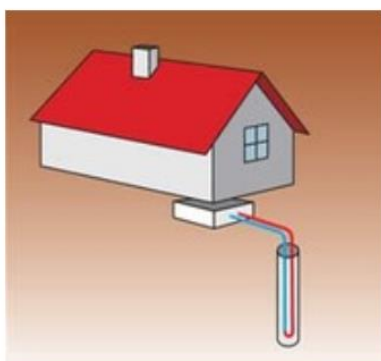
*Tepelné čerpadlo vzduch/voda - vzduch se ochlazuje ve výměníku umístěném vně budovy. © EkoWATT*



*Tepelné čerpadlo vzduch/voda - ochlazuje se vzduch odváděný větracím systémem. © EkoWATT*



*Tepelné čerpadlo voda/voda - ochlazuje se voda čerpaná ze sací studny, která se poté vypouští do vsakovací studny. © EkoWATT*



*Tepelné čerpadlo nemrznoucí kapalina/voda - výměník naplněný nemrznoucí směsí ochlazuje půdu ve vrtu nebo ve výkopu, případně vodu ve vodním toku nebo v rybníku. © EkoWATT*



Obr. č. 3 Typy tepelných čerpadel podle zdroje tepla.

Zdroj: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-čerpadla>

Efektivnost tepelného čerpadla definuje Koeficient výkonnosti COP. COP se určí podle vztahu (1):

$$\text{COP} = \Phi_{\text{TC}} / \text{PTC} \quad [-] \quad (1)$$

kde je

$\Phi_{\text{TC}}$  výkon tepelného čerpadla [W];

PTC elektrický příkon tepelného čerpadla [W]. [8]

Výrobci tepelných čerpadel se shodují, že instalace tepelného čerpadla není příliš složitá a neliší se od osazení jiné spotřební techniky.

### 4.2.2 Solární kolektory

Princip solárních kolektorů spočívá v přeměně energie dopadajícího slunečního záření na absorpční plochu na tepelnou energii, která se dále předává teplotonosné látce, protékající kolektorem do výměníku tepla

umístěným ve spotřebiči tepla, nejčastěji akumulární nádoby, zásobníku teplé vody nebo bazénu. Problémem mírného pásu je nestálé sluneční záření. [9, 21, 22]

Výkon solárního kolektoru je určen vztahem (2):

$$\dot{Q}_k = \dot{M} \cdot c \cdot (t_{k2} - t_{k1}) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde je

$\dot{M}$  hmotnostní průtok teplotnosné kapaliny kolektorem, [kg/s];

$c$  měrná tepelná kapacita teplotnosné kapaliny, [J/(kg·K)];

$t_{k1}$  teplota na vstupu do solárního kolektoru [°C];

$t_{k2}$  teplota na výstupu ze solárního kolektoru [°C].

Účinnost solárních kolektorů je dána vztahem (3):

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G} \quad (3)$$

kde je

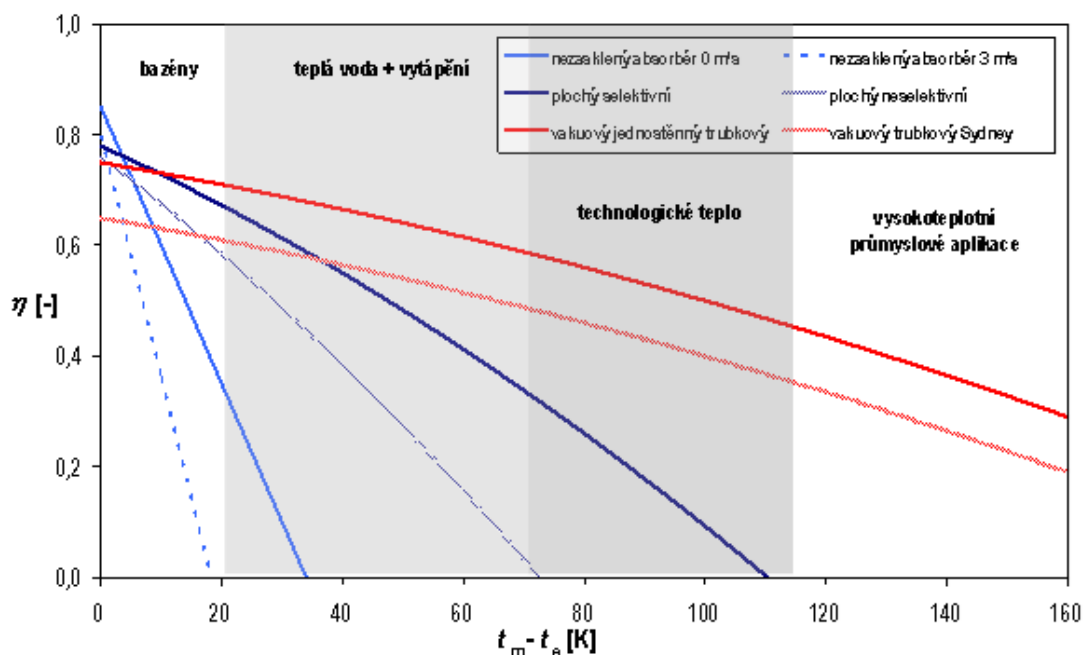
$\eta_0$  je účinnost solárního kolektoru při nulovém teplotním spádu mezi střední teplotou teplotnosné kapaliny  $t_m$  a okolím  $t_e$  (nulové tepelné ztráty), zjednodušeně označována jako "optická účinnost";

$a_1$  lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru [W/(m<sup>2</sup>·K)];

$a_2$  kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru (vyjadřuje teplotní závislost) [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)].



Křivka účinnosti solárního kolektoru je výrobcem garantovaný parametr.



Obr. č. 4 Křivka účinnosti solárního kolektoru

Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>

Téma solárního vytápění je komplexní a z důvodu rozsahu bakalářské práce v jejích praktických částech nebude řešeno.

#### 4.2.3. Fotovoltaické moduly

Fotovoltaické panely slouží k přeměně dopadajícího slunečního záření přímo na elektřinu. K přeměně energie dochází ve fotovoltaických článcích, které se sériově spojují do fotovoltaických modulů (panelů), aby se dosáhlo většího napětí a výkonu. [10; 23; 24]

Dle typu výroby článků dělíme panely na:

Monokrystalický – účinnost 14-17 %;

Polykrystalický – účinnost 13-16 %;

Amorfní – účinnost 5-7 %.

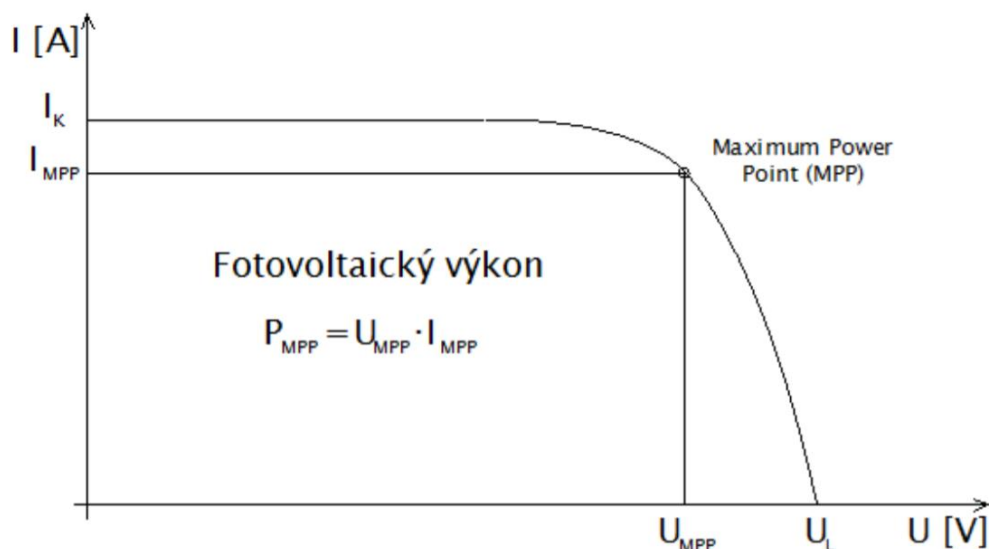
Fotovoltaický výkon je popsán vztahem (4):

$$P_{MPP} = U_{MPP} \cdot I_{MPP} \quad [W] \quad (4)$$

Kde je

$U_{MPP}$  je napětí v bodě maximálního výkonu [V];

$I_{MPP}$  je proud v bodě maximálního výkonu [A]. [10]



Obr. č. 5 - V/A charakteristika fotovoltaického modulu

Zdroj: MAREČEK, Jan. *Návrh systému fotovoltaických panelů pro rodinný dům*. Brno, 2013.

Bakalářská práce. Vysoké učení v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.

Téma solárního vytápění je komplexní a z důvodu rozsahu bakalářské práce v jejích praktických částech nebude řešeno.

### 4.3 Větrání

Přívod čerstvého vzduchu do budovy je velmi důležitý, neboť má vliv na lidské zdraví a pohodu. Větrání ovlivňuje především teplotu a vlhkost v místnostech.

Dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání obytných místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 1/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. [9]

### **4.3.1 Systémy větrání budov**

- Přirozené větrání

Tento typ větrání je způsoben rozdílem hmotností vnitřního vzduchu a vnějšího vzduchu o různých teplotách a zároveň účinky větru. V případě zavřených oken a dveří vzduch proniká přes netěsné spáry.

#### Kombinované větrání

Část větrání probíhá jako nucené například prostřednictvím odsávání ze sociálních zařízení či kuchyní.

- Nucené větrání

Nucené větrání je potřeba zajistit v případě, že obálka budovy je málo propustná. Tento systém se začíná využívat k optimalizaci spotřeby energie s cílem snížení spotřeby a také k vytvoření požadovaného prostředí v domě. Systémy nuceného větrání lze rozdělit jako

- větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperace), s odděleným odvětráváním sociálních zařízení a kuchyní,

- klimatizace

Princip zpětného získávání tepla spočívá v přenosu tepla z ohřátého vnitřního vzduchu na výměnu, do čerstvého vzduchu zvenčí. Účinnost běžných teplosměnných (rekuperačních) ploch výměníku se pohybuje mezi 60-80%. Účinnost regeneračních (akumulačních) hmot může být ještě o něco vyšší, až 85%. [9]

## 5. Praktická část

V této části bakalářské práce se autorka bude věnovat porovnáním různých scénářů návrhu RD s ohledem na snížení energetické náročnosti. Jedná se o požadovaný, nízkoenergetický a pasivní standard. Jednotlivé standardy budou navrženy, aby splňovaly patřičné součinitele prostupu tepla, a ztráty a zisky odpovídaly vhodné energetické náročnosti pro stanovené standardy. Typový dům nebyl vybírán s ohledem na energeticky výhodnou geometrickou podobu budovy. Nebyly tedy brány v potaz faktory zmíněné v kapitole 3.2.3 Faktory ovlivňující energetické vlastnosti budovy – poměr plochy obvodového pláště  $A$  a obestavěného prostoru  $V$ , rozměr osluněné fasády, jižní prosklené plochy apod. Předmětem je návrh obalové konstrukce budovy – obvodové stěny, střecha a podlaha nad terénem. Součinitelé prostupů tepla otvorů navrženy v souladu s 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

### 5.1 Identifikace zvoleného objektu

Hodnocený dům byl vybrán z katalogu na webových stránkách společnosti Euroline. Jedná se o poschodový rodinný dům s přízemím a obytným podkrovím bez suterénu Aktual 421, jehož vizualizaci lze vidět na obr. č. 6. Tento rodinný dům s celkovou užitnou plochou 88,44 m<sup>2</sup> splňuje nároky pro bydlení 3-4 členné rodiny. Výhodou tohoto rodinného domu je malá zastavěná plocha (půdorysné rozměry 7,5m x 8m = 60 m<sup>2</sup>).

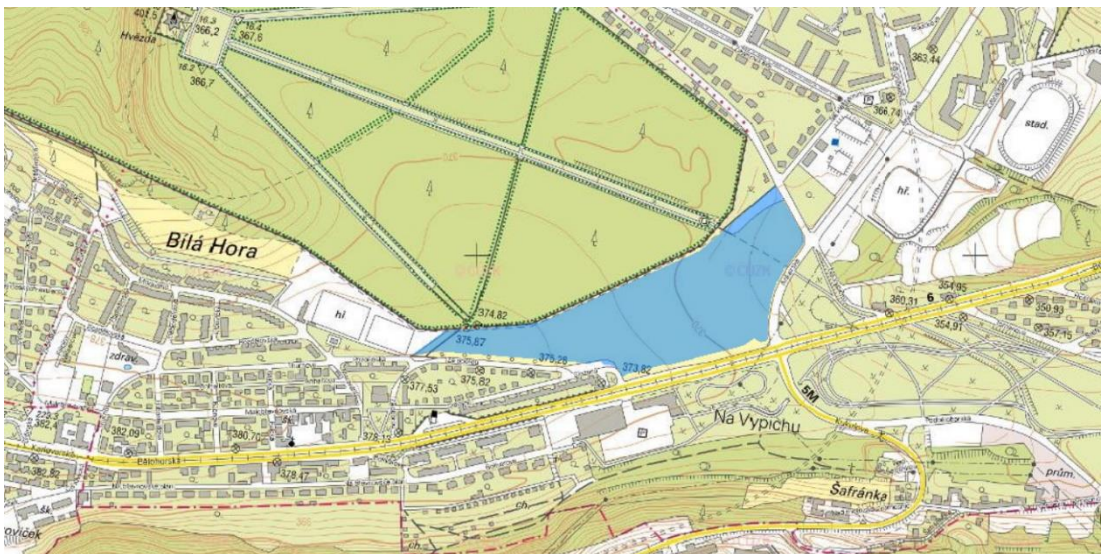
V prvním nadzemním podlaží se nachází chodba, koupelna + WC, kuchyň a obývací pokoj. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází chodba, ložnice, 2 pokoje, koupelna + WC.

Jako typový pozemek je použita parcela č.2557/1 v ulici Bělohorská v Praze 6. Situaci lze vidět na obr. č. 7. Prostor je ohraničen komunikací Bělohorská a oborou Hvězda. V blízkosti stavby se nachází stávající zástavba rodinných domů a obchod Kaufland. Objekt zasahuje do památkově chráněného území. Pro naše účely však tento fakt zanedbáme.



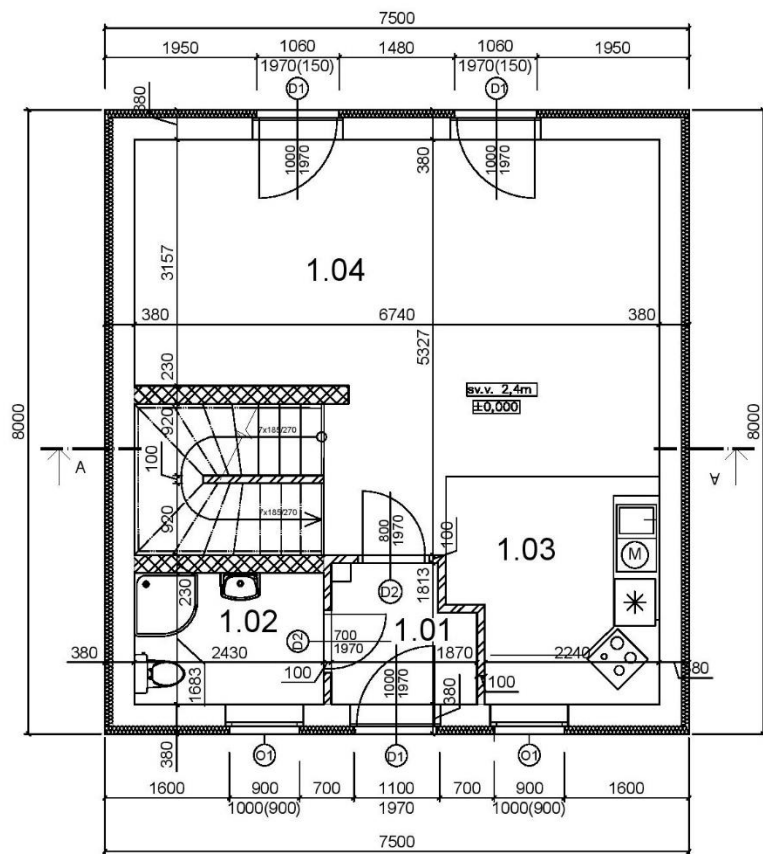
Obr. č. 6 Typový dům

Zdroj: <http://www.euroline.cz/cz/projekty/rodinne-domy/detail-domu/RD-Aktual-421.html>



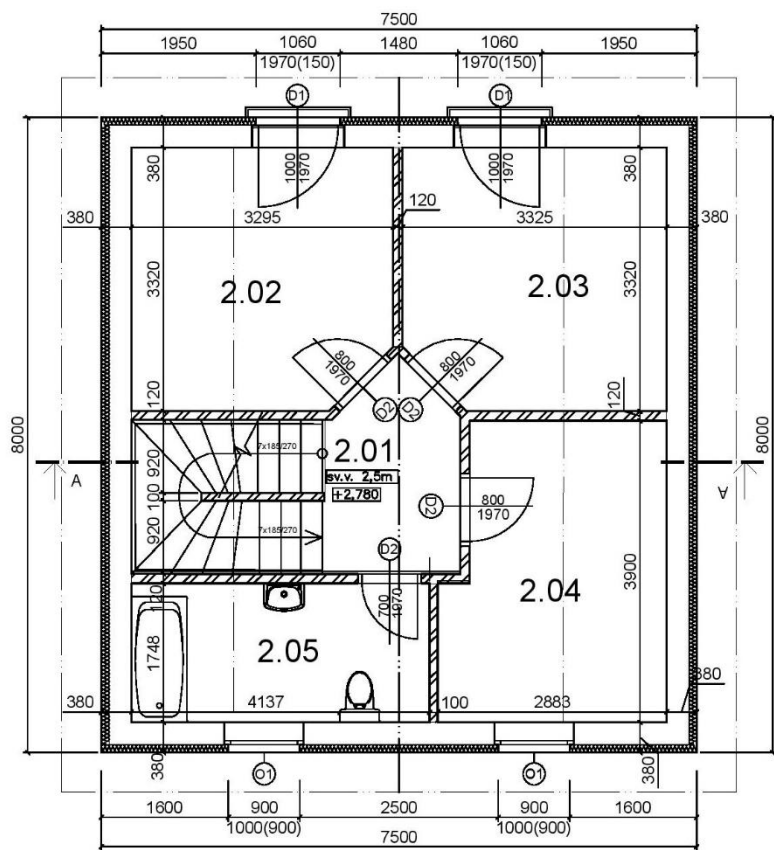
Obr. č. 7 Typová parcela

Zdroj: <http://www.ikatastr.cz/>



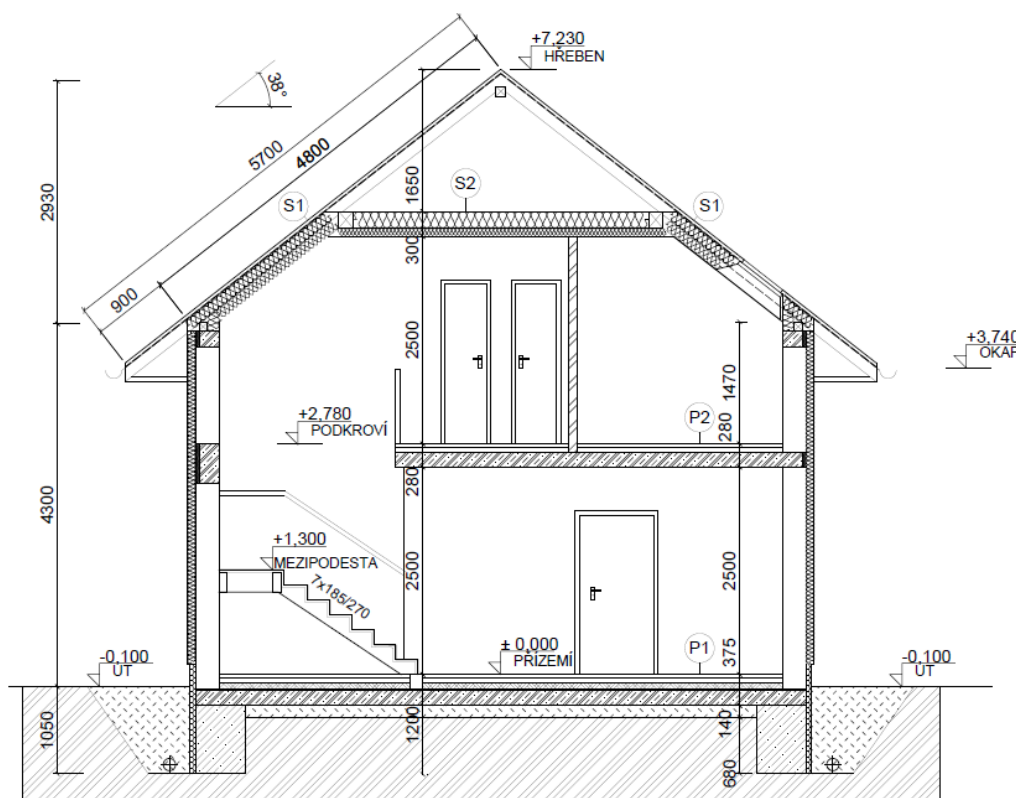
Obr. č. 8 – Půdorys 1

Zdroj: Vlastní tvorba



Obr. č. 9 – Půdorys 2

Zdroj: Vlastní tvorba



Obr. č. 10 Řez A-A'

Zdroj: vlastní tvorba

## 5.2 Výpočtový model

### 5.2.1 Návrh stavebního řešení obálky objektu

Jedním z hlavních pravidel snižování energetické náročnosti budovy je zajistit těsnost budovy. Proto se autorka v následující kapitole zabývá návrhem obálky budovy. Typový dům bude navržen ve třech variantách – požadovaný standard, nízkoenergetický standard a pasivní standard. Hlavním kritériem návrhu se stala hodnota součinitele tepla, kterou udává ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov.

Jak ukazuje tab. č. 9, pro požadovaný standard platí, že hodnota součinitele prostupu tepla nepřesáhne hodnotu  $U_{N,20}$ , pro nízkoenergetický standard platí, že součinitel prostupu tepla nepřesáhne hodnoty  $U_{rec,20}$ , obdobně je tomu pro standard pasivní, který se zabývá hodnotami  $U_{pas,20}$ .

Tab. č. 9 Součinitelé prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty UN,20	Doporučené hodnoty Urec,20	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy Upas,20
Stěna vnější	0,3	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 až 0,15

Zdroj: ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov.

- Návrh obvodových stěn

Obvodové stěny jsou vyzděny z cihel Porotherm 30 profi a jako zateplovací systém je zvolen Baumit open. Skladba obvodové stěny je následující:

Tab. č. 10 Návrh skladby obvodové stěny

KONSTRUKCE	Požadovaný standard-tloušťky [mm]	Nízkoenergetický standard-tloušťky [mm]	Pasivní standard-tloušťky [mm]
<b>OBVODOVÁ STĚNA</b>			
Baumit hlazená omítka	15	15	15
Penetrační nátěr	-	-	-
Porotherm 30 Profi	300	300	300
Baumit openContact	20	20	20
Baumit open EPS-F	60	140	200
Baumit OpenContact	3	3	3
Baumit openTex-výztuž základní vrstvy	-	-	-
Penetrační nátěr	-	-	-
Baumit NanoporTop	1,5	1,5	1,5

Zdroj: vlastní tvorba

- Návrh střešní konstrukce

Jako plášť střechy je navržena jednovrstvá konstrukce tvořená pojistnou hydroizolací, tepelnou izolací mezi krokvemi, tepelnou izolací pod krokvemi, parotěsnou folií a pohledovou vrstvou.

Ve výpočtu je uvažována nehomogenost vrstvy s krokvemi a  $\lambda$  je přepočítána.

Střechu budeme zateplovat systémem na bázi skelné izolace.



Tab. č. 11 Návrh skladby střešní konstrukce

KONSTRUKCE	Požadovaný standard-tloušťky [mm]	Nízkoenergetický standard-tloušťky [mm]	Pasivní standard-tloušťky [mm]
STŘECHA			
Sádkartonové desky	12,5	12,5	12,5
Isover Unirol Profi	50	50	50
Isover Vario KM Duplex	1	1	1
Isover Unirol Profi	50	50	160
Isover Unirol Profi	160	160	160
Tyvek Soft	2	2	2

Zdroj: Vlastní tvorba

- Návrh podlahy nad terénem

Nášlapná vrstva zvolena jako dlažba. Podlaha nad terénem navržena následovně:

Tab. č. 12 Návrh skladby podlahy nad terénem

KONSTRUKCE	Požadovaný standard-tloušťky [mm]	Nízkoenergetický standard-tloušťky [mm]	Pasivní standard-tloušťky [mm]
PODLAHA NAD TERÉNEM			
Dlažba	10	10	10
Lepící tmel	6	6	6
Penetrace	-	-	-
Betonová mazanina	50	50	50
Vedag Vedaflor TGF	0,2	0,2	0,2
Isover EPS Perimetr	80	100	210
Elastodek 40 Medium	4	4	4
Geotextilie	-	-	-
Podkladní beton	150	150	150
šterkový podsyp hutněný	100	100	100
zemina	2000	2000	2000

Zdroj: vlastní tvorba

### 5.3 Součinitel prostupu tepla

O součiniteli prostupu tepla hovoří vyhláška 78/2018 Sb.

Součinitel prostupu tepla je jedním z důležitých ukazatelů energetické náročnosti budov. Průměrný součinitel prostupu tepla je dokonce jedním z kritérií klasifikace budov do energetických tříd A až G.

Tab. č. 13 Klasifikace tříd hodnocení budov z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	$U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	
A	$U_{em} \leq 0,65 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně úsporná
B	$0,65 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,8 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná
C	$0,8 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 1,0 \cdot U_{em,N}$	Úsporná
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Méně úsporná
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná

Zdroj: Vyhláška 78/2013 Sb.

Součinitel prostupu tepla společně s celkovou dodanou energií a neobnovitelnou primární energií a dílčími dodanými energiemi stanovují klasifikační třídy energetické náročnosti budov. Horní hranice klasifikačních tříd A až G pro součinitel prostupu tepla jsou uvedeny v Tab.č.13.

Dle vyhlášky 78/2018 Sb. platí:

Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy  $U_{em,R}$  se stanoví podle vztahu (5):

$$U_{em,R} = U_{em,N,20,R}, \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (5)$$

pro  $\theta_{im}$  od 18 °C do 22 °C včetně, kromě budov s téměř nulovou spotřebou energie, u kterých vztah výše platí pro  $\theta_{im}$  od 18 °C včetně.

Požadovaná základní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy  $U_{em,N,20,R}$  se stanoví jako vážený průměr normových požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla  $U_{N,20}$  všech teplosměnných konstrukcí obálky jednozónové budovy podle vztahu (6):

$$U_{em,N,20,R} = \int R \cdot [\sum (U_{N,20,j} \cdot A_j \cdot b_j) / \sum A_j + \Delta U_{em,R}] \quad (6)$$

kde  $\int R$  je redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla podle tab. č. 14.

Tab. č. 14 Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele tepla

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota		
			Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	JR	-	1	0,8	0,7

Zdroj: Vyhláška 78/2013 Sb.

UN,20j normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C, ve  $W/(m^2 \cdot K)$ , podle ČSN 730540-2:2011.

Pro nové budovy je požadovaná základní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy  $U_{em,N,20,R}$  rovna nejvýše:

- pro obytné budovy -  $U_{em,N,20,R,max} = 0,50 W/(m^2 \cdot K)$ ;

Výsledné hodnoty součinitelů prostupů tepla navržených skladeb výše vypočítané programem Teplo 2017 [29] klasifikovány do energetických tříd podle horních hranic referenčních hodnot součinitelů prostupu tepla.

Protokoly z programu Teplo k nahlédnutí jako Přílohy 2-9.

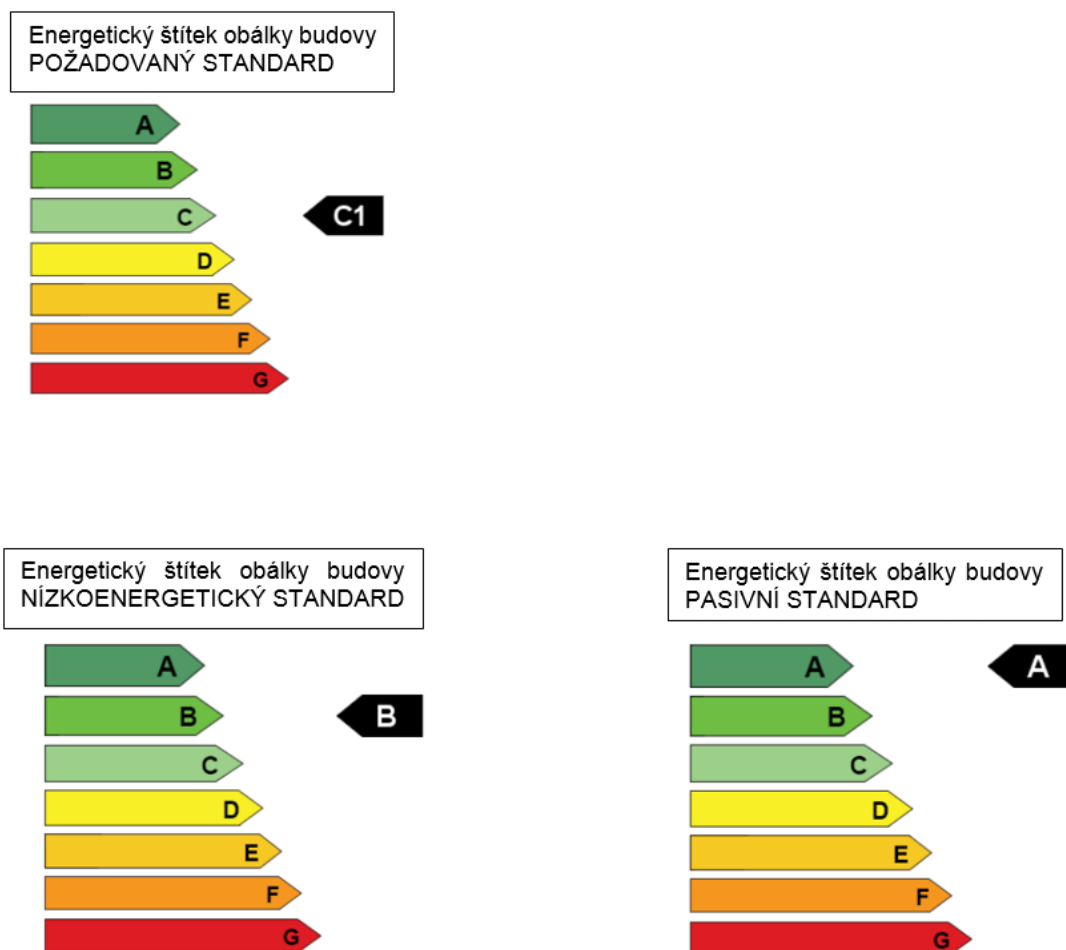
Tab. č. 15 Porovnání a kategorizace dle průměrných součinitelů prostupu tepla

Referenční $U_{em,R}$		0,2859 [W/m <sup>2</sup> K]			
Horní hranice součinitelů prostupu tepla pro kategorie A,B,C [W/m <sup>2</sup> K]		Výsledné hodnoty průměrných součinitelů tepla [W/m <sup>2</sup> K]			
A	$0,65 \cdot U_{em,R}$	0,1859	>	0,1452	Pasivní standard
B	$0,8 \cdot U_{em,R}$	0,2288	>	0,2005	Nízkoenergetický standard
C	$1 \cdot U_{em,R}$	0,2860	>	0,2839	Požadovaný standard

Zdroj: Vyhláška 78/2013 Sb.

## Výsledné zařídění standardů

Na Obr. č. 11 lze vidět zaříděné standardy do energetických tříd budov dle průměrného součinitele prostupu tepla.



Obr. č. 11 Vyhodnocení a kategorizace do tříd energetické náročnosti

Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor->

*a-dotaci-zelena-usporam*

## 5.4 Potřeba tepla na vytápění

Princip výpočtu je stanoven v normě ČSN 13790 [28]

Potřeba tepla na vytápění se stanoví dle vztahu (7):

$$Q_h = Q_L - \eta \cdot Q_G \text{ [kWh]} \quad (7)$$

kde je

$Q_L$  tepelné ztráty [kWh];

$Q_G$  tepelné zisky [kWh];

$\eta$  stupeň využití tepelných zisků [-]

Obvyklým vyjádřením výsledku je měrná potřeba tepla na vytápění (8):

$$E_A = \frac{\sum_1^{12} Q_{H,nd}}{A_H} \quad \text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \quad (8)$$

Kde je

$A_H$  energeticky vztažná plocha [ $\text{m}^2$ ]

Pro lepší kooperaci s výpočtovým kalkulátorem Porovnání nákladů na vytápění TZB-info [25] tepelné ztráty a zisky zde budou počítány zvlášť a nebudou vztahovány na časový úsek. Výsledné hodnoty ztrát a zisků budou tedy ve wattech a dle algoritmu programu bude uvažována návrhová venkovní teplota dle ČSN 38 3350. Konkrétní potřeba tepla na vytápění bude dále počítána online kalkulátorem Porovnání nákladů na vytápění TZB-info [25].

- VÝPOČET CELKOVÝCH TEPELNÝCH ZISKŮ

Tepelné zisky počítáme zjednodušeným výpočtem dle kurzu Stavební fyzika na Fakultě stavební, ČVUT [28]

Tepelné zisky získáme ze vztahu (9):

$$Q_{H,gn} = Q_{H,i} + Q_{H,s} \quad [\text{MJ, kWh}] \quad (9)$$

$Q_{H,i}$  jsou vnitřní tepelné zisky [MJ, kWh]

$Q_{H,s}$  jsou solární tepelné zisky [MJ, kWh]

- VÝPOČET SOLÁRNÍCH ZISKŮ

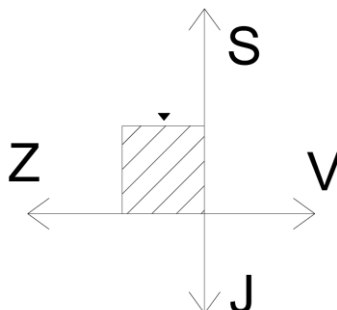
Výpočet solárních zisků proběhl dle vztahu (10):

$$Q_{H,s} = I_s \cdot A_s \quad [\text{MJ, kWh}] \quad (10)$$

$I_s$  je celkové množství sluneční energie (globální záření) dopadající na okno [MJ/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>2</sup>]

$A_s$  je solární účinná plocha [m<sup>2</sup>]

Hodnoty globálních solárních záření pro každý den v roce pro příslušné světové strany získány z datového souboru Klimatické údaje pro Prahu (klimadata\_prague), vygenerováno softwarem Meteonorm 7. [28]



Obr. č. 12 Orientace RD na pozemku

Zdroj: vlastní tvorba

Pro průměrnou hodnotu celkového množství sluneční energie dopadající na okno platí (11):

$$I_s = \frac{\sum_1^n G_i}{n} \quad [\text{W/m}^2] \quad (11)$$

Kde

$G_i$  jsou hodnoty globálních solárních záření [W/m<sup>2</sup>]

$n$  počet hodin [-]

Tab. č. 16 Výsledky průměrné intenzity globálního slunečního záření

JIH		SEVER		ZÁPAD	
G_G (90,0)	Σrok=838 kWh/a	G_G (90,180)	Σrok= 370 kWh/a	G_G (90,90)	Σrok= 672 kWh/a
Průměrná intenzita globálního slunečního záření na plochu	0,0956 kW/m <sup>2</sup>	Průměrná intenzita globálního slunečního záření na plochu	0,042237 kW/m <sup>2</sup>	Průměrná intenzita globálního slunečního záření na plochu	0,07671 kW/m <sup>2</sup>

Zdroj: vlastní tvorba

Solární účinná plocha je definována vztahem (12):

$$A_s = A \cdot g \cdot F_s \cdot F_c \cdot (1 - F_F) \quad [\text{m}^2] \quad (12)$$

A je plocha okna [m<sup>2</sup>]

g je celková propustnost slunečního záření [ - ]

F<sub>s</sub> je korekční činitel stínění (překážky mimo rovinu okna) [ - ]

F<sub>c</sub> je korekční činitel clonění (překážky v rovině okna) [ - ]

F<sub>F</sub> je korekční činitel rámu (poměr rámu k ploše okna) [ - ]

Celková propustnost slunečního záření g zahrnuje propustnost slunečního záření zasklení z čírého skla g<sub>1</sub> (tab. č. 17) dle ČSN 730542 a dále uvažuje znečištění skla g<sub>2</sub>=0,9.

$$g = g_1 \cdot g_2 [-]$$

Tab. č. 17 Propustnost slunečního záření

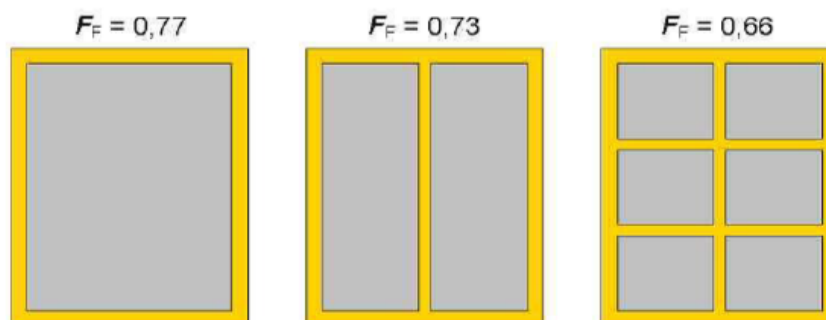
Propustnost slunečního záření zasklení g <sub>1</sub> z čírého skla dle ČSN 730542.			
Počet skel	1	2	3
Propustnost g <sub>1</sub>	0,9	0,81	0,73

Zdroj: ČSN 730542

Korekční činitel stínění F<sub>s</sub>=1. Okna nejsou zastíněna žádnou překážkou mimo rovinu okna.

Korekční činitel stínění F<sub>c</sub>=1. Okna nejsou zastíněna žádnou překážkou v rovině okna.

Zvolený korekční činitel rámu byla zvolena hodnota  $F_F=0,77$  pro okno s klasickým rámem bez okenic.



Obr. č. 13 Korekční činitelé rámu

Zdroj: NOVÁK, Jiří. Přednášky a cvičení kurzu Stavební fyzika SF01. ČVUT. Fakulta stavební.

Praha. 2017.

Plochy oken A

Plocha všech oken na jižní straně domu  $A_J=8,3528 \text{ m}^2$

Plocha všech oken severní straně domu  $A_S=3,6 \text{ m}^2$ .

Plocha všech oken na západní straně domu  $A_Z=0,429 \text{ m}^2$ .

Tab. č. 18 Tepelné solární zisky

Tepelné solární zisky požadovaný standard [W]			Tepelné solární zisky nízkoenergetický + pasivní standard [W]		
Jih	Sever	Západ	Jih	Sever	Západ
133,9760	28,3275	5,5178	120,7438	22,9768	4,9728
Celkové solární zisky [W]			Celkové solární zisky [W]		
167,8213			148,6933		

Zdroj: vlastní tvorba

- VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY

Vnitřní tepelné zisky zahrnují (13):

$$Q_{H,i} = Q_{OP} + Q_S \quad [W] \quad (13)$$

Kde je

$Q_{OP}$  tepelný zisk od přítomných osob [W];

$Q_S$  tepelný zisk od přítomných spotřebičů [W]

V této části bakalářské práce bude počítán zisk pouze od přítomných osob. Zisk od spotřebičů bude zadávám konkrétně do výpočetního programu dle jednotlivých variant návrhu.



Stanovený počet osob v domě je 4. Uvažujeme stav, kdy osoby tráví v domě hodiny tak, jak je vidět v Tab.č.19.

Tab. č. 19 Časový úsek a počet přítomných osob

Časový úsek dne [h]	0:00-8:00	8:00-14:00	14:00-20:00	20:00-24:00
Počet přítomných osob	4	2	3	4

Zdroj: Vlastní tvorba

Průměrný počet osob v budově =  $(8,4+6,3+4,4)/24= 3,25$ .

Tepelný zisk od osob poté stanovíme vztahem (14): [26]

$$QL = n_L \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \text{ [W]} \quad (14)$$

Kde je

$n_L$  počet osob [-]

$t_i$  teplota interiéru [°C]

Tepelný zisk od osob je tedy 322,4 W.

### 5.5 Tepelné ztráty objektu

Hodnota tepelných ztrát byla stanovena zjednodušeným výpočtem v souladu s ČSN EN ISO 13789 a ČSN EN ISO 13370 a výpočtové teploty stanoveny dle ČSN EN 12831. Výpočet byl sestaven na základě vzoru výpočtové tabulky na stránkách Katedry technických zařízení budov Fakulty stavební. [27]

- VÝPOČET CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY

Pro celkovou tepelnou ztrátu platí vztah (15):

$$\phi_L = \phi_T + \phi_V \quad \text{[W]} \quad (15)$$

kde:

$\phi_T$  je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostou [W]

$\phi_V$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Tab. č. 20 Výsledky celkových tepelných ztrát

TEPELNÉ ZTRÁTY CELKEM [W]		
Požadovaný standard	Nízkoenergetický standard	Pasivní standard
4362,7	3603,3	3125,6

Zdroj: vlastní tvorba

- Výpočet tepelných ztrát prostupem dán vztahem (16)

$$\Phi_T = HT \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \text{ [W]} \quad (16)$$

kde:

HT je součinitel tepelné ztráty prostupem

$\Theta_i$  je vnitřní výpočtová teplota [°C]

$\Theta_e$  je vnější výpočtová teplota [°C]

Pro součinitel tepelné ztráty prostupem platí (17):

$$HT = HT_{,ie} + HT_{,iue} + HT_{,ig} + HT_{,ij} \quad \text{[W/K]} \quad (17)$$

HT<sub>,ie</sub> je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes obvodový plášť budovy [W/K];

HT<sub>,iue</sub> je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor (u) [W/K];

HT<sub>,ig</sub> je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru (i) do přilehlé zeminy (g) [W/K];

HT<sub>,ij</sub> je tepelná ztráta z vytápěného prostoru (i) do vedlejších vytápěných prostor (j) s výrazně odlišnou teplotou [W/K];

Podle zvolené oblasti modelové parcely do výpočtu uvažujeme jako vnější výpočtovou teplotu  $\theta_e = -12$  °C a jako teplotu interiéru obytné budovy dle normy ČSN EN 12831  $\theta_i = 20$  °C. Ve výpočtu se zaměřujeme pouze na obálku budovy, prostupy přes vnitřní stěny jsou zanedbány, to znamená  $HT_{,iue} = 0$  a zároveň součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu  $HT_{,ij} = 0$ .

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostředí do venkovního prostředí pláštěm budovy, tj. stěnami, podlahou dveřmi a okny platí (18):

$$HT_{,ie} = \sum Ak \cdot Uk \cdot ek + \sum \psi l_1 \cdot l_1 \cdot e_1 \quad [\text{W/K}] \quad (18)$$

kde

$Ak$  je plocha stavební části (plocha bez otvorů) [ $\text{m}^2$ ]

$ek, el$  korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům

$\psi l$  činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [ $\text{W/m} \cdot \text{K}$ ]

$l_l$  délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m]

Pro zjednodušení výpočtu neuvažujeme tepelné mosty v konstrukci, proto hodnoty  $l_l$  a  $\psi l$  ve výpočtu zanedbáme.

Zjednodušený vzorec tedy bude (19):

$$HT_{,ie} = \sum Ak \cdot Uk \cdot ek \quad [\text{W/K}] \quad (19)$$

Dle normy ČSN EN 12831 je stanovena základní hodnota pro korekční činitel  $ek = 1,0$ .

Tab. č. 21 Výsledné hodnoty tepelné ztráty prostupem

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM [W]		
Požadovaný standard	Nízkoenergetický standard	Pasivní standard
2492,3	1732,9	1255,2

Zdroj: vlastní tvorba

- Výpočet tepelných ztrát přirozeným větráním (20):

$$\phi Vi = HV_{,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (20)$$

kde:

$HV_{,i}$  je součinitel tepelné ztráty větráním dán vztahem (21):

$$HV_{,i} = Vi \cdot \rho \cdot cp \quad [\text{W/K}] \quad (21)$$

kde

$Vi$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\rho$  hustota vzduchu při  $\theta_{int,i}$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$cp$  měrná tepelná kapacita vzduchu

Měrná tepelná kapacita vzduchu uvažována 0,28 Wh/kg·K a hustota vzduchu  $\rho$  při  $\theta_{int,i}=20^{\circ}\text{C}$  je 1,2 kg/m<sup>3</sup>.

Tab. č. 22 Výsledné tepelné ztráty větráním

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM[W]		
Požadovaný standard	Nízkoenergetický standard	Pasivní standard
1870,4		

Zdroj: vlastní tvorba

## 6 Porovnání standardů

### 6.1 Technologické porovnání scénářů návrhu RD s ohledem na snížení energetické náročnosti.

V kapitole 5.2.1 byly navrženy tři varianty stavebního řešení obálky typového domu – požadovaný standard, nízkoenergetický standard, pasivní standard. Rozdíl ve skladbě konstrukcí jednotlivých variant spočívá v rozdílné tloušťce tepelných izolací dílčích konstrukcí (tab. č. 10, tab. č. 11; tab. č. 12). Okna jsou taktéž navržena tak, aby odpovídala patřičným standardům. Pro přehled finanční a časové náročnosti těchto rozdílů v konstrukcích bylo v následujících podkapitolách vypracováno porovnání.

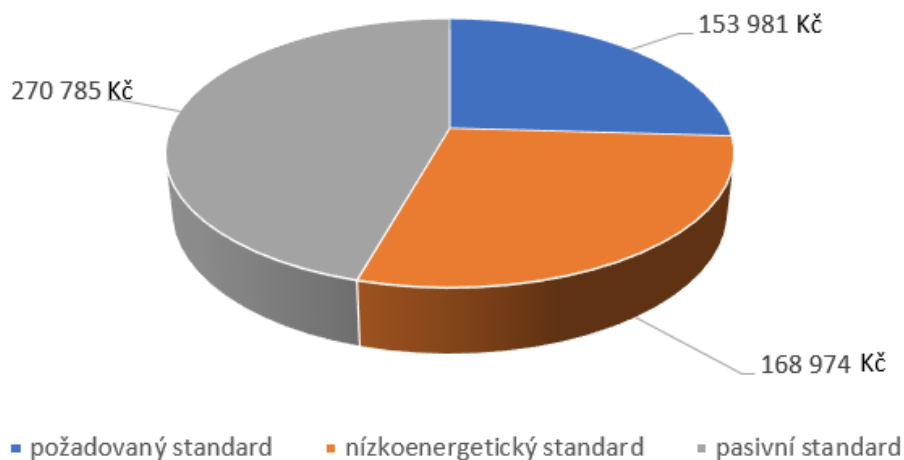
Data k vyhodnocení časové náročnosti a nacenění montážních prací a materiálu byla převzata ze systému pro přípravu, realizaci a monitoring stavebních zakázek EuroCALC 3 [30]. Tato data jsou pouze orientační a hodnoty především montážních prací se mohou oproti reálné situace lišit. Pro účely porovnání finanční a časové náročnosti pro varianty RD jsou údaje dostačující.

V následujících porovnáních se budeme věnovat položce tepelná izolace, protože právě tloušťka zateplení udává rozdíly v návrhu jednotlivých standardů a návrh ostatních vrstev v konstrukcích je jednotný.

#### 6.1.1 Souhrnný přehled nacenění tepelných izolací, oken a trvání činnosti montáže

V grafu (obr. č. 14) lze vidět souhrnný přehled rozdílů konečných nákladů za celkové zateplení. Průběh všech položek naceňování je podrobněji popsán v dalším textu. Dle očekávání cena za zateplení stoupá s tloušťkou izolace. Není tedy divu, že cena zateplení pasivního RD je přibližně o 60 % dražší než u nízkoenergetického RD a přibližně o 75 % dražší než RD v požadovaném standardu. Co se týče trvání činností, změna nastala pouze při pokládce dvou vrstev podlah z jednoho dne na dva a tím se změnila i cena za montáž.

## Celkové náklady na zateplení jednotlivých standardů



Obr. č. 14 Graf – celkové náklady na zateplení

Zdroj: Vlastní tvorba

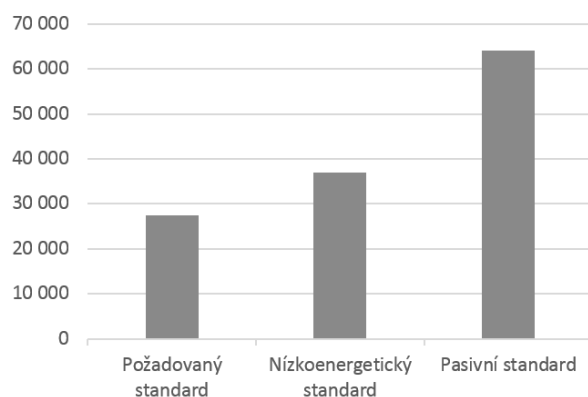
### 6.1.2 Náklady na zateplení jednotlivých konstrukcí a doby trvání činnosti – číselně a v grafech

Tab. č. 23 Stěny – celkem zateplení

Izolace tepelná		cena celkem [kč]	trvání celkem [dní]
Stěny	Požadovaný standard	27 472	4
	Nízkoenergetický standard	37 019	4
	Pasivní standard	64 069	4

Zdroj: Vlastní tvorba

#### Cenový rozdíl jednotlivých standardů - tepelná izolace stěn



Obr. č. 15 Stěny – celkem zateplení

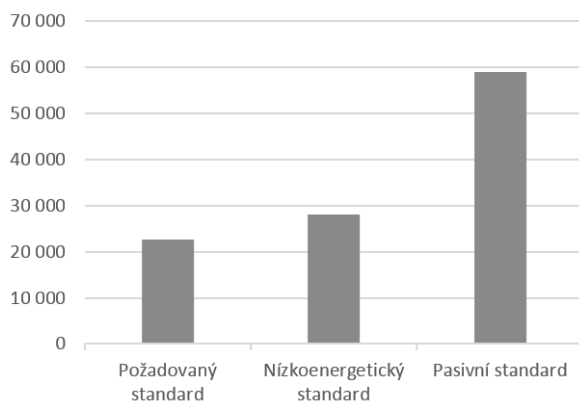
Zdroj: Vlastní tvorba

Tab. č. 24 Podlaha – celkem zateplení

Izolace tepelná		cena celkem [kč]	trvání celkem [dní]
Podlaha	Požadovaný standard	22 632	1
	Nízkoenergetický standard	28 079	1
	Pasivní standard	59 050	2

Zdroj: Vlastní tvorba

### Cenový rozdíl jednotlivých standardů - tepelná izolace podlahy na terénu



Obr. č. 16 Podlaha – celkem zateplení

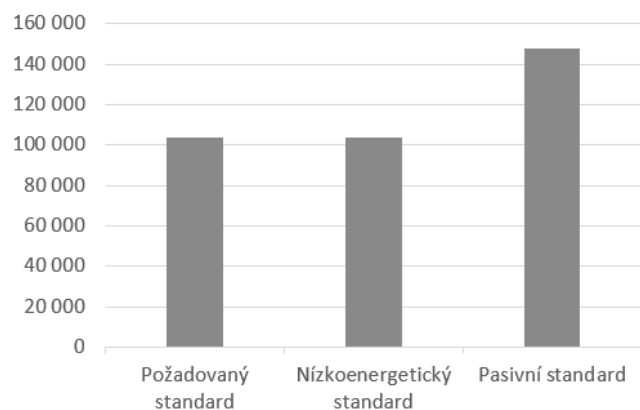
Zdroj: Vlastní tvorba

Tab. č. 25 Střecha – celkem zateplení

Izolace tepelná		cena celkem [kč]	trvání celkem [dní]
Střecha	Požadovaný standard	103 877	2
	Nízkoenergetický standard	103 877	2
	Pasivní standard	147 667	2

Zdroj: Vlastní tvorba

### Cenový rozdíl jednotlivých standardů - tepelná izolace střecha



Obr. č. 17 Střecha – celkem zateplení

Zdroj: Vlastní tvorba

- Tepelná izolace obvodových stěn

Dle tab. č. 26 vidíme, že náklady na montáž tepelné izolace stěn je stejná ve všech standardech, to platí i pro trvání této činnosti. Cenu lepících kotev v případě zateplovacího systému Baunit open neuvažujeme, kotvy jsou navrženy v jedné velikosti a umísťují se pod desky tepelné izolace, takže cenu rozdílu neovlivní. Rozdílné hodnoty však vidíme v cenách desek tepelné izolace různých tloušťek. Přehledněji je porovnání vidět v podkapitole 6.1.2.

Tab. č. 26 Finanční a časové porovnání skladby obvodových stěn jednotlivých standardů

Standardy	Položka	výměra [m2]	jednotková cena [kč]	cena [kč]	trvání [h]	trvání [dny]	trvání upraveno [dny]
	Montáž izolace tepelné stěn	156	94,5	14 742	27,8	3,475	4
Požadovaný standard	Izolace tepelná tl. 60mm	159,12	80	12 730			
Nízkoenergetický standard	Izolace tepelná tl. 140mm	159,12	140	22 277			
Pasivní standard	Izolace tepelná tl. 200mm	159,12	310	49 327			

Zdroj: Vlastní tvorba

- Tepelná izolace podlahy nad terénem

Na rozdíl od zateplení obvodových stěn, izolaci v pasivním návrhu RD pokládáme ve dvou vrstvách, což se projeví na nákladech za montáž a také kladení dvou vrstev prodlouží dobu trvání činnosti o jeden den, jak lze vidět v tab. č. 27. Přehlednější srovnání v podkapitole 6.1.2.

Tab. č. 27 Finanční a časové porovnání skladby podlahy nad terénem jednotlivých standardů

Standardy	Položka	výměra [m2]	jednotková cena [kč]	cena [kč]	trvání [h]	trvání [dny]	trvání upraveno [dny]
	Montáž izolace tepelné podlah - 1 vrstva	60	16,12	967	3,6	0,45	1
Požadovaný standard	Izolace tepelná tl. 80mm	61,2	354	21 665			
Nízkoenergetický standard	Izolace tepelná tl. 100mm	61,2	443	27 112			
Standardy	Položka	výměra [m2]	jednotková cena [kč]	cena [kč]	trvání [h]	trvání [dny]	trvání upraveno [dny]
	Montáž izolace tepelné podlah - 2 vrstvy	60	37,6	2 256	8,4	1,05	2
Pasivní standard	Izolace tepelná tl. 160mm	61,2	708	43 330			
	Izolace tepelná tl. 50mm	61,2	220	13 464			
	Izolace tepelná celkem tl. 210mm	61,2		56 794			

Zdroj: Vlastní tvorba

- Tepelná izolace střechy

Tepelná izolace střechy je naceněna dvěma kroky. Nejdříve tepelná izolace mezi krokvemi (horní část tab. č. 28) a tepelná izolace pod krokvemi (dolní



část tab. č. 28). Časy těchto dvou činností sčítáme a dohromady zateplení střechy trvá 2 dny. Přehledněji je porovnání vidět v podkapitole 6.1.2.

Tab. č. 28 Finanční a časové porovnání skladby podlahy nad terénem jednotlivých standardů

Standardy	Položka	výměra [m <sup>2</sup> ]	jednotková cena [kč]	cena [kč]	trvání [h]	trvání [dny]	trvání upraveno [dny]
	Montáž izolace tepelné střeš - mezi krokvemi	76,8	26,86	2 063	7,68	0,96	1
Požadovaný standard	Izolace tepelná tl. 160mm	78,336	779	61 024			
Nízkoenergetický standard		78,336					
Pasivní standard		78,336					
Standardy	Položka	výměra [m <sup>2</sup> ]	jednotková cena [kč]	cena [kč]	trvání [h]	trvání [dny]	trvání upraveno [dny]
	Montáž izolace tepelné střeš - pod krokvemi	76,8	24,17	1 857	6,912	0,864	1
Požadovaný + nízkoenergetický	Izolace tepelná tl. 100mm	78,336	497	38 933			
Pasivní standard	Izolace tepelná celkem tl. 210mm	78,336	1056	82 723			

Zdroj: Vlastní tvorba

- Okna

Po prozkoumání internetového trhu a konzultacích prostřednictvím e-mailu s odborníky z firem specializovaných na výrobu oken a dveří, okna v jednotlivých standardech byla orientačně naceněna následovně (tab. č. 29):

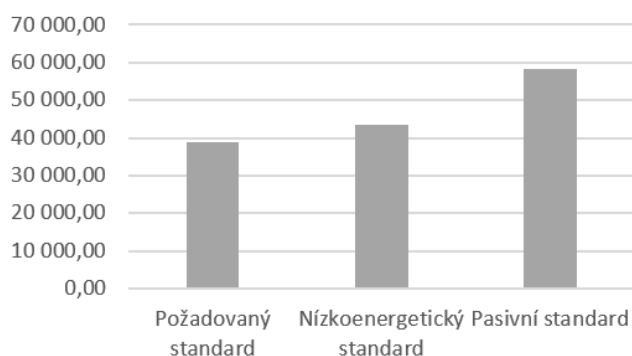
Tab. č. 29 Orientační ceny oken

Standardy	Ceny oken [kč]
Požadovaný standard	38 700,00
Nízkoenergetický standard	43 500,00
Pasivní standard	58 200,00

Zdroj: Vlastní tvorba

Na obr. č. 18 je zobrazeno grafické porovnání orientačních cen oken.

### Porovnání cen oken pro jednotlivé standardy [kč]



Obr. č. 18 Porovnání orientačních cen oken

Zdroj: Vlastní tvorba

- Vchodové dveře

Nacelit vchodové dveře je obtížné ve třech standardech podle součinitele prostupu tepla, neboť oproti oknům výrobci nevyrábí jeden typ dveří v různých vyhotoveních podle součinitele prostupu tepla, a v případě dveří jsou tyto hodnoty většinou dány rozmezím (např.  $U=0,5-1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Nacelení by z těchto důvodů bylo velmi nepřesné a vzhledem k malé ploše dveří oproti zbylým částem obálky budovy, naceněny nebudou.

## 6.2 Porovnání nákladů na vytápění

V následující části se budeme věnovat finančním ukazatelům možností vytápění pro požadovaný, nízkoenergetický a pasivní standard. Vyhodnocení proběhne v online kalkulátoru Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. [25]

Zaměříme se na energeticky výhodné zdroje vytápění (tepelné čerpadlo) a proces získávání tepla prostřednictvím rekuperace. Tyto způsoby získávání tepla jsou energeticky velmi výhodné, ale velkým otazníkem zůstává záležitost návratnosti těchto alternativních způsobů.

Výpočet je navržen pro pohodlné bydlení čtyřčlenné rodiny. Započítané spotřebiče jsou uvedeny v Příloze č. 1.

### Varianta 1 – Požadovaný standard

Do výpočtu uvažujeme nejnepříznivější vypočítanou ztrátu pro požadovaný standard. V rámci potřeby tepla na vytápění se pohybujeme kolem hodnoty  $60,6 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$ , po přičtení potřeby energie na teplou vodu

se dostáváme na hodnotu 92,5 kWh/m<sup>2</sup>·rok. Hodnota 60,6 kWh/m<sup>2</sup>·rok je na požadovaný standard velmi příznivé číslo a přibližuje se nízkoenergetickým hodnotám, je to dáno tím, že i přes součinitele prostupu tepla zadané pro požadovaný standard je poměr prosklených ploch vůči ploše fasády velmi malý a ztráty přes okna mohou být považovány za důležitý ukazatel. Pokud by se nám velikost plochy oken zvětšila dvakrát změní se ztráta prostupem z 2492,3 W na 3066,1 W, a to už může mít velký vliv při hodnocení vytápění hlavně v případě, že velká část oken je situována na severní stranu a solární zisky nejsou tak velké. Navržená konstrukce střechy ve variantě požadovaného standardu je kvůli konstrukčním požadavkům navržena tak, že splní i hodnoty nízkoenergetického standardu.

Následující tabulka (tab. č. 30) ukazuje porovnání ročních nákladů na energie. Lze vidět, že ekonomicky nepříznivější je topení hnědým uhlím, dřevem a paradoxně přímotopy. Přímotopy jsou v našem případě myšleny jako podlahové elektrické plochy, jejichž výhodnost je dána především v nákladech na investici, neboť rozpočítané náklady na investici vychází na 4000 Kč ročně, což je nejmenší částka za investici v tabulce porovnání.

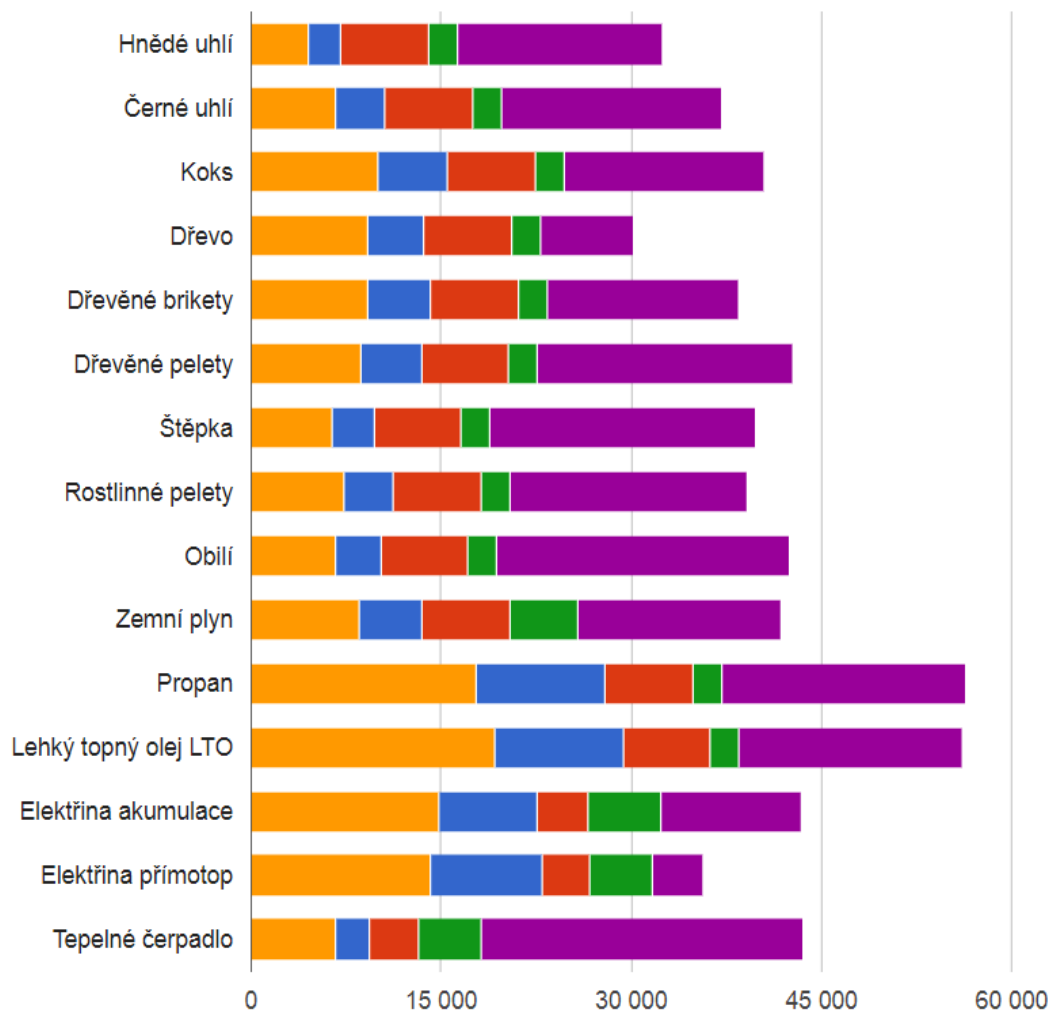
Tab. č. 30 Porovnání nákladů na vytápění – požadovaný standard

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ]	Roční náklady [Kč]					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
<b>Hnědé uhlí</b> ✓	2.9 /kg	2 462 kg	4 564	2 576	6 916	2 268	16167	32 492
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
<b>Černé uhlí</b> ✓	5.5 /kg	1 919 kg	6 745	3 807	6 916	2 268	17433	37 169
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
<b>Koks</b> ✓	8.5 /kg	1 826 kg	10 070	5 449	6 916	2 268	15783	40 486
Prohořivací kotel na koks s AKU nádrží 78 %	/měsíc							
<b>Dřevo</b> ✓	3.5 /kg	3 888 kg	9 211	4 395	6 916	2 268	7400	30 191
Krbová kamna na dřevo 75 %	/měsíc							
<b>Dřevěné brikety</b> ✓	4.8 /kg	2 953 kg	9 199	4 978	6 916	2 268	15167	38 528
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 78 %	/měsíc							
<b>Dřevěné pelety</b> ✓	5.4 /kg	2 487 kg	8 683	4 748	6 916	2 268	20133	42 748
Speciální kotel na pelety 92 %	/měsíc							
<b>Štěpka</b> ✓	2.5 /kg	3 883 kg	6 472	3 236	6 916	2 268	20933	39 825
Kotel na štěpku 85 %	/měsíc							
<b>Rostlinné pelety</b> ✓	4.1 /kg	2 738 kg	7 310	3 915	6 916	2 268	18767	39 176
Speciální kotel na rostlinné pelety 90 %	/měsíc							
<b>Obilí</b> ✓	4.2 /kg	2 439 kg	6 717	3 526	6 916	2 268	23100	42 527
Automatický kotel univerzální 91 %	/měsíc							
<b>Zemní plyn</b> ✓	1.18549 /kWh	1 080 m <sup>3</sup>	8 528	4 974	6 916	5 388	16083	41 889
Kondenzační kotel RWE Energie, a.s. 102 %	260 /měsíc	11 389 kWh						
<b>Propan</b> ✓	35 /kg	800 kg	17 824	10 169	6 916	2 268	19250	56 427
Kondenzační kotel 102 %	/měsíc							
<b>Lehký topný olej LTO</b> ✓	28.7 /kg	1 023 kg	19 249	10 104	6 916	2 268	17650	56 187
Kotel s olejovým hořákem 93 %	/měsíc							
<b>Elektrina akumulace</b> ✓	NT 1.90408 /kWh	11 834 kWh	14 877	7 656	4 044	5 808	11000	43 385
Teplododná akumulační nádrže D26d   jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně 95 %	VT 3.11923 /kWh							
	484 /měsíc							
<b>Elektrina přímotop</b> ✓	NT 2.26984 /kWh	10 106 kWh	14 182	8 758	3 833	4 908	4000	35 681
Podlahové elektrické plochy D57d   jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně 99 %	VT 2.41858 /kWh							
	409 /měsíc							
<b>Teplné čerpadlo</b> ✓	NT 2.26984 /kWh	4 150 kWh	6 710	2 709	3 833	4 908	20417	38 578
Vzduch/voda   Top. faktor: 3.2 D57d   jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně 99 %	VT 2.41858 /kWh							
	409 /měsíc							

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

Přehledněji vykresleno na obr. č. 19.

Potřeba energie na vytápění a teplou vodu 11 097 kWh/rok, spotřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 1 683 kWh/rok



Obr. č. 19 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-1

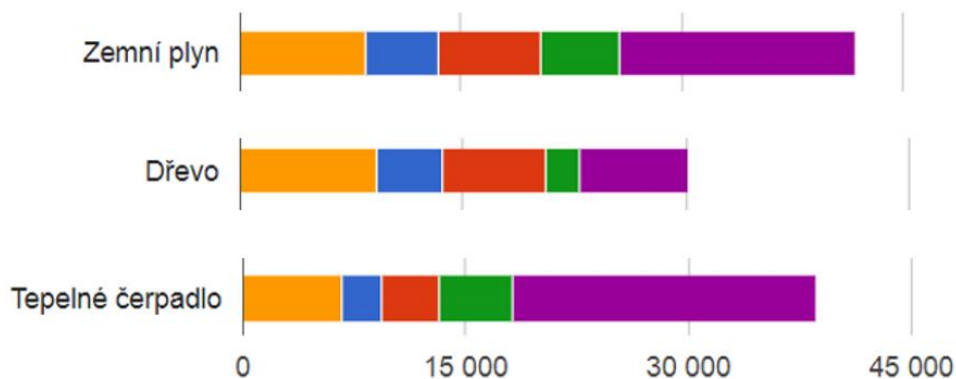
Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Zaměříme-li si na zdroj vytápění tepelné čerpadlo, zjistíme, že je jedním z energeticky nejvýhodnějších zdrojů, ale náklady na investici a údržbu jsou poměrově výrazně větší než u ostatních možností, a to i přes uvažovanou životnost čerpadla 15 let (záruky na tepelné čerpadlo se pohybují kolem 5 let, na kompresor ojedinele až 10 let).

Pokud uvažujeme životnost čerpadla 15 let a pořizovací cenu 250 000 Kč, roční náklady na investici a údržbu jsou 25 417 Kč. V porovnání s běžnými zdroji energie jako je vytápění kondenzačním kotlem na zemní plyn či krbovými kamny na dřevo, lze vidět, že v případě tepelného čerpadla náklady na investice a údržbu jsou až dvojnásobné.

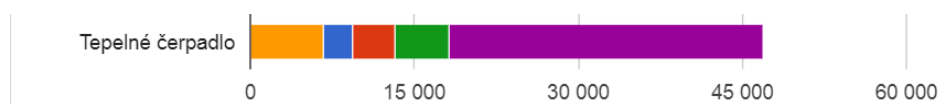
S využitím maximální dotace v rámci programu Nová zelená úsporám 75 tisíc korun je vidět, že náklady na investici a údržbu výrazně klesly (obr. č. 20), nicméně v porovnání s ostatními zdroji vytápění jsou stále poměrově nejvýraznější.



Obr. č. 20 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-2

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

obr. č. 20 ukazuje, že i přes velkou investici tepelné čerpadlo může být výhodnější než vytápění zemním plynem, tento výpočet však uvažuje fakt životnost tepelného čerpadla 15 let. V případě životnosti čerpadla 10 let (největší dohledaná záruka) se tepelné čerpadlo přes svoje velké investiční náklady nevyplatí (obr. č.21).



Obr. č. 21 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-3

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### Varianta 2 – Nízkoenergetický standard

Pro zadanou ztrátu nízkoenergetického standardu vychází měrná potřeba tepla na vytápění na 46,2 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Tím splňujeme podmínku normy ČSN 73 0540-2 a to, že za domy nízkoenergetické se uvažují budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění maximálně 50 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Pokud započítáme potřebu energie na vytápění, pohybujeme se kolem hodnoty 78,3 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Následující tabulka (tab. č. 31) zobrazuje porovnání zdrojů vytápění. Stejně jako ve variantě 1, ekonomicky

nejvýhodnějšími variantami jsou topení hnědým uhlím, dřevem a přímotopným elektrickým podlahovým vytápěním. Přehledněji na obr. č. 22.

#### Rekuperace

Pokud bychom chtěli ještě snížit energetickou náročnost této varianty RD, přidáme rekuperaci s účinností 75 %. Ta dostane hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění na 24 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Tento přístroj sníží cenu za vytápění zhruba o 3 500 Kč (na zemním plynu a dřevu). Pokud předpokládáme cenu rekuperace 100 000 Kč. Návratnost jednotky odhadujeme na 28 a půl let.

#### Tepelné čerpadlo

V případě tepelného čerpadla v ND, je situace poměrově stejná jako v předchozím případě – příliš vysoká investice oproti životnosti přístroje.

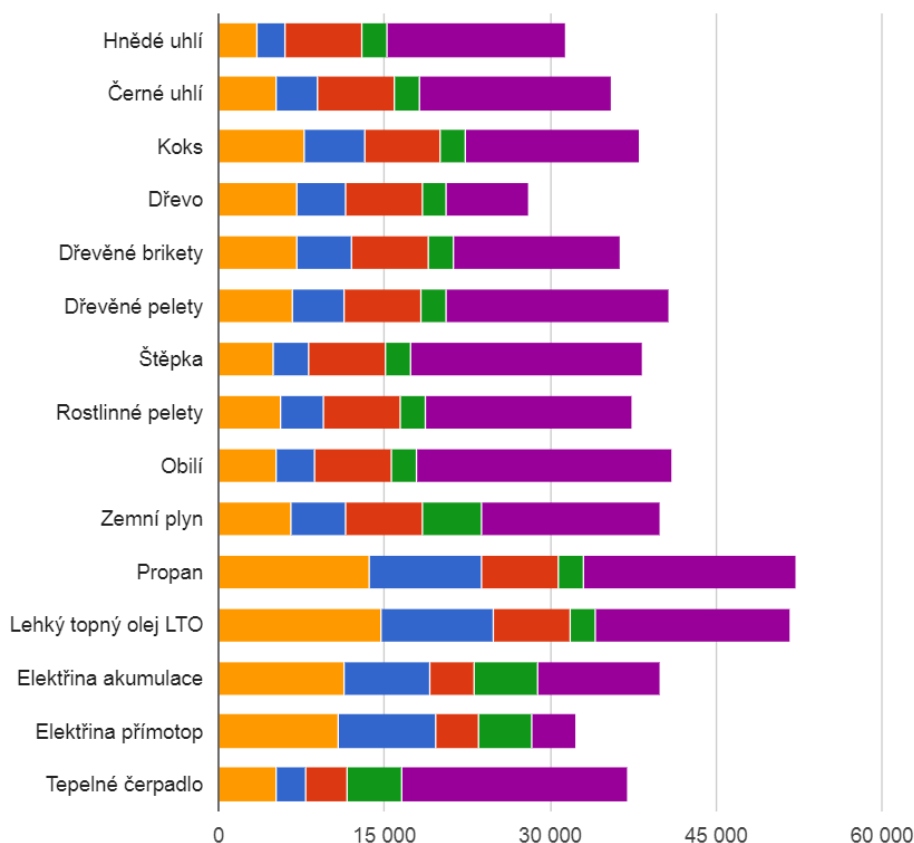
Tab. č. 31 Porovnání nákladů na vytápění – nízkoenergetický standard

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ?]	Roční náklady [Kč] ?					Celkem
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2.9 /kg	2 095 kg	3 501	2 576	6 916	2 268	16167	31 428
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
Černé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	5.5 /kg	1 633 kg	5 174	3 807	6 916	2 268	17433	35 598
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc							
Koks <input checked="" type="checkbox"/>	8.5 /kg	1 550 kg	7 724	5 449	6 916	2 268	15783	38 140
Prohořivací kotel na koks s AKU nádrží 78 %	/měsíc							
Dřevo <input checked="" type="checkbox"/>	3.5 /kg	3 274 kg	7 065	4 395	6 916	2 268	7400	28 044
Krbová kamna na dřevo 75 %	/měsíc							
Dřevěné brikety <input checked="" type="checkbox"/>	4.8 /kg	2 507 kg	7 056	4 978	6 916	2 268	15167	36 384
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 78 %	/měsíc							
Dřevěné pelety <input checked="" type="checkbox"/>	5.4 /kg	2 113 kg	6 660	4 748	6 916	2 268	20133	40 725
Speciální kotel na pelety 92 %	/měsíc							
Štěpka <input checked="" type="checkbox"/>	2.5 /kg	3 280 kg	4 964	3 236	6 916	2 268	20933	38 317
Kotel na štěpku 85 %	/měsíc							
Rostlinné pelety <input checked="" type="checkbox"/>	4.1 /kg	2 322 kg	5 607	3 915	6 916	2 268	18767	37 473
Speciální kotel na rostlinné pelety 90 %	/měsíc							
Obilí <input checked="" type="checkbox"/>	4.2 /kg	2 066 kg	5 152	3 526	6 916	2 268	23100	40 962
Automatický kotel univerzální 91 %	/měsíc							
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>	1.18549 /kWh	921 m <sup>3</sup>	6 541	4 974	6 916	5 388	16083	39 902
Kondenzační kotel 102 %	260 /měsíc	9 713 kWh						
RWE Energie, a. s.								
Propan <input checked="" type="checkbox"/>	35 /kg	681 kg	13 671	10 169	6 916	2 268	19250	52 274
Kondenzační kotel 102 %	/měsíc							
Lehký topný olej LTO <input checked="" type="checkbox"/>	28.7 /kg	866 kg	14 764	10 104	6 916	2 268	17650	51 702
Kotel s olejovým hořákem 93 %	/měsíc							
Elektrina akumulace <input checked="" type="checkbox"/>	NT 1.90408 /kWh	10 014 kWh	11 411	7 656	4 044	5 808	11000	39 919
Teplovodní akumulační nádrže 95 %	VT 3.11923 /kWh							
D26d jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně	484 /měsíc							
Elektrina přímotop <input checked="" type="checkbox"/>	NT 2.26984 /kWh	8 651 kWh	10 878	8 758	3 833	4 908	4000	32 376
Podlahové elektrické plochy 99 %	VT 2.41858 /kWh							
D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	409 /měsíc							
Tepelné čerpadlo <input checked="" type="checkbox"/>	NT 2.26984 /kWh	3 461 kWh	5 147	2 709	3 833	4 908	20417	37 014
Vzduch/voda Top. faktor: 3.2	VT 2.41858 /kWh							
D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	409 /měsíc							

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>



Potřeba energie na vytápění a teplou vodu 9 401 kWh/rok, spotřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 1 683 kWh/rok



Obr. č. 22 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 2-1

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### Varianta 3 – Pasivní standard

Pro tepelné ztráty pasivního standardu vychází měrná potřeba tepla na vytápění na 38,56 kWh/m<sup>2</sup>, čímž neplníme definici normy ČSN 73 0540-2 pro pasivní domy, jejichž měrná potřeba tepla na vytápění by měla splňovat hodnotu 15 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Je nutné do domu nainstalovat rekuperaci. Rekuperace o 80 % účinnosti zmenší měrnou potřebu tepla na vytápění na 13,7 kWh/m<sup>2</sup>·rok, což splňuje podmínku.

#### Rekuperace vzduchu

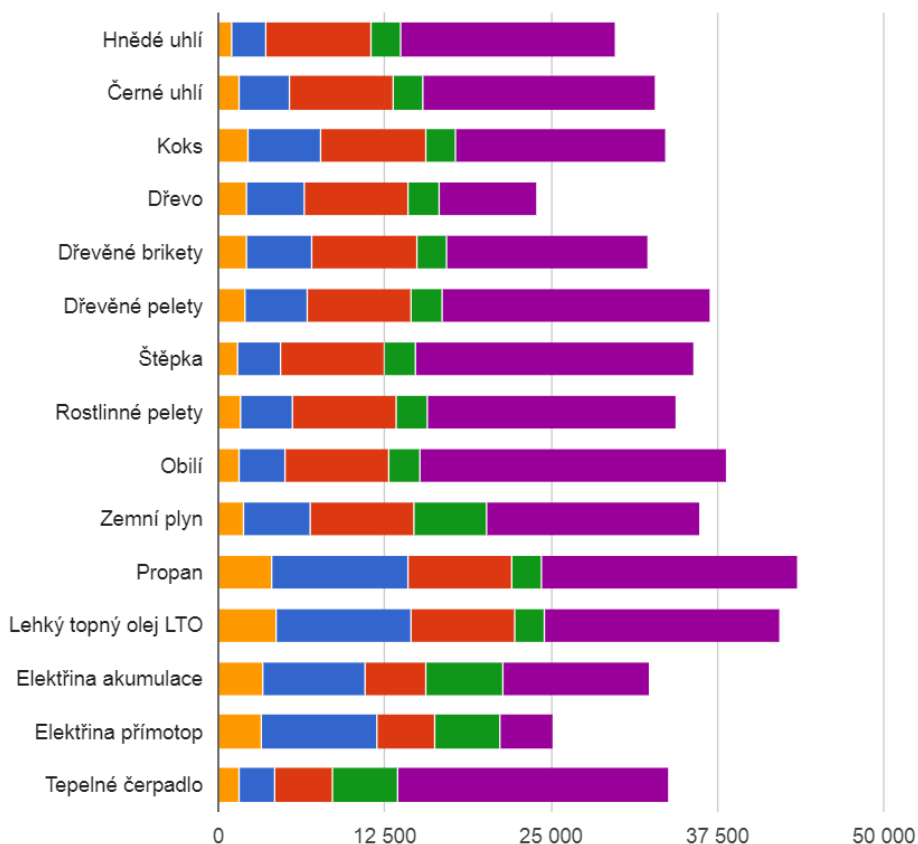
S rekuperací se cena za vytápění zemním plynem sníží ze 5 423 Kč na 1 928 Kč. Rozdíl je tedy 3 495 Kč. Pokud budeme uvažovat investiční náklady na rekuperaci 100 000 Kč, tak je návratnost rekuperační jednotky za 28,5 let. Pokud budeme topit krbovými kamny, ušetří nám rekuperace ročně 3 775 Kč, její návratnost v tomto případě 26,5 let.

Tab. č. 32 Porovnání zdrojů vytápění – pasivní standard

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ]	Roční náklady [Kč]						
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem	
<b>Hnědé uhlí</b> <input checked="" type="checkbox"/>	2.9 /kg								
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc	1 244 kg	1 032	2 576	7 816	2 268	16167	29 859	
<b>Černé uhlí</b> <input checked="" type="checkbox"/>	5.5 /kg								
Automatický kotel na uhlí 86 %	/měsíc	969 kg	1 525	3 807	7 816	2 268	17433	32 849	
<b>Koks</b> <input checked="" type="checkbox"/>	8.5 /kg								
Prohořivací kotel na koks s AKU nádrží 78 %	/měsíc	909 kg	2 277	5 449	7 816	2 268	15783	33 593	
<b>Dřevo</b> <input checked="" type="checkbox"/>	3.5 /kg								
Krbová kamna na dřevo 75 %	/měsíc	1 851 kg	2 083	4 395	7 816	2 268	7400	23 962	
<b>Dřevěné brikety</b> <input checked="" type="checkbox"/>	4.8 /kg								
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 78 %	/měsíc	1 470 kg	2 080	4 978	7 816	2 268	15167	32 308	
<b>Dřevěné pelety</b> <input checked="" type="checkbox"/>	5.4 /kg								
Speciální kotel na pelety 92 %	/měsíc	1 243 kg	1 963	4 748	7 816	2 268	20133	36 928	
<b>Štěpka</b> <input checked="" type="checkbox"/>	2.5 /kg								
Kotel na štěpku 85 %	/měsíc	1 880 kg	1 463	3 236	7 816	2 268	20933	35 716	
<b>Rostlinné pelety</b> <input checked="" type="checkbox"/>	4.1 /kg								
Speciální kotel na rostlinné pelety 90 %	/měsíc	1 358 kg	1 653	3 915	7 816	2 268	18767	34 419	
<b>Obilí</b> <input checked="" type="checkbox"/>	4.2 /kg								
Automatický kotel univerzální 91 %	/měsíc	1 201 kg	1 519	3 526	7 816	2 268	23100	38 229	
<b>Zemní plyn</b> <input checked="" type="checkbox"/>	1,18549 /kWh								
Kondenzační kotel 102 %	260 /měsíc	552 m <sup>3</sup> 5 822 kWh	1 928	4 974	7 816	5 388	16083	36 189	
RWE Energie, a.s.									
<b>Propan</b> <input checked="" type="checkbox"/>	35 /kg								
Kondenzační kotel 102 %	/měsíc	406 kg	4 030	10 169	7 816	2 268	19250	43 533	
<b>Lehký topný olej LTO</b> <input checked="" type="checkbox"/>	28.7 /kg								
Kotel s olejovým hořákem 93 %	/měsíc	504 kg	4 352	10 104	7 816	2 268	17650	42 190	
<b>Elektrina akumulace</b> <input checked="" type="checkbox"/>	NT 1.90408 /kWh								
Tepl vodní akumulační nádrže 95 %	VT 3.11923 /kWh	5 787 kWh	3 364	7 656	4 570	5 808	11000	32 398	
D26d jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně	484 /měsíc								
<b>Elektrina přímotop</b> <input checked="" type="checkbox"/>	NT 2.26984 /kWh								
Podlahové elektrické plochy 99 %	VT 2.41858 /kWh	5 271 kWh	3 207	8 758	4 332	4 908	4000	25 204	
D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	409 /měsíc								
<b>Teplné čerpadlo</b> <input checked="" type="checkbox"/>	NT 2.26984 /kWh								
Vzduch/voda Top. faktor: 3.2	VT 2.41858 /kWh	1 862 kWh	1 517	2 709	4 332	4 908	20417	33 883	
D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	409 /měsíc								

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

Potřeba energie na vytápění a teplou vodu 5 465 kWh/rok, spotřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 1 902 kWh/rok



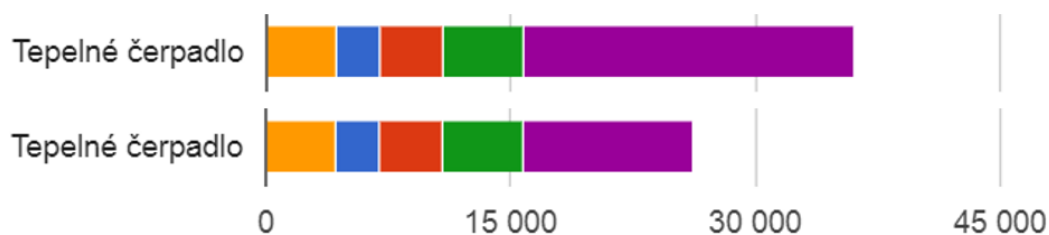
Obr. č. 23 Porovnání zdrojů vytápění – varianta 3-1

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Stejně jako v předchozích variantách, tepelné čerpadlo má velmi příznivé výsledky, co se týče nákladů za energie, avšak náklady na investici a údržbu jsou nepoměrně velké.

V případě, že tepelná čerpadla jsou směr, kterým se energetika bude dál vyvíjet, mohli bychom očekávat lepší, nákladově optimálnější řešení. Na obr. č. 24 vidíme výsledek, kdyby se cena investice na tepelné čerpadlo pro případ PD snížila na 100 000 Kč.



Obr. č. 24 Porovnání zdrojů vytápění – varianta 3-2

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>

### 6.3 Zhodnocení návratnosti porovnávaných scénářů návrhu RD s ohledem na využití různých zdrojů vytápění

Pro lepší přehlednost porovnání se autorka zaměřila pouze na tři zdroje vytápění – vytápění zemním plynem, vytápění křbovými kamny (dřevem), vytápění tepelným čerpadlem. Náklady na zateplení obálky budovy, potřebnou rekuperaci a okna společně s ročními náklady na vytápění v jednotlivých variantách RD jsou zobrazeny v tab. č. 33. Z tabulky lze pozorovat, že investice na dosažení pasivního standardu jsou výrazně vyšší. Jednak je to díky nákladům na rekuperaci, kterou ostatní standardy nepotřebují na splnění měrné potřeby tepla na vytápění a také kvůli zřetelně kvalitnějšímu zateplení obálky budovy.

Tab. č. 33 Tabulka nákladů

	Pasivní standard	Nízkoenergetický standard	Požadovaný standard
Zateplení [kč]	270 785	168 974	153 981
Okna [kč]	58 200	43 500	38 700
Náklady zateplení+okna[kč]	328 985	212 474	192 681
Vytápění zemním plynem [kč/rok]	1928	6 541	8 528
Náklady na kotel na zemní plyn [kč/rok]	16 083	16 083	16 083
Vytápění křbovými kamny [kč/rok]	1 851	7 056	9 211
Náklady na křbová kamna [kč/rok]	7 400	7 400	7 400
Vytápění tepelným čerpadlem [kč/rok]	1 517	5 147	6 710
Náklady na tepelné čerpadlo [kč/rok]	20 417	20 417	20 417
Rekuperace	ano	ne	ne
Náklady na rekuperaci [kč]	100 000	-	-

Zdroj: Vlastní tvorba

Požadovaný standard byl zvolen jako základní srovnávací jednotka. V tab. č. 34 je vidět zvýšení investic ostatních variant vůči požadovanému standardu a současně roční úspory za vytápění vůči hodnotám požadovaného standardu.

Tab. č. 34 Výsledné porovnání investic

	Pasivní dům	Nízkoenergetický dům
Zvýšení investice oproti požadovanému standardu (včetně rekuperace) [kč]	236 304	19 793
Úspora na vytápění zemním plynem oproti požadovanému standardu [kč/rok]	6 600	1 987
Úspora na vytápění krbovými kamny oproti požadovanému standardu [kč/rok]	7 360	2 155
Úspora na vytápění tepelným čerpadlem oproti požadovanému standardu [kč/rok]	5 193	1 563

Zdroj: Vlastní tvorba

- Nízkoenergetický standard

Dle tab. č. 34 lze vidět, že investice oproti požadovanému standardu není příliš výrazná. Je to dáno tím, že požadovaný standard vychází i přes nepříznivější požadované hodnoty součinitelů prostupu tepla energeticky jen o něco hůře než standard nízkoenergetický. Je to dáno konceptem zvoleného typového objektu s malými tepelnými ztrátami a konstrukčnímu návrhu střechy, který splňuje i hodnoty nízkoenergetického standardu. Tato skutečnost ničemu nevádí, neboť poměrově jsou sníženy i úspory na vytápění.

Investice navíc oproti návrhu požadovanému standardu 19 793 Kč se v případě vytápění zemním plynem vrátí přibližně za 10 let, v případě vytápění dřevem již o rok dříve, tedy za 9 let, a při vytápění tepelným čerpadlem za 12 let.

- Pasivní standard

U pasivního standardu je již zvýšení investice ve srovnání s požadovaným standardem výrazná. Je to dáno především cenou rekuperační jednotky, která u ostatních standardů nemusela být využita.

Návratnost investic ve srovnání s požadovaným standardem je v případě vytápění plynem 36 let, 32 let v případě vytápění krbovými kamny a 45 let při vytápění tepelným čerpadlem.

## Závěr

Česká legislativa v průběhu posledních let prochází reformou a požadavky na energetickou náročnost budov se zpřísňují. V souladu s těmito právními předpisy byly v této bakalářské práci navrženy tři varianty RD – požadovaný standard, nízkoenergetický standard a pasivní standard. Hlavním kritériem pro návrh těchto variantních řešení se stal součinitel prostupu tepla a dle něj byly navrhovány jednotlivé tloušťky konstrukcí.

Podle očekávání energeticky nejpríznivější variantou se stal pasivní standard, za ním nízkoenergetický a nejméně příznivou variantou byl vyhodnocen požadovaný standard. Stejně sestupnou tendenci mají tedy i náklady na jednotlivé zdroje vytápění a nejvýhodnější variantou je tedy pasivní standard.

K docílení pasivního standardu, tedy snížení měrné potřeby tepla na vytápění na  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ , musela být využita rekuperace vzduchu. Tato technologie udržuje v domě příjemné mikroklima a viditelně snižuje náklady na vytápění. V případě variant s rekuperační jednotkou bylo zjištěno, že doba návratnosti vychází vyšší, než je životnost přístroje. Rekuperace vzduchu je vhodná pro ekologicky smýšlející skupinu lidí a ekonomicky se v tento okamžik nevyplatí.

Bylo zjištěno, že energeticky nejvýhodnějším zdrojem vytápění je tepelné čerpadlo. Investiční náklady na tepelné čerpadlo a jeho údržbu však velice převyšují ostatní zdroje vytápění. Velký risk je pořízení tepelného čerpadla z hlediska životnosti. Aby se tepelné čerpadlo vůbec začalo vyplácet například vůči vytápění zemním plynem, musí být jeho životnost minimálně 13 let.

Do budoucna se dá očekávat vzestup těchto technologií, přijdou snad tedy nákladově optimálnější řešení a stavební průmysl, ruku v ruce s energetickým průmyslem, se zase posune o krok dál.

V případě zvoleného typového domu nízkoenergeticky navržený RD se od RD navrženém v požadovaném standardu liší pouze v tloušťkách tepelné izolace obálky budovy, časově by se nám tedy výstavba neměla nijak prodloužit, změna nastává u domu pasivního, kde kromě tloušťek tepelných

izolací, nastává změna i v počtu vrstev (prodloužení řádově ve dnech) a nasazení rekuperace. Instalace rekuperační jednotky z pravidla zabere 2-3 pracovní dny, takže celkové prodloužení výstavby je do jednoho týdne, což je zanedbatelný časový úsek.

Co se týče finanční stránky, nejoptimálnější řešení aplikované na typový RD je nízkoenergetický standard, tedy zvýšit zateplení obálky budovy, ale nenasazovat rekuperační jednotku, neboť ta je pro svou velkou pořizovací investici nevýhodná.



## Zdroje a použitá literatura

### ***Použitá tištěná literatura***

- [1] HUMN, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-657-9
- [2] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4
- [3] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga group, 2009. ISBN 978-80-8076-077-9
- [4] GRYGERA, Filip a Alice KUPČEKOVÁ. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2857-2
- [5] ŠÁLA, J., L. KEIM, Z. SVOBODA a J. TYWONIAK. *Komentář k ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov*. Praha, Informační centrum ČKAIT, 2008.
- [6] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2431-7
- [7] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům: realita, či fikce?* Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-052-0
- [8] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje*. Bratislava: Jaga group, 2008. ISBN 978-80-8076-069-4
- [9] BELICA, Petr. *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*. Valašské Meziříčí: Regionální energetické centrum ve spolupráci s TG Tisk Lanškroun, 2006. ISBN: 80-903680-1-8
- [10] MAREČEK, Jan. *Návrh systému fotovoltaických panelů pro rodinný dům*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Pěcha.

### **Právní a závazné předpisy**

- [9] ČESKO. Zákon č. 406/2000 ze dne 29.11.2000 o hospodaření energií, ze dne 29.11.2000. [cit. 2018-02-23]. Dostupný z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>>
- [10] ČESKO. Zákon č. 318/2012 ze dne 03.10.2012o hospodaření energií. [cit. 2018-02-23]. Dostupný z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318>>
- [11] ČESKO. Vyhláška č. 148/2007 ze dne 27.06.2007, zrušena ke dni 01.04.2013 o energetické náročnosti budov. [cit. 2018-02-25]. Dostupný z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-148>>
- [12] ČESKO. Vyhláška č. 78/2013 ze dne 22. března 2013. o energetické náročnosti budov. [cit. 2018-02-23]. Dostupný z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78/zneni-20151201#p1>>
- [13] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Třídící znak 730540. [cit. 2018-02-25]. Dostupný z: Elektronický přístup k normám v NTK.

### **Použité internetové zdroje**

- [14] Centrum pasivního domu. *Pasivnidomy.cz* [online]. ©2013-2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083>>
- [15] Dřevo&Stavby, sruby&roubenky. *Drevostavby.cz* [online]. ©2015-2018. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <<http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/pasivnidomy/3282-co-jste-mozna-nevedeli-o-pasivnich-domech-1>>
- [16] ČEJKA, Michal a Jan ANTONÍN. Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů. *Tzb.info.cz* [online]. ©2017-2018. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou->

energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energetickych-standardu>

- [17] Nová zelená úsporám. *Novazelenausporam.cz* [online]. ©2015-2018 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/>>
- [18] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Mpo.cz* [online]. ©2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <<https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/vyvoj-podilu-obnovitelne-energie--235054/>>
- [19] KRAUS, Michal. Nízkoenergetické a pasivní domy [online prezentace]. ©2017-2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <<https://krausmichal.cz/wp-content/uploads/2017/09/ENS-P6.pdf>>
- [20] EkoWATT. *Ekowatt.cz cz* [online]. ©2007-2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <<http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>>
- [21] MATUŠKA, Tomáš. Parametry solárních kolektorů. *Tzb.info.cz* [online]. ©2018. [cit.2018-05-08]. Dostupné z: <<https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>>
- [22] Solární kolektory. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, last modified 5.10.2017 [cit.2018-05-08]. Dostupné z: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD\\_kolektor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_kolektor)>
- [23] Fotovoltaické systémy. Czech nature energy. *Cne.cz* [online ©2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <<http://www.cne.cz/seniori/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>>
- [24] Energie slunce. EkoWATT - Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. *Ekowatt.cz* [online] ©2007-2018 [cit. 2018-05-04].

Dostupné z: <<http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>>

- [25] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. Tzb info. *Tzb-info.cz* [online] ©2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <<https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>>
- [26] Tepelné zisky od vnitřních zdrojů. Tzb info. *Tzb-info.cz* [online] ©2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <<https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>>
- [27] Tabulka pro výpočet. tzb.fsv.cvut.cz TZB [online] ©2018 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TZ01&u=4>>

### ***Kurzy, přednášky***

- [28] NOVÁK, Jiří. Přednášky a cvičení kurzu Stavební fyzika SF01. ČVUT. Fakulta stavební. Praha. 2017.

### ***Výpočetní programy***

- [29] Svoboda software. *Teplo 2017 EDU*. [freeware]. ©2017. [přístup 20. března 2018]. Dostupné z: <<https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=369>>
- [30] Callida, s.r.o. *EuroCALC 3*. [softwareware]. ©2018. [přístup 10.května 2018]. Dostupné z: <<http://k126.fsv.cvut.cz/?p=48&cid=61>>

## **Seznam zkratk**

ND – nízkoenergetický dům

PD – pasivní dům

NZEB – nearly zero building, budova s téměř nulovou spotřebou energie

RD – rodinný dům

## Seznam obrázků

Obr. č. 1 Lod' Fram .....	13
Obr. č. 2 Příklad návrhu energeticky příznivého domu.....	26
Obr. č. 3 Typy tepelných čerpadel podle zdroje tepla.....	31
Obr. č. 4 Křivka účinnosti solárního kolektoru .....	33
Obr. č. 5 - V/A charakteristika fotovoltaického modulu .....	34
Obr. č. 6 Typový dům .....	37
Obr. č. 7 Typová parcela .....	37
Obr. č. 8 – Půdorys 1 .....	38
Obr. č. 9 – Půdorys 2 .....	38
Obr. č. 10 Řez A-A' .....	39
Obr. č. 11 Vyhodnocení a kategorizace do tříd energetické náročnosti .....	44
Obr. č. 12 Orientace RD na pozemku .....	46
Obr. č. 13 Korekční činitelé rámu .....	48
Obr. č. 14 Graf – celkové náklady na zateplení.....	54
Obr. č. 15 Stěny – celkem zateplení.....	54
Obr. č. 16 Podlaha – celkem zateplení.....	55
Obr. č. 17 Střecha – celkem zateplení .....	55
Obr. č. 18 Porovnání orientačních cen oken .....	58
Obr. č. 19 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-1.....	61
Obr. č. 20 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-2.....	62
Obr. č. 21 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 1-3.....	62
Obr. č. 22 Porovnání nákladů na vytápění – varianta 2-1.....	65
Obr. č. 23 Porovnání zdrojů vytápění – varianta 3-1 .....	67
Obr. č. 24 Porovnání zdrojů vytápění – varianta 3-2 .....	68

## Seznam tabulek

Tab. č. 1 Norma SNB 75- Švédsko .....	14
Tab. č. 2 Termíny pro nutnost stavět téměř nulové budovy .....	15
Tab. č. 3 Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy .....	17
Tab. č. 4 Porovnání požadavků jednotlivých energetických standardů .....	20
Tab. č. 5 Normové požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu $\theta_{im}$ 18 °C a 22 °C včetně.....	25
Tab. č. 6 Požadovaná tloušťka tepelné izolace v závislosti na skupině tepelné vodivosti izolačního materiálu .....	27
Tab. č. 7 Vývoj podílu obnovitelné energie na spotřebě elektřiny, v dopravě, na vytápění a chlazení za jednotlivé roky 2010-2016. ....	29
Tab. č. 8 Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu (dosažitelné zvýšením využití obnovitelných zdrojů nebo zvýšením parametrů stavebních prvků obálky budovy nebo technických systémů budovy).....	30
Tab. č. 9 Součinitelé prostupu tepla .....	40
Tab. č. 10 Návrh skladby obvodové stěny.....	40
Tab. č. 11 Návrh skladby střešní konstrukce.....	41
Tab. č. 12 Návrh skladby podlahy nad terénem .....	41
Tab. č. 13 Klasifikace tříd hodnocení budov z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla .....	42
Tab. č. 14 Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele tepla .....	43
Tab. č. 15 Porovnání a kategorizace dle průměrných součinitelů prostupu tepla .....	43
Tab. č. 16 Výsledky průměrné intenzity globálního slunečního záření .....	47

Tab. č. 17 Propustnost slunečního záření .....	47
Tab. č. 18 Tepelné solární zisky .....	48
Tab. č. 19 Časový úsek a počet přítomných osob.....	49
Tab. č. 20 Výsledky celkových tepelných ztrát .....	50
Tab. č. 21 Výsledné hodnoty tepelné ztráty prostupem.....	51
Tab. č. 22 Výsledné tepelné ztráty větráním .....	52
Tab. č. 23 Stěny – celkem zateplení .....	54
Tab. č. 24 Podlaha – celkem zateplení.....	55
Tab. č. 25 Střecha – celkem zateplení .....	55
Tab. č. 26 Finanční a časové porovnání skladby obvodových stěn jednotlivých standardů .....	56
Tab. č. 27 Finanční a časové porovnání skladby podlahy nad terénem jednotlivých standardů .....	56
Tab. č. 28 Finanční a časové porovnání skladby podlahy nad terénem jednotlivých standardů .....	57
Tab. č. 29 Orientační ceny oken.....	57
Tab. č. 30 Porovnání nákladů na vytápění – požadovaný standard .	60
Tab. č. 31 Porovnání nákladů na vytápění – nízkoenergetický standard .....	64
Tab. č. 32 Porovnání zdrojů vytápění – pasivní standard.....	66
Tab. č. 33 Tabulka nákladů .....	68
Tab. č. 34 Výsledné porovnání investic .....	69



## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Výpis použitých spotřebičů

Příloha č. 2 – Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v požadovaném standardu

Příloha č. 3– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v doporučeném standardu

Příloha č. 4– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v pasivním standardu

Příloha č. 5– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro střešní konstrukci navrženou v požadovaném a nízkoenergetickém standardu

Příloha č. 6– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro střešní konstrukci navrženou v pasivním standardu

Příloha č. 7– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v požadovaném standardu

Příloha č. 8– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v doporučeném standardu

Příloha č. 9 – Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v pasivním standardu

Příloha č. 10 – Výpočet tepelných ztrát – požadovaný standard

Příloha č. 11 – Výpočet tepelných ztrát – nízkoenergetický standard

Příloha č. 12 – Výpočet tepelných ztrát – pasivní standard

## PŘÍLOHY

### Příloha č. 1 – Výpis použitých spotřebičů

Elektrické spotřebiče	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]
Elektrická trouba	2000	0,2
Rychlovarná konvice	2000	0,12
Mikrovlnná trouba	600	0,3
Kombinovaná chladnička	100	24
Pračka	600	0,5
Osvětlení 1	18	8
Osvětlení 2	12	4
TV	70	6
PC	80	6

Příloha č. 2 – Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v požadovaném standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplu 2017 EDU

Název úlohy : STĚNA – POŽADOVANÝ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 15. 4. 201

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Baumit hlazená	0,0150	0,6000	1000,0	1110,0	10,0	0.0000
2	Porotherm 30 P	0,3000	0,1800	1000,0	800,0	10,0	0.0000
3	Baumit openCon	0,0200	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
4	Baumit open EP	0,0600	0,0410	1270,0	16,0	10,0	0.0000
5	Baumit openCon	0,0030	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
6	Baumit Nanopor	0,0015	0,7000	920,0	1800,0	35,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Baumit hlazená omítka	---
2	Porotherm 30 Profi	---
3	Baumit openContact	---
4	Baumit open EPS-F	---
5	Baumit openContact	---
6	Baumit NanoporTop omítka	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 3.186 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.298 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.32 / 0.35 / 0.40 / 0.50 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 2.2E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce N<sub>y</sub>\* podle EN ISO 13786 : 607.0

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 16.9 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 17.70 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.928**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>3-4</u>	<u>4-5</u>	<u>5-6</u>	<u>e</u>
theta [C]:	18.8	18.5	2.6	2.4	-11.6	-11.6	-11.6
p [Pa]:	1519	1471	514	399	207	190	173
p,sat [Pa]:	2164	2132	738	725	225	225	224

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

### **Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub> : 6.383E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplu 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 3– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v doporučeném standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2017 EDU

Název úlohy : STĚNA – DOPORUČENÝ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 15. 4. 201

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Baumit hlazená	0,0015	0,6000	1000,0	1110,0	10,0	0.0000
2	Porotherm 30 P	0,3000	0,1800	1000,0	800,0	10,0	0.0000
3	Baumit openCon	0,0200	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
4	Baumit open EP	0,1400	0,0410	1270,0	16,0	10,0	0.0000
5	Baumit openCon	0,0030	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
6	Baumit Nanopor	0,0015	0,7000	920,0	1800,0	35,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Baumit hlazená omítka	---
2	Porotherm 30 Profi	---
3	Baumit openContact	---
4	Baumit open EPS-F	---
5	Baumit openContact	---
6	Baumit NanoporTop omítka	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.115 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.189 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub>: 0.21 / 0.24 / 0.29 / 0.39 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 2.6E+0010 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 1240.1  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 17.0 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.52 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.954**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>3-4</u>	<u>4-5</u>	<u>5-6</u>	<u>e</u>
theta [C]:	19.2	19.2	9.1	9.0	-11.7	-11.7	-11.8
p [Pa]:	1519	1515	688	589	203	188	173
p,sat [Pa]:	2225	2223	1156	1144	222	222	222

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

### **Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub> : 5.513E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 4– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele  
 prostupu tepla pro obvodovou stěnu navrženou v pasivním standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2017 EDU

Název úlohy : STĚNA – PASIVNÍ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 15. 4. 2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Baumit hlazená	0,0015	0,6000	1000,0	1110,0	10,0	0.0000
2	Porotherm 30 P	0,3000	0,1800	1000,0	800,0	10,0	0.0000
3	Baumit openCon	0,0200	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
4	Baumit open EP	0,2000	0,0410	1270,0	16,0	10,0	0.0000
5	Baumit openCon	0,0030	0,8000	920,0	1350,0	18,0	0.0000
6	Baumit Nanopor	0,0015	0,7000	920,0	1800,0	35,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Baumit hlazená omítka	---
2	Porotherm 30 Profi	---
3	Baumit openContact	---
4	Baumit open EPS-F	---
5	Baumit openContact	---
6	Baumit NanoporTop omítka	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotní odpor konstrukce R : 6.578 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.148 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírazkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 2.9E+0010 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 1772.1  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 17.5 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.84 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rs,p</sub> : 0.964

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	19.4	19.4	11.5	11.3	-11.8	-11.8	-11.8
p [Pa]:	1519	1515	779	691	200	186	173
p,sat [Pa]:	2249	2248	1353	1343	221	221	221

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

### **Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub> : 4.910E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.



Příloha č. 5– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro střešní konstrukci navrženou v požadovaném a nízkoenergetickém standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2017 EDU

Název úlohy : STŘECHA – POŽADOVANÝ STANDARD, NÍZKOENERGETICKÝ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 5.4.2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střeška jednoplášťová  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigips RB/RBI/	0,1250	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Isover Unirol	0,0500	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
3	Isover Vario K	0,0000	0,1740	1460,0	364,0	83000,0	0.0000
4	Isover Unirol	0,0500	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
5	Isover Unirol	0,1600	0,0470*	979,2	53,0	1,0	0.0000
6	Tyvek Soft	0,0002	0,3500	1470,0	330,0	111,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

U vrstvy č. 3 je faktor difúzního odporu proměnný v roce.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádrokartonové desky)	---
2	Isover Unirol Profi	---
3	Isover Vario KM Duplex UV	---
4	Isover Unirol Profi	---
5	Isover Unirol Profi	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.036 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.1000 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m Os. vzdálenost tep. mostů: 1.2000 m
6	Tyvek Soft	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 6.778 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.145 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub>: 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 3.0E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 185.5

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 8.9 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.87 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.965**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	19.5	16.8	10.4	10.4	3.9	-11.8	-11.8
p [Pa]:	1519	1223	1211	228	216	178	173
p,sat [Pa]:	2271	1910	1257	1257	809	220	220

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

### **Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub> : 4.739E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 6– Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele  
 prostupu tepla pro střešní konstrukci navrženou v pasivním standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2017 EDU

Název úlohy : STŘECHA – PASIVNÍ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 5.4.2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střeška jednovrstevná  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigips RB/RBI/	0,1250	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Isover Unirol	0,0500	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
3	Isover Vario K	0,0000	0,1740	1460,0	364,0	83000,0	0.0000
4	Isover Unirol	0,1600	0,0360	840,0	21,5	1,0	0.0000
5	Isover Unirol	0,1600	0,0470*	979,2	53,0	1,0	0.0000
6	Tyvek Soft	0,0002	0,3500	1470,0	330,0	111,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

U vrstvy č. 3 je faktor difúzního odporu proměnný v roce.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádkartonové desky)	---
2	Isover Unirol Profi	---
3	Isover Vario KM Duplex UV	---
4	Isover Unirol Profi	---
5	Isover Unirol Profi	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.036 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.1000 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m Os. vzdálenost tep. mostů: 1.2000 m
6	Tyvek Soft	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -12.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 80.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 9.834 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.100 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.12 / 0.15 / 0.20 / 0.30 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 3.1E+0010 m/s  
Teplotní útlum konstrukce N<sub>y</sub>\* podle EN ISO 13786 : 313.5  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 10.4 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 19.21 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.975**  
Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	19.7	17.8	13.3	13.3	-0.9	-11.9	-11.9
p [Pa]:	1519	1228	1217	252	215	178	173
p,sat [Pa]:	2291	2033	1528	1528	564	219	219

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

### **Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub> : 4.649E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 7– Výstup z programu TEPLLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v požadovaném standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Tepllo 2017 EDU

Název úlohy : PODLAHA – POŽADOVANÝ STANDARD  
 Zpracovatel : Zuzana Musková  
 Zakázka : Projekt typového RD  
 Datum : 5. 4. 2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Dlažba keramic	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	600,0	0.0000
2	Betonová mazan	0,0500	1,3000	1020,0	2200,0	20,0	0.0000
3	Vedag Vedaflor	0,0002	0,3500	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
4	Isover EPS Per	0,0800	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Elastodek 40 M	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Podkladní beto	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
7	Štěrk	0,1000	0,6500	800,0	1650,0	15,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dlažba keramická	---
2	Betonová mazanina	---
3	Vedag Vedaflor TGF 200	---
4	Isover EPS Perimetr	---
5	Elastodek 40 Medium Mineral	---
6	Podkladní beton	---
7	Štěrk	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 2.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 2.680 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.346 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.37 / 0.40 / 0.45 / 0.55 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 1.3E+0012 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 223.8  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 13.2 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.48 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.916**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>3-4</u>	<u>4-5</u>	<u>5-6</u>	<u>6-7</u>	<u>e</u>
theta [C]:	18.9	18.9	18.6	18.6	4.0	3.9	3.2	2.2
p [Pa]:	1519	1498	1495	1152	1133	722	710	705
p,sat [Pa]:	2188	2180	2147	2147	812	805	769	718

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

<u>Kond.zóna číslo</u>	<u>Hranice kondenzační zóny levá [m]</u>	<u>pravá [m]</u>	<u>Kondenzující množství vodní páry [kg/(m<sup>2</sup>s)]</u>
1	0.1402	0.1402	1.086E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M<sub>c,a</sub>: **0.0084 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok M<sub>ev,a</sub>: **0.0206 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 C.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 8– Výstup z programu TEPLA 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v doporučeném standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplu 2017 EDU

Název úlohy : PODLAHA – DOPORUČENÝ STANDARD  
Zpracovatel : Zuzana Musková  
Zakázka : Projekt typového RD  
Datum : 5. 5. 2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Dlažba keramic	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	600,0	0.0000
2	Betonová mazan	0,0500	1,3000	1020,0	2200,0	20,0	0.0000
3	Vedag Vedaflor	0,0002	0,3500	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
4	Isover EPS Per	0,1200	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Elastodek 40 M	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Podkladní beto	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
7	Štěrk	0,1000	0,6500	800,0	1650,0	15,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dlažba keramická	---
2	Betonová mazanina	---
3	Vedag Vedaflor TGF 200	---
4	Isover EPS Perimetr	---
5	Elastodek 40 Medium Mineral	---
6	Podkladní beton	---
7	Štěrk	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 2.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotní odpor konstrukce R : 3.856 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.246 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>kc</sub> : 0.27 / 0.30 / 0.35 / 0.45 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 1.3E+0012 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 333.8  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 13.7 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 18.91 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.940**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	19.2	19.2	19.0	19.0	3.4	3.3	2.9	2.2
p [Pa]:	1519	1499	1495	1157	1128	722	710	705
p,sat [Pa]:	2230	2224	2201	2200	780	775	750	714

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m <sup>2</sup> s)]
1	0.1802	0.1802	1.162E-0009

### Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0092 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: **0.0197 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 C.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software



Příloha č. 9 – Výstup z programu TEPLO 2017 – Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahu nad terénem navrženou v pasivním standardu

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplu 2017 EDU

Název úlohy : PODLAHA – PASIVNÍ STANDARD  
Zpracovatel : Zuzana Musková  
Zakázka : Projekt typového RD  
Datum : 15. 4. 201

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Dlažba keramic	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	600,0	0.0000
2	Betonová mazan	0,0500	1,3000	1020,0	2200,0	20,0	0.0000
3	Vedag Vedaflor	0,0002	0,3500	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
4	Isover EPS Per	0,2100	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Elastodek 40 M	0,0040	0,2100	1470,0	1200,0	30000,0	0.0000
6	Podkladní beto	0,1500	1,4300	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
7	Štěrk	0,1000	0,6500	800,0	1650,0	15,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dlažba keramická	---
2	Betonová mazanina	---
3	Vedag Vedaflor TGF 200	---
4	Isover EPS Perimetr	---
5	Elastodek 40 Medium Mineral	---
6	Podkladní beton	---
7	Štěrk	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 2.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 65.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplotní odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotní odpor konstrukce R : 6.503 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.149 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přiřázkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.3E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 619.4

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 15.3 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 19.34 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : **0.963**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

<u>rozhraní:</u>	<u>i</u>	<u>1-2</u>	<u>2-3</u>	<u>3-4</u>	<u>4-5</u>	<u>5-6</u>	<u>6-7</u>	<u>e</u>
theta [C]:	19.5	19.5	19.4	19.4	2.9	2.8	2.5	2.1
p [Pa]:	1519	1499	1496	1166	1118	722	710	705
p,sat [Pa]:	2272	2268	2254	2253	749	747	732	711

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

<u>Kond.zóna číslo</u>	<u>Hranice kondenzační zóny levá [m]</u>	<u>pravá</u>	<u>Kondenzující množství vodní páry [kg/(m<sup>2</sup>s)]</u>
1	0.2702	0.2702	1.193E-0009

### Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M<sub>c,a</sub>: **0.0097 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok M<sub>v,a</sub>: **0.0186 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 C.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplot 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha č. 10 – Výpočet tepelných ztrát – požadovaný standard

TABULKA PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT - POŽADOVANÝ STANDARD										
RD V POŽADOVANÉM STANDARDU										
Název	20 [°C]	Vnější výpočtová teplota	-12 [°C]	hustota teplota	0,28 W/h/kg K					
Vnitřní výpočtová teplota	20 [°C]	Vnější výpočtová teplota	-12 [°C]	hustota teplota	0,28 W/h/kg K					
Nejnižší intenzita výměny vzduchu n (1/h)	0,5 [1/h-1]	Vnitřní objem Vm	347,92 [m3]	hustota vzduchu	1,2 kg/m3					
Nejnižší hygienické množství vzduchu, trvalý průtok V (m3/h)	60 [m3/h-1]	Teplota přiváděného vzduchu	-12 [°C]							
TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM										
Označení a popis konstrukce	Podlaží	Šířka y	Plocha Ac*x*y	Počet otvorů	Plocha všech otvorů	Plocha bez otvorů	Soudinitel	Číselní teplotní	Soudinitel tepelné ztráty konstrukce	Tepelná ztráta W
	Delka x	m	m2	m2	m2	m2	W.m-2K-1	redukce	prostupem HT, k=Ak, Uk, bu	
Stěna vnější 1	8	4,3	34,4	-	34,4	34,4	0,298	1	10,2512	
Stěna vnější 2	8	4,3	34,4	4	34,4	34,4	0,298	1	10,2512	
Stěna vnější 3	7,5	4,3	32,25	4	23,8972	23,8972	0,298	1	7,1213656	
Stěna vnější 4	7,5	4,3	32,25	5	5,767	26,483	0,298	1	7,891934	
Střeška 1	4,8	8	38,4	1	0,429	37,971	0,145	1	5,505795	
Střeška 2	4,8	8	38,4			38,4	0,145	1	5,568	
Podlaha	8	7,5	60			60	0,346	0,5	10,38	
Okna - typ 1	1,06	1,97	2,0882	4	8,3528		1,5	1	12,5292	
Okna - typ 2	0,9	1	0,9	4	3,6		1,5	1	5,4	
Vchodové dveře	1,1	1,97	2,167	1	2,167		1,2	1	2,6004	
Střešní okno	0,78	0,55	0,429	1	0,429		0,9	1	0,3861	
270,1										
Soudinitel tepelné ztráty prostupem										
77,8851946 2492,326										
TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM										
Množství větráního vzduchu Vi = max (Vm, n, Vm/n, i)	1,73,96 [m3/h-1]	Souč. tepelné ztráty větráním HV = Vi . Cp . q . (θi - θe)	58,45056							1870,418
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA										
4362,744 W										
4,362744 kW										

Příloha č. 11 – Výpočet tepelných ztrát – nízkoenergetický standard

TABULKA PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT - NÍZKOENERGETICKÝ STANDARD										
Název	RD V NÍZKOENERGETICKÉM STANDARDU				TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM					
	Vnitřní výpočtová teplota Nejnižší intenzita výměny vzduchu n(mn)	Vnější výpočtová teplota Nejnižší intenzita výměny vzduchu n(mn)	Vnitřní objem Vm Teploota přiváděného vzduchu	Počet otvorů	Plocha všech otvorů	Plocha bez otvorů	Souděrná tepelná kapacita vzduchu hustota vzduchu	Souděrná tepelná kapacita konstrukce prostupem HT.k=Ak.Uk.bu	Teplotná ztráta [W]	
20 [°C]	0,5 [h-1]	60 [m3 h-1]	-12 [°C]	-12 [°C]	m2	m2	W.m-2K-1	W.k-1	W	
Stěna vnější 1	8	4,3	34,4	-	34,4	34,4	0,189	1	6,5016	
Stěna vnější 2	8	4,3	34,4	-	34,4	34,4	0,189	1	6,5016	
Stěna vnější 3	7,5	4,3	32,25	4	8,3528	23,8972	0,189	1	4,5165708	
Stěna vnější 4	7,5	4,3	32,25	5	5,767	26,483	0,189	1	5,005287	
Střecha 1	4,8	8	38,4	1	0,429	37,971	0,145	1	5,505795	
Střecha 2	4,8	8	38,4	1	0,429	38,4	0,145	1	5,568	
Podlažka	8	7,5	60	4	8,3528	60	0,24	0,5	7,2	
Okna - typ 1	1,06	1,97	0,9	4	3,6	0,9	0,9	1	7,51752	
Okna - typ 2	0,9	1	1	4	3,6	0,9	0,9	1	3,24	
Vyhododové dveře	1,1	1,97	2,167	1	2,167	0,429	1	1	2,167	
Střešní okno	0,78	0,55	0,429	1	0,429	0,429	1	1	0,429	
270,1										
Souděrná tepelná ztráta prostupem									54,1523728	
TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM										
Množství větráchno vzduchu V = max(Vm, n.Vmin, l)	173,96 [m3 h-1]	Souč. tepelné ztráty větráním HV = V1 . cP . q . (θi - θsup) / (θi - θe)		58,45056					1870,418	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA										
									3,603,294 W	
									3,603,294 kW	

Příloha č. 12 – Výpočet tepelných ztrát – pasivní standard

TABULKA PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT - PASIVNÍ STANDARD										
RD V PASIVNÍM STANDARDU					RD V PASIVNÍM STANDARDU					
Název	Vnitřní vypočtová teplota	Vnější vypočtová teplota	měrná tepelná kapacita vzduchu	Soudnítel	Číselník teplotní redukce	Soudnítel teplotní prostupem HT, k=Alk, Uk, bu	W, K-1	Tepelná ztráta	Tepelná ztráta	
Nejmensi hygienicke vřmeny vzduchu n (m³/h)	0,5 [h-1]	Vnější objem Vm	husota vzduchu	prostup tepla	redukce	prostupem HT, k=Alk, Uk, bu	W	[W]	[W]	
Nejmensi hygienicke množstvi vzduchu, trvaly přítok Vm (m³/h)	60 [m³h-1]	Teplořada přiváděného vzduchu								
TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM										
Označení a popis konstrukce										
Pochybae	Sřřřka y	Plocha A=x*y	Plocha všech otvorů	Plocha bez otvorů	W, m²K-1	redukce	W, K-1			
Děřka x	m	m²	m²	m²						
Stěna vnějšř 1	8	4,3	34,4	34,4	0,148		1	5,0912		
Stěna vnějšř 2	8	4,3	34,4	34,4	0,148		1	5,0912		
Stěna vnějšř 3	7,5	4,3	32,25	23,8972	0,148		1	3,5367856		
Stěna vnějšř 4	7,5	4,3	32,25	5,767	0,148		1	3,919484		
Střecha 1	4,8	8	38,4	0,429	0,1		1	3,7971		
Střecha 2	4,8	8	38,4	38,4	0,1		1	3,84		
Podřaha	8	7,5	60	60	0,148		0,5	4,44		
Okna - typ 1	1,06	1,97	2,0882	8,3528	0,6		1	5,01168		
Okna - typ 2	0,9	1	0,9	3,6	0,6		1	2,16		
Vchodově dveře	1,1	1,97	2,167	2,167	0,9		1	1,9503		
Střešř okno	0,78	0,55	0,429	0,429	0,9		1	0,3861		
Soudńřitel tepeřné ztráty prostupem								270,1	39,2238496	1255,163
TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM										
Mnořstvi vřtrachov vzduchu Vv = max{ Vm, n; Vm(n, l)}	173,96	[m³ h-1]	Souř, tepeřné ztráty vřtráním HV = Vv · c·p · q · (θi - θsup)/(θi - θe)	58,45056				Tepelná ztráta [W]	1870,418	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA										
								3125,581 W		
								3,125581 kW		