



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**RODINNÉ DOMY VÍTOVÁ**

**FAMILY HOUSES VÍTOVÁ**

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

**Antonín Zátopek**

---

**Praha 2019**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Zátopek</u>	Jméno: <u>Antonín</u>	Osobní číslo: <u>423661</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra konstrukcí pozemních staveb (K 124)</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Rodinné domy Vítová</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Family houses Vítová</u>	
Pokyny pro vypracování: Diplomová práce bude vycházet ze zadané studie tří rodinných domů. Ke studii bude vypracována analýza, která bude sloužit k vybrání nejvhodnější varianty (konstrukčně-materiálového řešení, řešení TZB, řešení obálky budovy, apod.) s příslušným odůvodněním. Pro výslednou variantu bude zpracován projekt, a to stavební část, požární část a vybrané části TZB.	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Kamil Staněk, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>1.10.2018</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>6.1.2019</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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v diplomové 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)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 7.1.2019

.....

podpis

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Kamilu Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat mojí rodině za podporu, kterou mi poskytovala po celou dobu mého studia.

## Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle práce .....	8
3	Metodologická část.....	9
3.1	Prvotní analýza .....	9
3.2	Podrobná analýza.....	9
4	Analytická část.....	10
4.1	Prvotní analýza .....	10
4.1.1	Klimatické údaje .....	10
4.1.2	Porovnání klimatických údajů.....	11
4.1.3	Lokalita .....	12
4.1.4	Studie objektu.....	13
4.1.5	Možné úpravy dispozice .....	14
4.1.6	Odstupové vzdálenosti a umístění objektů na pozemky .....	15
4.1.7	Odstupové vzdálenosti z hlediska požárních předpisů.....	17
4.1.8	Výsledná orientace objektu a úprava dispozice.....	23
4.1.9	Proslunění .....	24
4.2	Podrobná analýza.....	25
4.2.1	Konstrukční systémy.....	25
4.2.2	Roční potřeba tepla .....	30
4.2.3	Letní stabilita .....	38
4.2.4	Ekonomické hledisko.....	48
4.3	Systémy TZB.....	49
4.3.1	Systémy TZB – vytápění a příprava TV .....	49
4.3.2	Systémy TZB – větrání .....	50
4.3.3	Systémy TZB – chlazení.....	50
4.3.4	Výběr vhodného systému .....	51
4.4	Závěr .....	53
5	Seznam zkratk a symbolů.....	54
6	Seznam použité literatury.....	55

**Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na vypracování analýzy investorského záměru postavit tři jednopodlažní rodinné domy za účelem pronájmu. Bude vybráno nejvhodnější materiálově konstrukční řešení s ohledem na pořizovací náklady, náklady na provoz a komfort vnitřního prostředí. Na základě provedené analýzy bude zpracovaná projektová dokumentace.

**Klíčová slova**

Analýza, roční potřeba tepla na vytápění, letní stabilita, vnitřní prostředí

**Annotation**

This master's thesis is focused on preparation of analysis of investor's intention to build three single-storey family houses for renting. The best material and construction solution will be chosen with regard to the cost, operating costs and comfort of indoor environment. Based on the analysis a project documentation will be made.

**Keywords**

Analysis, annual heat consumption, summer stability, indoor environment

# 1 Úvod

Problematika výstavby rodinných domů má svoje specifika. Pohybují se v ní jednak soukromí investoři, kteří si staví objekty pro vlastní použití, jednak developeři, kterým jde primárně o maximalizaci zisku z realizace objektů. Liší se i způsob realizace, kde developeři si většinou najímají renomované stavební firmy, pokud nemají vlastní kapacity na tuto realizaci, zatímco soukromí investoři provádí stavbu často svépomocí. Tyto eventuality je nutné zohlednit při návrhu, protože i ty nejmodernější a nejlepší technologie ztrácí svůj význam při neodborné realizaci. Pro developerské projekty je podstatným faktorem hlavní záměr jejich investice. Pokud je cílem postavit objekt pro následný odkup soukromou osobou bude největší tlak vyvíjen na cenu výstavby a náklady na provoz a údržbu budou hrát až druhotnou roli. Pro výstavbu za účelem pronájmu bude cena výstavby stále nejdůležitějším parametrem, ale důležitou roli budou hrát například kvalita vnitřního prostředí, náklady na vytápění či případné náklady na chlazení v letních měsících. Protože jsou jednotlivé požadavky často protichůdné je potřeba zvážit naše priority a najít kompromis, který povede k vytvoření kvalitního díla poskytujícího příjemné bydlení, při maximalizaci zisku z investorského záměru.

## 2 Cíle práce

Tato diplomová práce se bude zabývat reálným investorským záměrem. Cílem investora je realizovat tři rodinné domy za účelem pronájmu v obci Vítová ve Zlínském kraji. Jako podklad bude sloužit investorem dodaná studie rodinného domu. Hlavním cílem bude najít optimální řešení objektu, které bude klást důraz na cenu výstavby, náklady na provoz a údržbu a zároveň poskytne jejím budoucím uživatelům příjemné prostředí pro bydlení. Bude provedena analýza na základě, které bude vybráno vhodné řešení. Výsledné řešení bude poté zpracováno formou projektové dokumentace (stavební část, část požární bezpečnost, část TZB).



## 3 Metodologická část

### 3.1 Prvotní analýza

Jako první budeme zkoumat klimatické podmínky v daném regionu a její odlišnosti od klimatických podmínek v Praze, které jsou využívány většinou výpočetních nástrojů. Dále bude prozkoumána studie poskytnutá investorem, jestli splňuje platné normy a vyhlášky a případně dojde k úpravám. Objekt bude prozkoumán i z uživatelského hlediska, jestli obsahuje všechny náležitosti pro pohodlné užívání a umístění TZB systémů. U pozemků budou prozkoumány možnosti osazení objektů na pozemku, kde budou brány v potaz odstupové vzdálenosti objektů od okrajů pozemku, odstupové vzdálenosti vzhledem k požárním předpisům, přístup na pozemek, parkování, vstup do objektu, sítě v okolí objektu a v neposlední řadě orientace objektu na pozemku vzhledem ke světovým stranám a přezkoumání navržené dispozice, jestli této orientaci odpovídá. Zkontrolujeme, jestli nám objekty splňují požadavky na proslunění a případně upravíme jejich vzájemné odstupy.

### 3.2 Podrobná analýza

Po navržení výsledné dispozice a osazení objektů na pozemku budeme zkoumat možné konstrukční a materiálové varianty řešení objektu a posoudíme je z hlediska tepelně technického. Stanovíme roční potřebu tepla pro jednotlivé varianty a prozkoumáme možnosti jejího snížení. Posoudíme, jak se budou jednotlivé varianty chovat v letním období pomocí výpočtu letní stability a prozkoumáme možná zlepšení komfortu vnitřního prostředí. Pro jednotlivé konstrukční varianty bude spočítán orientační rozpočet. Na základě získaných údajů zvolíme vhodnou variantu řešení objektu s přihlédnutím k ceně realizace, provozu objektu a komfort vnitřního prostředí. Dále se zaměříme na zvolení vhodného systému vytápění, přípravy teplé vody, větrání a případně chlazení. Na závěr zdůvodníme výběr našeho řešení a následně bude zpracován formou projektu.

# 4 Analytická část

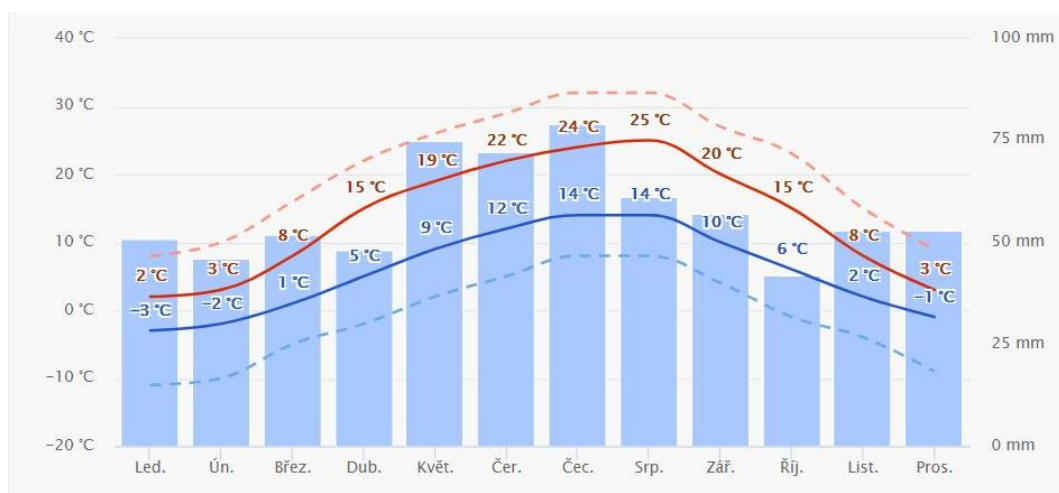
## 4.1 Prvotní analýza

### 4.1.1 Klimatické údaje

#### 4.1.1.1 Podnebí Zlín

Zlín je neblížejší krajské město a bude použito pro popis místního podnebí.

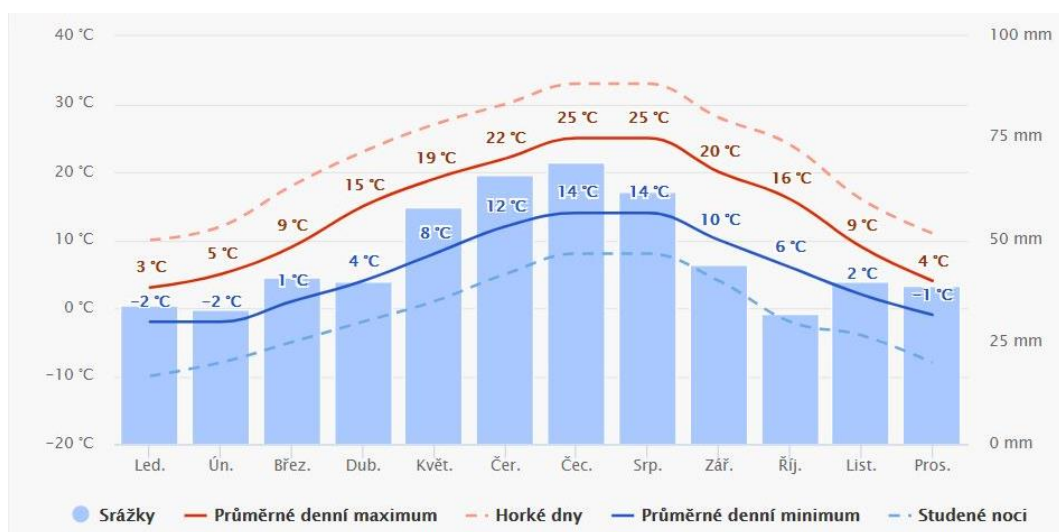
Zlínský kraj, Česko, 49,23°S 17,67°V 229 m. n. m.



Obr.1 - Průměrné teploty a úhrn srážek – Zlín [[https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/predpoved'/modelclimate/zlin\\_Cesko\\_3061370](https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/predpoved'/modelclimate/zlin_Cesko_3061370)]

#### 4.1.1.2 Podnebí Praha

Hlavní město Praha, Česko, 50,09°S 14,42°V 202 m. n. m.



Obr. 2 - Průměrné teploty a úhrn srážek – Praha [[https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/predpoved'/modelclimate/praha\\_Cesko\\_3067696](https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/predpoved'/modelclimate/praha_Cesko_3067696)]

## 4.1.2 Porovnání klimatických údajů

Z porovnání dvou grafů průměrných měsíčních teplot jasně vyplývá, že se teploty liší pouze minimálně (maximálně o 1 °C) a proto budeme pro tepelné výpočty používat klimatické údaje pro Prahu, které využívá většina výpočetních modelů, které použijeme pro analýzu. Výpočetní modely využívají většinou měsíční krok, proto se budou výstupy pouze nepatrně a pro naši potřebu budou stačit.

### 4.1.3 Lokalita

Budoucí trojice RD se bude nacházet v obci Vítová nedaleko města Zlína. Stávající zástavba se skládá převážně z RD. Lokalita je připojena na elektrickou síť, kanalizaci, vodovod a plyn. Parcely ještě nejsou zasít'ované a není k nim vybudována příjezdová komunikace. Ta bude zhotovena během výstavby. Terén je mírný až mírně svažité bez větších stromů a porostů. Parcely mají čísla 85/5, 85/6, 85/7.



Obr. 3 - Situace se zakreslením parcel (parcela je vyznačena červenou barvou)



Obr. 4 - Situace se zakreslením sítí

#### 4.1.4 Studie objektu

Investor dodal studii objektu pro svůj investiční záměr. Jedná se o jednopodlažní RD se sedlovou střechou. Do objektu se vstupuje přes zádveří, které obsahuje úložný prostor a je napojen na chodbu. Ta slouží jako hlavní komunikace mezi jednotlivými místnostmi. V RD se nachází jak koupelna se záchodem, tak samostatný záchod. V koupelně je vana, dvě umyvadla, WC a sprchový kout. Dále se v Objektu nachází ložnice s manželskou postelí, pokoj se dvěma postelimi a kuchyň spojená s jídelnou a obývacím pokojem. Na kuchyň navazuje spíž pro uskladnění potravin.

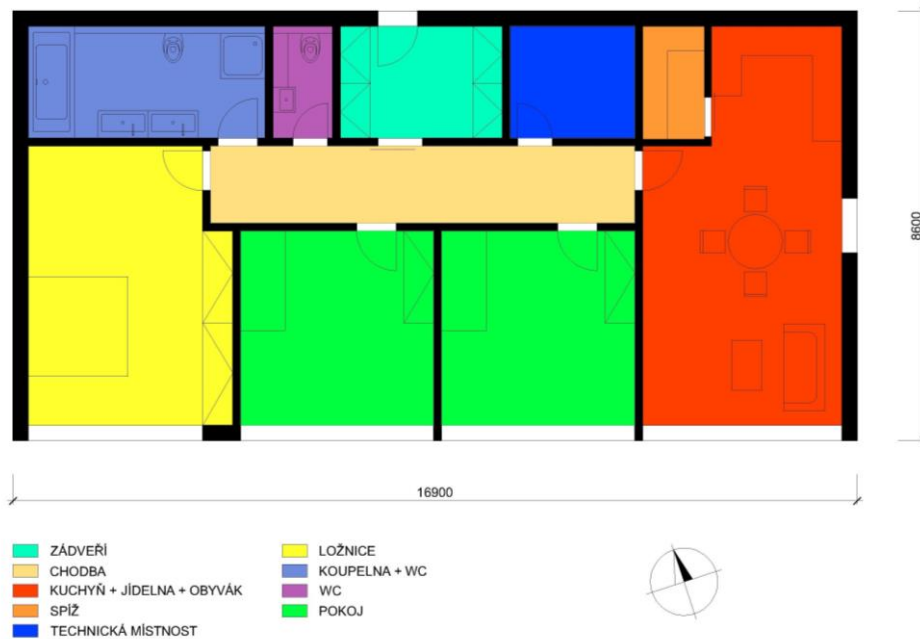


Obr. 5 - Původní studie objektu

Návrh objektu byl zkontrolován, jestli vyhovuje normě ČSN 73 4301 (Obytné budovy) a Vyhlášce č. 268/2009 Sb. (O technických požadavcích na stavby). Po prozkoumání jsem dospěl k závěru, že návrh je v souladu s výše zmíněnou legislativou.

#### 4.1.5 Možné úpravy dispozice

V původním návrhu není řešena technická místnost, která může být využita pro technické zázemí objektu, nebo pro uložení pračky a sušičky. Možnosti pro umístění technické místnosti se nabízí dvě: jedna na teoretické severní straně mezi záchodem a zádveřím, druhá na teoretické jižní straně mezi pokojem a obývacím.



Obr. 6 - Studie objektu s technickou místností na teoretické severní straně



Obr. 7 - Studie objektu s technickou místností na teoretické jižní straně

#### 4.1.6 Odstupové vzdálenosti a umístění objektů na pozemky

Pro umístění objektů budeme uvažovat dvě varianty. První varianta (dále VAR.1) je pro původní návrh objektu a pro objekt s technickou místností na teoretické jižní straně, protože mají stejné vnější rozměry. Druhá varianta (dále VAR.2) je pro RD s technickou místností na teoretické severní straně (tato varianta má větší půdorysné rozměry). U VAR.1 je možné RD orientovat jak na délku, tak na šířku, kde ani v jednom případě nedojde k překročení minimální vzdálenosti objektu od hranice pozemku (2 m), zároveň je splněn i požadavek na minimální vzdálenost mezi RD 7 m a požadavek na vzdálenost RD od místní komunikace 3 m (bude zhotovena během výstavby). Všechny požadavky jsou splněny taktéž u VAR.2, ale pouze pro podélné umístění objektu na stavební parcelu. Vjezdy na pozemek budou z východní strany parcely a vstupy do objektů ze severní, resp. západní strany.



Obr. 8 - Podélné umístění objektu na pozemku VAR.1



Obr.9 - Příčné umístění objektu na pozemku VAR.1



Obr. 10 - Podélné umístění objektu na pozemku VAR.2



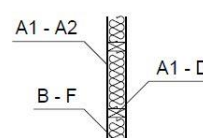
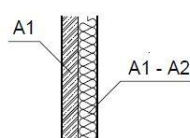
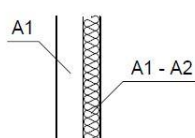
## 4.1.7 Odstupové vzdálenosti z hlediska požárních předpisů

Důležitou roli při umístění objektů na pozemku hrají i požární předpisy a jimi vymezené odstupové vzdálenosti. Ty jsou závislé především na výšce objektu a skladbě obalových konstrukcí. Pro stanovení odstupových vzdáleností budeme uvažovat 3 varianty obvodového pláště. První varianta bude zděná konstrukce s kontaktním zateplovacím systémem (konstrukce DP1), druhá železobetonová konstrukce s kontaktním zateplovacím systémem (konstrukce DP1) a třetí bude lehký dřevěný skelet (konstrukce DP2).

VAR. 1 - ZDĚNÁ KONSTRUKCE S KONTAKTNÍM ZATEPLENÍM (DP1)

VAR. 2 - ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE S KONTAKTNÍM ZATEPLENÍM (DP1)

VAR. 3 - LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET (DP2)



Obr. 11 – Druhy konstrukcí z požárního hlediska

Celý objekt budeme uvažovat, jako jeden požární úsek s požárním zatížením  $45 \text{ kg/m}^2$ .

VAR.1 a VAR.2 vyšly jako PUP s výplněmi otvorů klasifikovanými jako POP. Byly stanoveny odstupové vzdálenosti, které demonstruje *Tab.1* resp. *Tab.2*.

*Pozn.1* – Podrobný výpočet viz. Příloha 1

specifikace PÚ a obvodové stěny	rozměry POP [m]	$h_u$ [m]	$l$ [m]	$p_v$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$S_{po}$ [m <sup>2</sup> ]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	$d$ [m]
N01.01 - severní stěna	1,5 / 1,5	3	16,8	50,0	6,44	50,5	12,8	1,86
	0,5 / 0,5							0,78
	2x 1,0 / 0,5							0,85
	1,1 / 2,4							1,87
	0,6 / 0,5							0,79
N01.01 - východní stěna	-	3	8,8	50,0	0	26,5	0,0	-
N01.01 - jižní stěna	4x 3,5 / 2,4	3	16,8	50,0	33,6	50,5	66,6	5,50
N01.01 - západní stěna	2,5 / 2,4	3	8,8	50,0	6	26,5	22,7	3,09

Tab. 1 - Stanovení odstupové vzdálenosti  $d$  [m] pro VAR.1

specifikace PÚ a obvodové stěny	rozměry POP [m]	$h_u$ [m]	$l$ [m]	$p_v$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$S_{po}$ [m <sup>2</sup> ]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$p_o$ [%]	$d$ [m]
N01.01 - severní stěna	1,5 / 1,5	3	16,7	50,0	6,44	50,0	12,9	1,86
	0,5 / 0,5							0,78
	2x 1,0 / 0,5							0,85
	1,1 / 2,4							1,87
	0,6 / 0,5							0,79
N01.01 - východní stěna	-	3	8,7	50,0	0	26,0	0,0	-
N01.01 - jižní stěna	4x 3,5 / 2,4	3	16,7	50,0	33,6	50,0	67,2	5,50
N01.01 - západní stěna	2,5 / 2,4	3	8,7	50,0	6	26,0	23,1	3,09

Tab. 2 - Stanovení odstupové vzdálenosti  $d$  [m] pro VAR.2

VAR.3 vyšla jako POP a její odstupové vzdálenosti najdeme v *Tab. 3*.

specifikace PÚ a obvodové stěny	rozměry POP [m]	$h_u$ [m]	$l$ [m]	$\rho_v$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$S_{po}$ [m <sup>2</sup> ]	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$\rho_o$ [%]	$d$ [m]
N01.01 - severní stěna	-	3	16,8	55,0	50,5	50,5	100,0	<b>7,80</b>
N01.01 - východní stěna	-	3	8,8	55,0	26,5	26,5	100,0	<b>6,50</b>
N01.01 - jižní stěna	-	3	16,8	55,0	50,5	50,5	100,0	<b>7,80</b>
N01.01 - západní stěna	-	3	8,8	55,0	26,5	26,5	100,0	<b>6,50</b>

*Tab. 3 - Stanovení odstupové vzdálenosti  $d$  [m] pro VAR.3*



*Obr. 12 - Odstupové vzdálenosti pro VAR.1 a VAR.2, podélná orientace objektu s technickou místností*

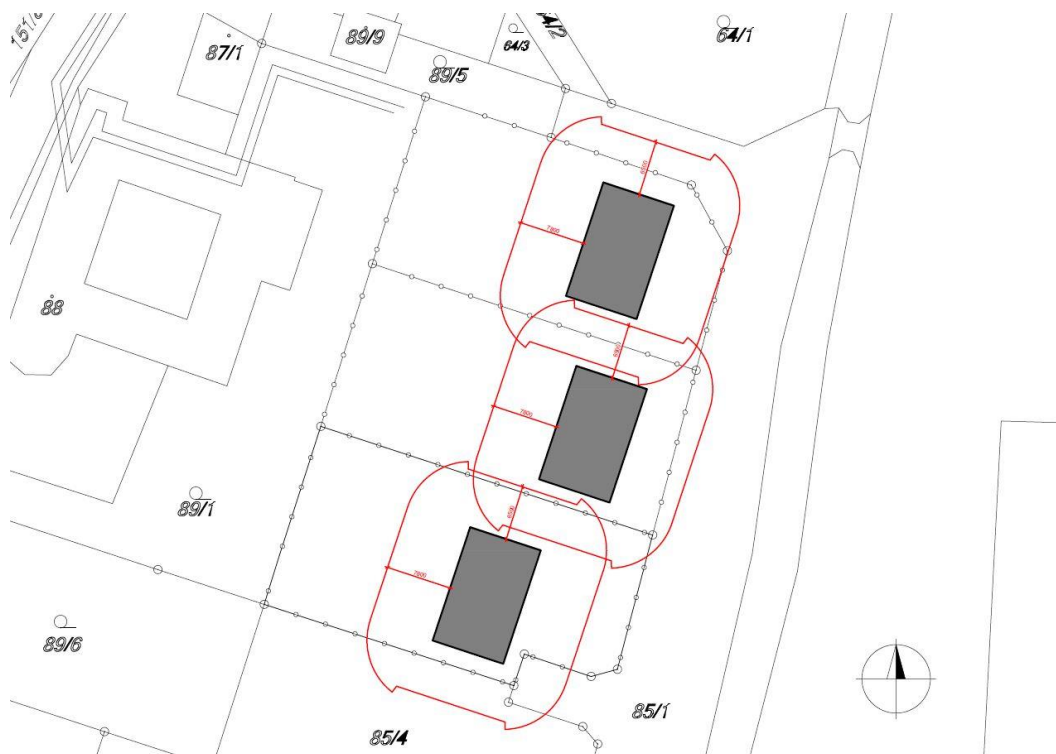


Obr. 13 - Odstupové vzdálenosti pro VAR.1 a VAR.2, podélná orientace objektu bez technické místnosti



Obr. 14 - Odstupové vzdálenosti pro VAR.1 a VAR.2, příčná orientace objektu bez technické místnosti





Obr. 16 - Odstupové vzdálenosti pro VAR.3, příčná orientace objektu bez technické místnosti

#### 4.1.7.1 Závěr

Z vypočítaných a zakreslených odstupových vzdáleností vyplývá, že objekt s obvodovou konstrukcí klasifikovanou jako POP nesplňuje požadavek, který předepisuje, že PNP nesmí zasahovat na sousední pozemek. Toto je možné pouze v případě, že tento je ve vlastnictví téhož majitele. To je v našem případě sice možné, ale v současné době se dá těžko odhadovat investorův úmysl do budoucna. Budeme brát v potaz možnost, kdy by investor chtěl nemovitosti prodat. Z tohoto důvodu nesmí přesahovat PNP na sousední pozemek. Proto nám nevyhoví varianta s PUP a příčnou orientací objektu a všechny varianty s POP.

Abychom mohli i nadále počítat s variantou konstrukce s lehkým obvodovým pláštěm, je nutné použít takový systém, který je certifikovaný jako požárně uzavřená plocha.

#### 4.1.7.2 Parkovací stání

Pro naše objekty by mohlo být žádoucí, aby bylo vybudováno alespoň kryté parkovací stání. To se bude nacházet v blízkosti objektu a může se nacházet v PNP, z čehož by pramenily speciální požadavky na jeho konstrukci.

První variantou je umístit parkovací stání vedle objektu na severní straně blízko vstupu do objektu. Konstrukce zastřešení by v tomto případě byla prodloužením střešní konstrukce a vztahovaly by se na ni příslušné požadavky, protože by se nacházela v PNP v těsné blízkosti

sousedního pozemku. Norma ČSN 73 0802 uvádí, že objekt do 2NP s vnější konstrukcí v PNP do výšky 9 m nemusí mít požární odolnost. V našem případě je tato podmínka splněna, ale přístřešek nesmí být z hořlavých materiálů, aby její PNP nezasáhl na sousední pozemek.

Druhou variantou je umístění parkovacího stání na východní straně objektu. Ve východní fasádě se nenachází žádné otvory a parkovací stání by se nacházelo blízko vstupu na pozemek. Konstrukce by byla oddělena od konstrukce objektu a bylo by možné zde zaparkovat až dva osobní automobily. V tomto případě by neměl být problém s PNP.



Obr. 17 - Parkovací stání na severní straně



Obr. 18 - Parkovací stání na východní straně

#### 4.1.8 Výsledná orientace objektu a úprava dispozice

Z předcházejícího zkoumání jasně vyplývá, že možná je pouze podélná orientace objektu s obytnými místnostmi směrem k jihu (jihozápadu). Pro nyní již definitivní umístění objektu došlo k mírným změnám. Byly přidány okna na severní fasádě a došlo k přesunutí ložnice k východní fasádě a kuchyně s jídelnou a obývánkem k západní, aby obytné místnosti přiléhaly k zahradě a vytvořili s ní klidovou zónu a soukromí.



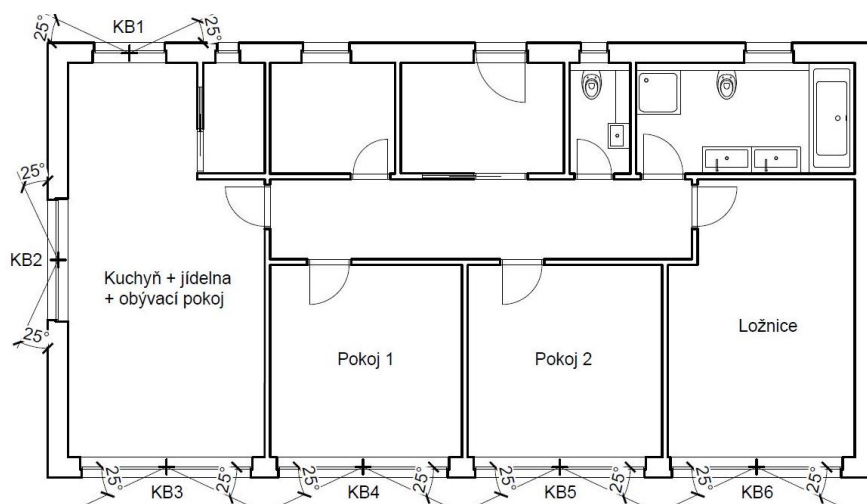
Obr. 19 - Výsledná dispozice s technickou místností

## 4.1.9 Proslunění

Pro výslednou orientaci a dispozici objektu jsme zkontrolovali, jestli je dostatečně prosluněn. Předpisy požadují, aby u RD byl minimálně  $\frac{1}{2}$  podlahových ploch všech obytných místností prosluněna alespoň 90 minut dne 1. března. V našem případě má objekt 4 obytné místnosti: Kuchyň + jídelna + obývací pokoj, Pokoj 1, Pokoj 2 a Ložnice. Okna s orientací na sever nebudeme uvažovat, okno na západní straně není stíněno a pro okna na jižní fasádě bude provedeno přezkoumání, jestli sousední objekty nestíní. Kontrola proběhne v Pokoji 2, protože tento by mohl být nejvíce zastíněn. Pokud nám okno v Pokoji 2 vyhoví, budeme uvažovat všechny otvory na jižní fasádě za vyhovující.

*Pozn.2 - Pravoúhlý sluneční diagram zastínění pro KB5 viz. Příloha 2a, 2b*

*Pozn.3 - Pro skutečnou orientaci objektu byla použita meridiánová konvergence  $C = 5,348^\circ (17^\circ 40'$  zeměpisné délky.)*



Obr. 20 - Rozmístění kontrolních bodů KB1 – KB6

Místnost	Obytná míst	Plocha (m <sup>2</sup> )	Velikost osvětlovacích otvorů	Kontrolní bod (KB)
Kuchyň + jídelna + obývací pokoj	ano ≥12 m <sup>2</sup>	28,7	šířka i výška větší než 900 mm, 2,3 ≥ 0,1x 28,7 = 2,9 m <sup>2</sup>	NE (KB1), otvor je plošně malý
			šířka i výška větší než 900 mm, 6,0 ≥ 0,1x 28,7 = 2,9 m <sup>2</sup>	ANO (KB2)
			šířka i výška větší než 900 mm, 8,4 ≥ 0,1x 28,7 = 2,9 m <sup>2</sup>	ANO (KB3)
Pokoj 1	ano ≥8 m <sup>2</sup>	15,2	šířka i výška větší než 900 mm, 8,4 ≥ 0,1x 15,2 = 1,5 m <sup>2</sup>	ANO (KB4)
Pokoj 2			šířka i výška větší než 900 mm, 8,4 ≥ 0,1x 15,2 = 1,5 m <sup>2</sup>	ANO (KB5)
Ložnice			šířka i výška větší než 900 mm, 8,4 ≥ 0,1x 15,2 = 1,5 m <sup>2</sup>	ANO (KB6)
<b>Σ obytných ploch</b>		<b>79,7</b>	<b>1/2 obytných ploch</b>	<b>79,7</b>

Tab. 4 – Posouzení proslunění objektu

### 4.1.9.1 Závěr

Byly splněny všechny požadavky a objekty jsou prosluněny.



## 4.2 Podrobná analýza

### 4.2.1 Konstrukční systémy

Pro daný objekt přichází v potaz celá řada možných konstrukčních variant. My se budeme zabývat porovnáním konstrukce z cihelných tvarovek (VAR.1), monolitické železobetonové konstrukce (VAR.2) a konstrukce z lehkého dřevěného skeletu (VAR.3). Jako konstrukce zastřešení přichází v úvahu hambálková soustava nebo konstrukce vazníku. Vhodný výběr zastřešení objektu bude závislý na využití podkroví.

#### 4.2.1.1 Konstrukční systém varianta 1 – Zděná konstrukce

Svislá nosná konstrukce bude tvořena z cihelných tvárnic POROTHERM 25 AKU s kontaktním zateplovacím systémem. Vnitřní dělicí konstrukce budou tvořeny jednak cihelnými tvarovkami POROTHERM 11,5 AKU, jednak sádrokartonovou montovanou příčkou, do které budou instalovány vnitřní posuvné dveře u spíže v kuchyni a v zádveři. Konstrukce zastřešení (ať už hambálková soustava nebo vazník) bude uložena na pozednici, která bude kotvena do železobetonového věnce. Objekt bude založen na základových pasech.

*Pozn.4 - Konstrukční schéma viz. Příloha 4 (Výkres č. P4)*

*Pozn.5 - Výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden pomocí softwaru Teplo 2017 EDU viz. Příloha 3*

#### VAR. 1 - ZDĚNÁ KONSTRUKCE ( $U = 0,185 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



#### VAR. 1 - ZDĚNÁ PŘÍČKA ( $R_w = 46 \text{ dB}$ )



#### VAR. 2 - SDK PŘÍČKA ( $R_w = 48 \text{ dB}$ )



Obr. 21 – Skladby VAR.1 (zděná konstrukce), VAR.1 (zděná příčka) a VAR.2 (SDK příčka)

#### 4.2.1.2 Konstrukční systém varianta 2 – Monolitická železobetonová konstrukce

Svislá nosná konstrukce bude tvořena monolitického železobetonu s kontaktním zateplovacím systémem. Vnitřní dělicí konstrukce budou tvořeny jednak cihelnými tvarovkami POROTHERM 11,5 AKU, jednak sádrokartonovou montovanou příčkou, do které budou instalovány vnitřní posuvné dveře u spíže v kuchyni a v zádveři. Konstrukce zastřešení (ať už hambálková soustava nebo vazník) bude uložena na pozednici, která bude kotvena do železobetonového věnce. Objekt bude založen na základových pasech.

*Pozn.6 - Konstrukční schéma viz. Příloha 5 (Výkres č. P5)*

*Pozn.7 - Výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden pomocí softwaru Teplo 2017 EDU viz. Příloha 3*

#### VAR. 2 - ŽB KONSTRUKCE ( $U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



#### VAR. 1 - ZDĚNÁ PŘÍČKA ( $R_w = 46 \text{ dB}$ )



#### VAR. 2 - SDK PŘÍČKA ( $R_w = 48 \text{ dB}$ )



Obr. 22 – Skladby VAR. 2 (ŽB konstrukce), VAR.1 (zděná příčka) a VAR.2 (SDK příčka)

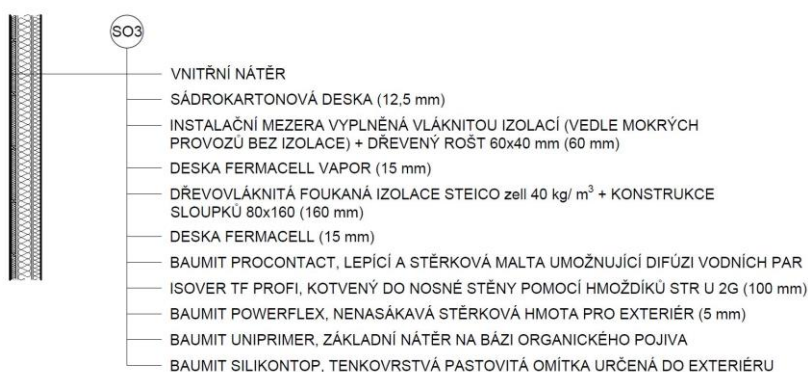
### 4.2.1.3 Konstrukční systém varianta 3 – Lehký dřevěný skelet

Svislá nosná konstrukce bude tvořena lehkým dřevěným skeletem (též známým jako two by four system). Skladba bude navržena jako difuzně uzavřená s kontaktním zateplením. Vnitřní parotěsná vrstva bude tvořena sádrovláknitou deskou Fermacell Vapor s kaširovanou parotěsnou vrstvou. Hlavní nosný systém má certifikaci od výrobce, jako požárně uzavřená plocha. Vnitřní dělicí konstrukce bude tvořena sádrokartonovou montovanou příčkou, do které budou instalovány vnitřní posuvné dveře u spíže v kuchyni a v zádveři. Konstrukce zastřešení (ať už hambálková soustava nebo vazník) bude uložena na pozednici. Objekt bude založen buď na základových pasech nebo na základové desce.

*Pozn.8 - Konstrukční schéma viz. Příloha 6 (Výkres č. P6)*

*Pozn.9 - Výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden pomocí softwaru Teplo 2017 EDU viz. Příloha 3*

#### VAR. 3 - LEHKÝ DŘEVĚNÝ SKELET ( $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



#### VAR. 2 - SDK PŘÍČKA ( $R'w = 48 \text{ dB}$ )



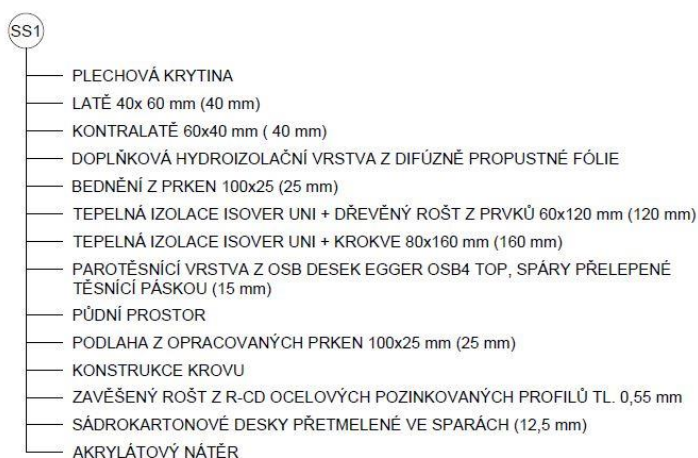
Obr.23 – Skladby VAR.3 (lehký dřevěný skelet), VAR.2 (SDK příčka)

#### 4.2.1.4 Konstrukce střechy – varianta 1 vytápěné podkroví

Tato varianta uvažuje využití půdního prostoru ke skladování věcí. Vytápěná zóna bude zahrnovat i půdní prostor. Jako konstrukce může být využita hambálková soustava. Zateplení proběhne ve střešní rovině mezi krokvemi a nad krokvemi. Krytina bude plechová uložená na latování, doplňkové hydroizolační vrstvě a bednění. Zesponu skladby bude podbití z OSB desek tvořící parotěsnou vrstvu. Podlaha půdy bude tvořena opracovanými prkny. Sklon střechy bude záviset na výšce podkrovního prostoru.

*Pozn.10 - Konstrukční schéma viz. Příloha 7 (Výkres č. P7)*

#### SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR ( $U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



*Obr. 24 – Skladba střešního pláště objektu s vytápěným půdním prostorem*

SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 35°

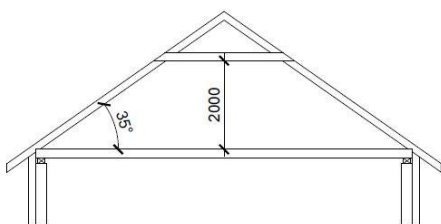


SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 40°

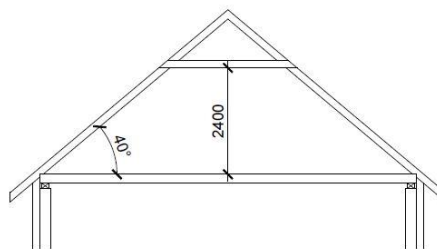
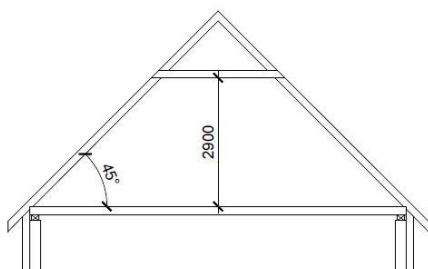


SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 45°



*Obr. 25 – Možné sklony střešní konstrukce objektu s vytápěným půdním prostorem s ohledem na podchozí výšku půdního prostoru*

#### 4.2.1.5 Konstrukce střechy – varianta 2 nevytápěné podkroví

Tato varianta neuvažuje využití půdního prostoru. Vytápěná zóna nebude zahrnovat půdní prostor. Jako konstrukce může být využita hambálková soustava nebo vazník. Krytina bude plechová uložena na latování, doplňkové hydroizolační vrstvě a bednění. Tepelně izolační vrstvu bude tvořit foukaná celulóza umístěná mezi vaznými trámy. Podbití bude tvořeno OSB deskami, které budou zároveň tvořit parotěsnou vrstvu.

*Pozn.11 - Konstrukční schéma viz. Příloha 8 (Výkres P8)*

#### SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR ( $U = 0,155 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



*Obr. 25 – Skladba střešního pláště objektu s nevytápěným půdním prostorem*

SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 20°

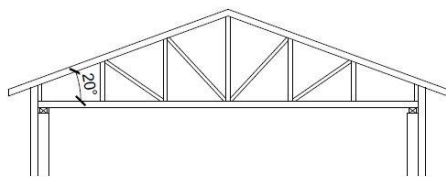


SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 30°

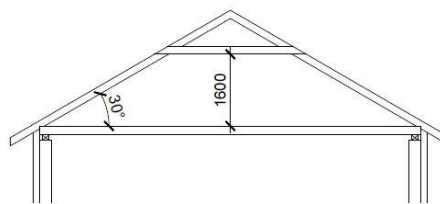
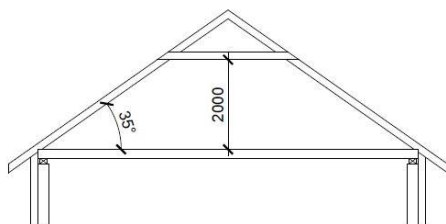


SCHÉMA KROVU SE SKLONEM 35°



*Obr. 26 – Možné sklony střešní konstrukce objektu s nevytápěným půdním prostorem*

## 4.2.2 Roční potřeba tepla

Pro porovnání jednotlivých variant bude stanovena roční potřeba tepla. Mimo námi uvažovanými skladbami obvodového pláště budeme uvažovat ještě takzvanou Referenční variantu. Ta bude mít stejnou geometrii jako původní objekt a parametry obvodových konstrukcí dle doporučených hodnot součinitele prostupu tepla. Další variantou pro porovnání bude varianta s obvodovými konstrukcemi splňujícími požadavky pro pasivní standard.

Budeme zkoumat, jak bude ovlivněna potřeba tepla, když bude použita rekuperace, dále prozkoumáme vliv použití oken s doporučenými hodnotami součinitele prostupu tepla a vliv zvýšení parapetu u oken orientovaných k jižní straně na 900 mm. Všechno bude vztaženo k objektu jak s vytápěným půdním prostorem, tak k objektu bez vytápěného půdního prostoru.

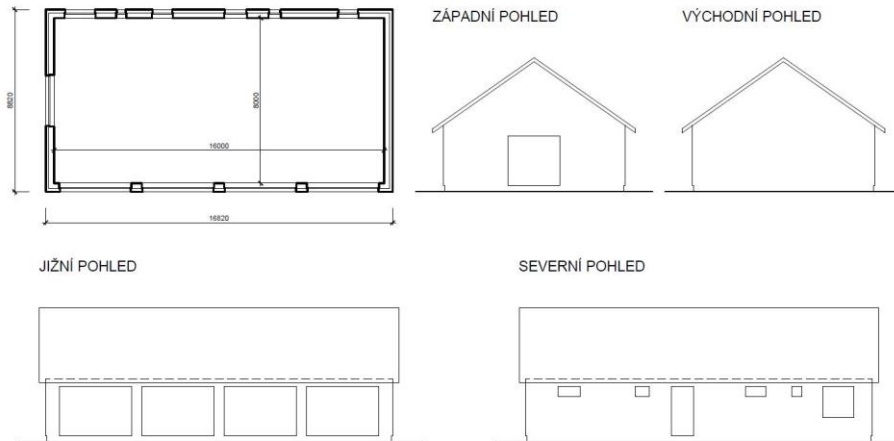
*Pozn.12 - Pro výpočet roční potřeby tepla bude použit excel, který stanovuje roční potřebu tepla dle ČSN EN ISO 13790. Výpočet probíhá v měsíčním kroku a využívá klima data pro Prahu. Objekt se do excelu zadává jako kvádr a je tudíž nutné zjednodušit jeho skutečnou geometrii. Výpočet zohledňuje solární zisky i ztrátu větráním. Autorem je Ing. Kamil Staněk, Ph.D.*

*Pozn.13 – Kompletní výstupy roční potřeby tepla pro jednotlivé varianty viz. Příloha 9*

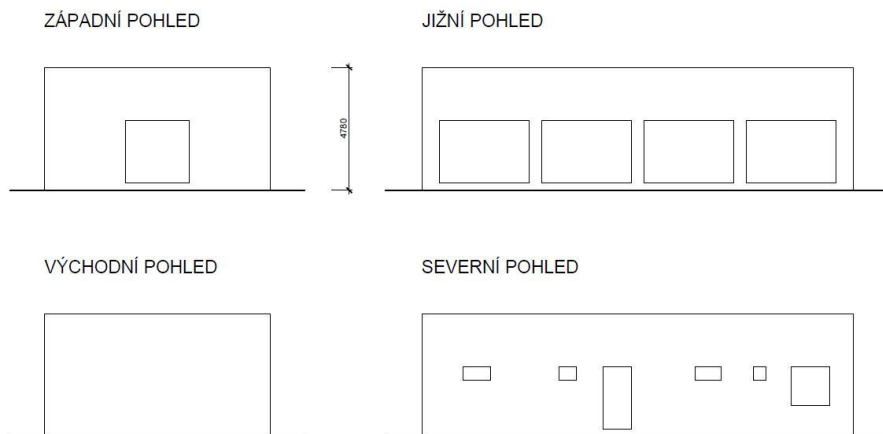
### 4.2.2.1 Referenční varianta

-Součinitele prostupu tepla:	Obvodová stěna	$U = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Střecha	$U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Okna	$U_w = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

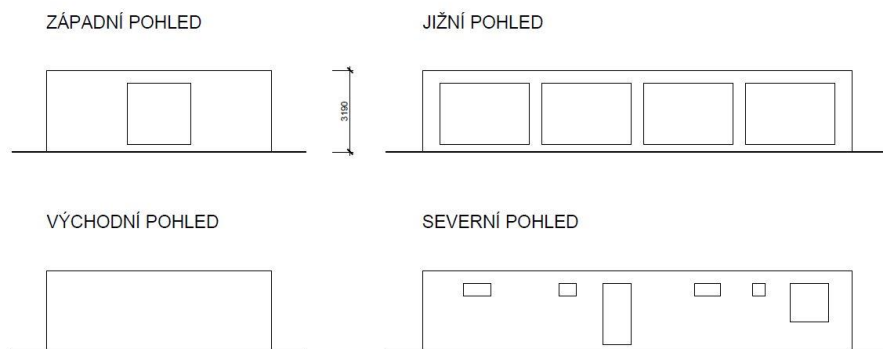
#### SKUTEČNÁ REFERENČNÍ VARIANTA



#### MODEL REFERENČNÍ VARIANTY PRO VÝPOČET - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



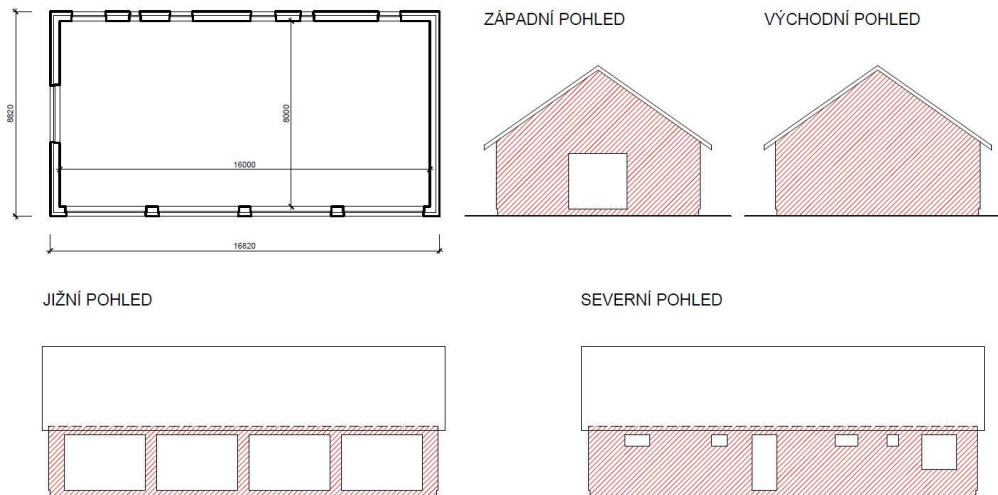
#### MODEL REFERENČNÍ VARIANTY PRO VÝPOČET - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



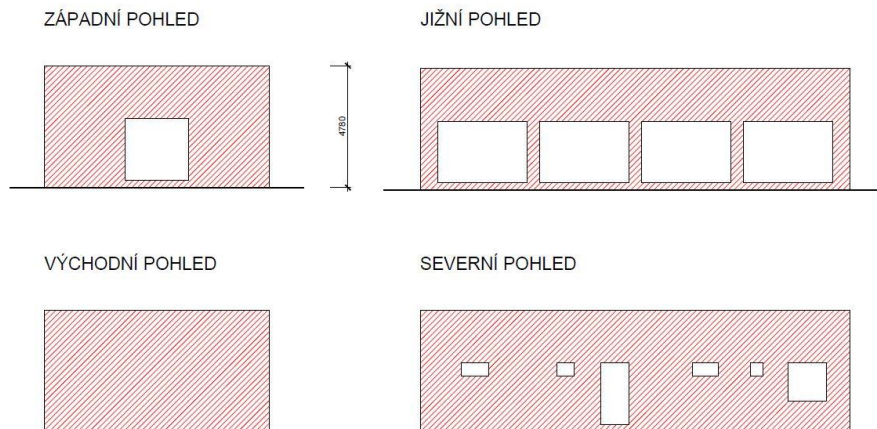
#### 4.2.2.2 Varianta se zděnou konstrukcí

-Součinitele prostupu tepla:	Obvodová stěna	$U = 0,185 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Střecha	$U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Okna	$U_w = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

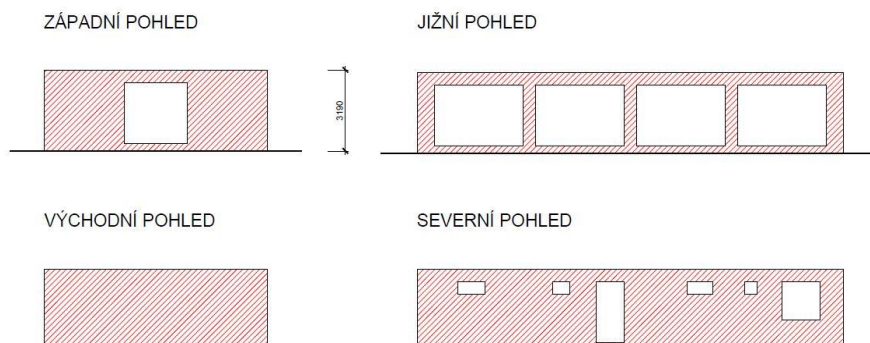
#### SKUTEČNÁ VARIANTA ZDĚNÉ KONSTRUKCE



#### MODEL VARIANTY SE ZDĚNOU KONSTRUKCÍ - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



#### MODEL VARIANTY SE ZDĚNOU KONSTRUKCÍ - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR

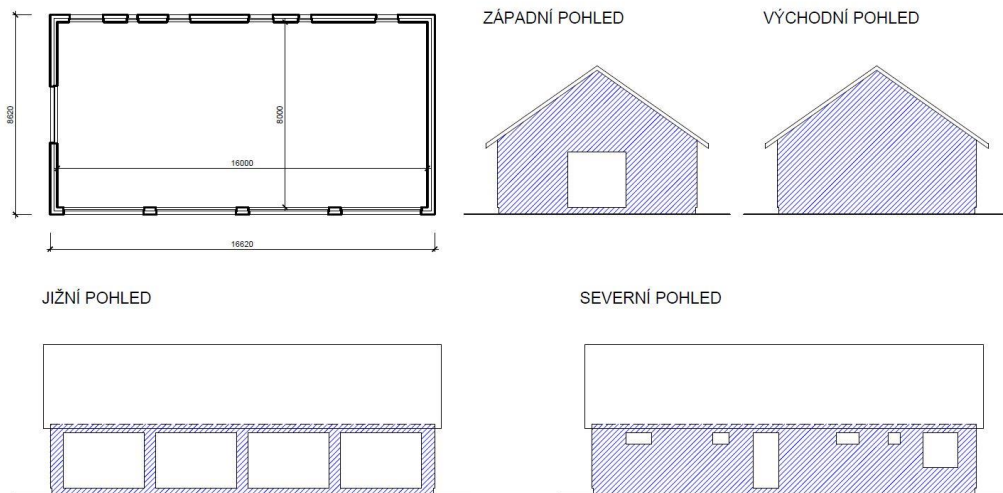




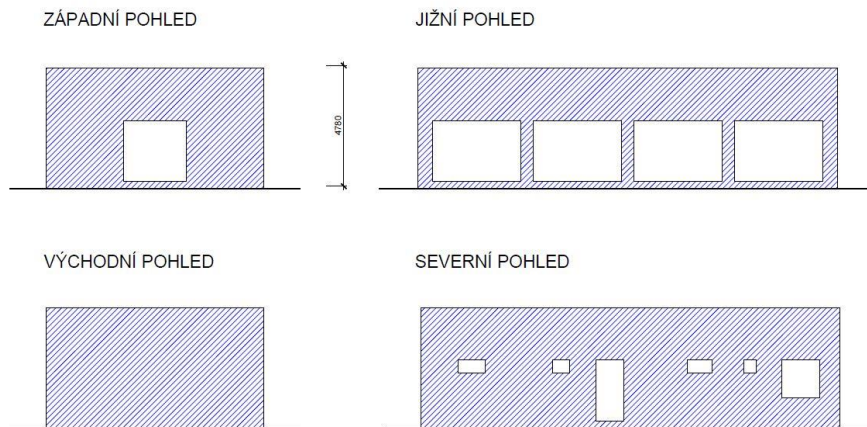
### 4.2.2.3 Varianta železobetonové konstrukce

-Součinitele prostupu tepla:	Obvodová stěna	$U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Střecha	$U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Okna	$U_w = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

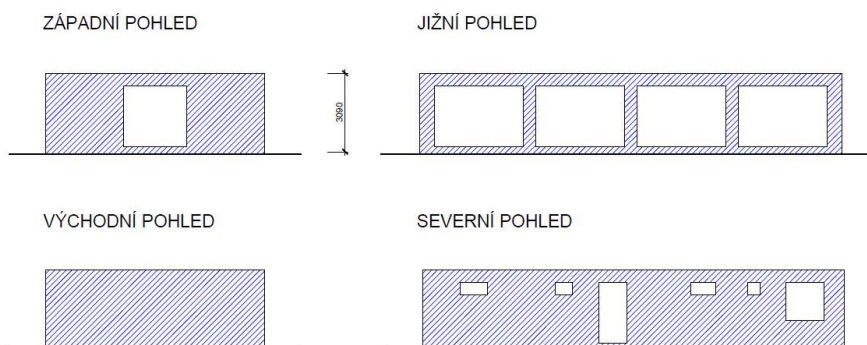
#### SKUTEČNÁ VARIANTA ŽB KONSTRUKCE



#### MODEL VARIANTY S ŽB KONSTRUKCÍ - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



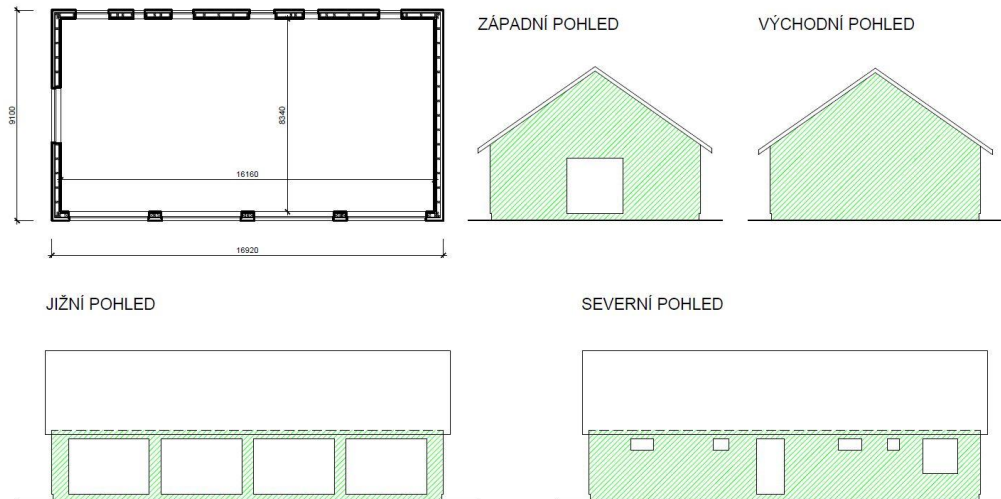
#### MODEL VARIANTY S ŽB KONSTRUKCÍ - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



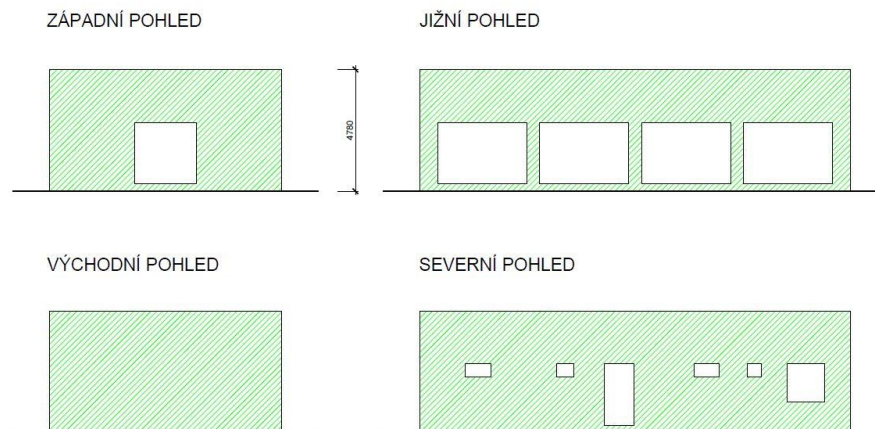
#### 4.2.2.4 Varianta s lehkým dřevěným skeletem

<u>-Součinitele prostupu tepla:</u>	Obvodová stěna	$U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Střecha	$U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Okna	$U_w = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

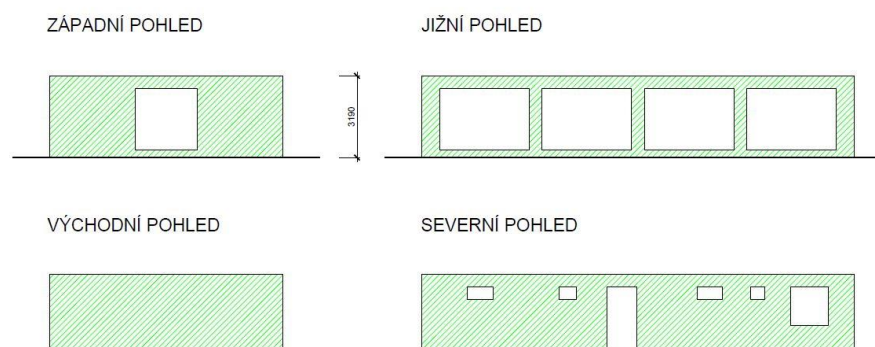
##### SKUTEČNÁ VARIANTA LEHKÉHO DŘEVĚNÉHO SKELETU



##### MODEL VARIANTY S LEHKÝM DŘEVĚNÝM PLÁŠTĚM - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



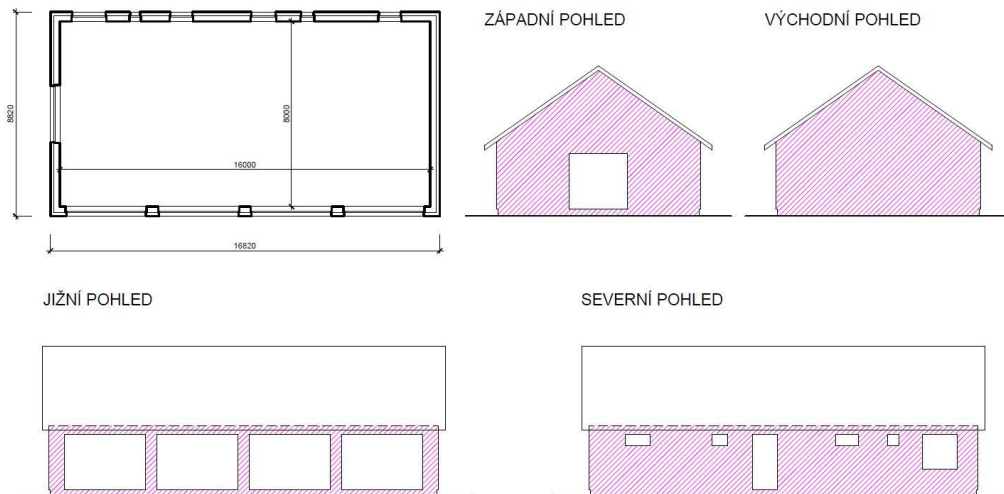
##### MODEL VARIANTY S LEHKÝM DŘEVĚNÝM PLÁŠTĚM - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



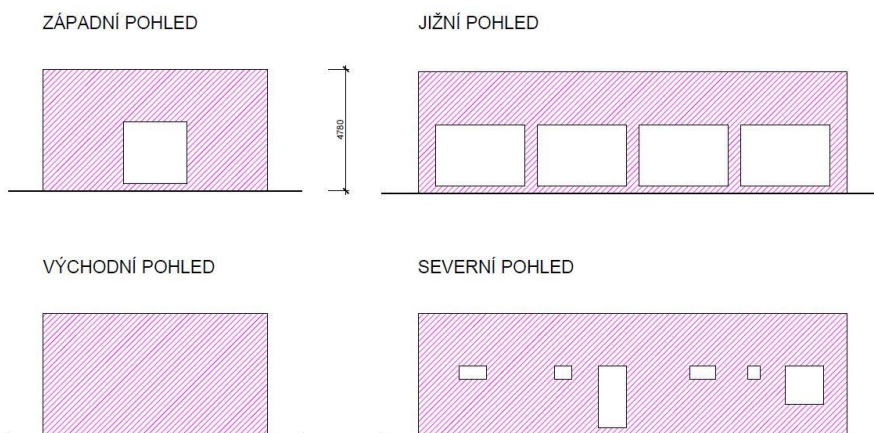
#### 4.2.2.5 Varianta s obalovými konstrukcemi v pasivním standardu

<u>-Součinitele prostupu tepla:</u>	Obvodová stěna	$U = 0,160 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Střecha	$U = 0,130 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Okna	$U_w = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$

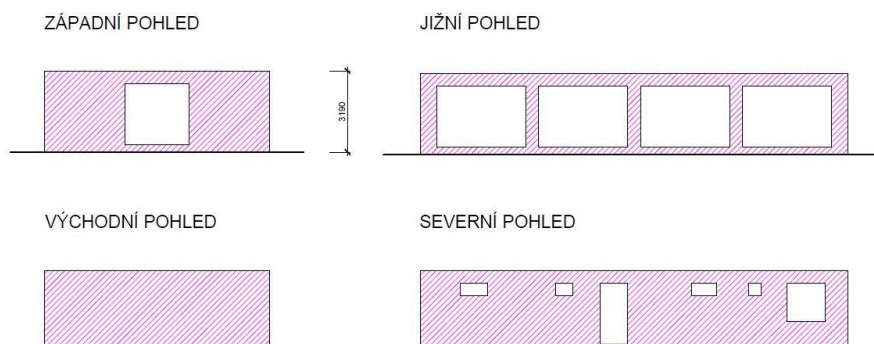
##### SKUTEČNÁ VARIANTA S PARAMETRY OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ V PASIVNÍM STANDARDU



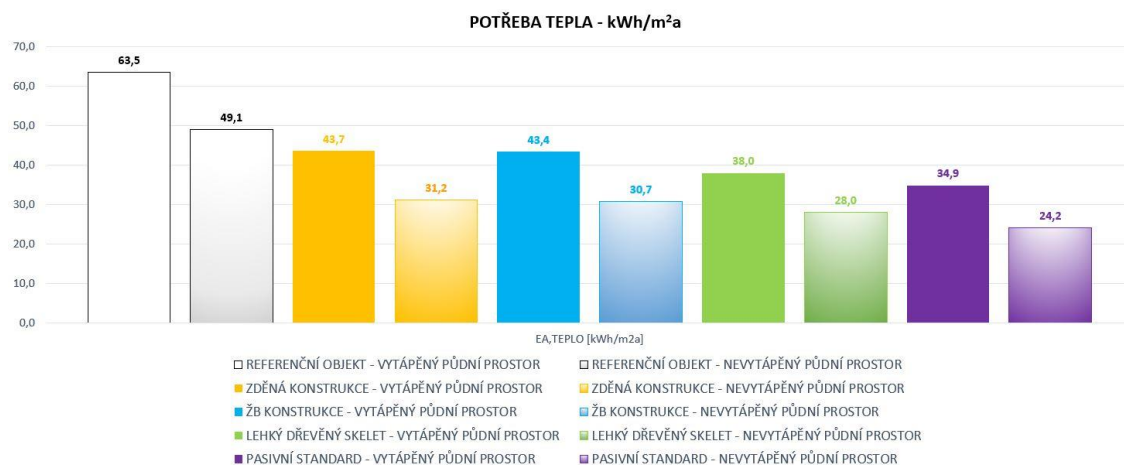
##### MODEL VARIANTY S PARAMETRY OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ V PASIVNÍM STANDARDU - VYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



##### MODEL VARIANTY S PARAMETRY OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ V PASIVNÍM STANDARDU - NEVYTÁPĚNÝ PŮDNÍ PROSTOR



#### 4.2.2.6 Výstupy a závěry

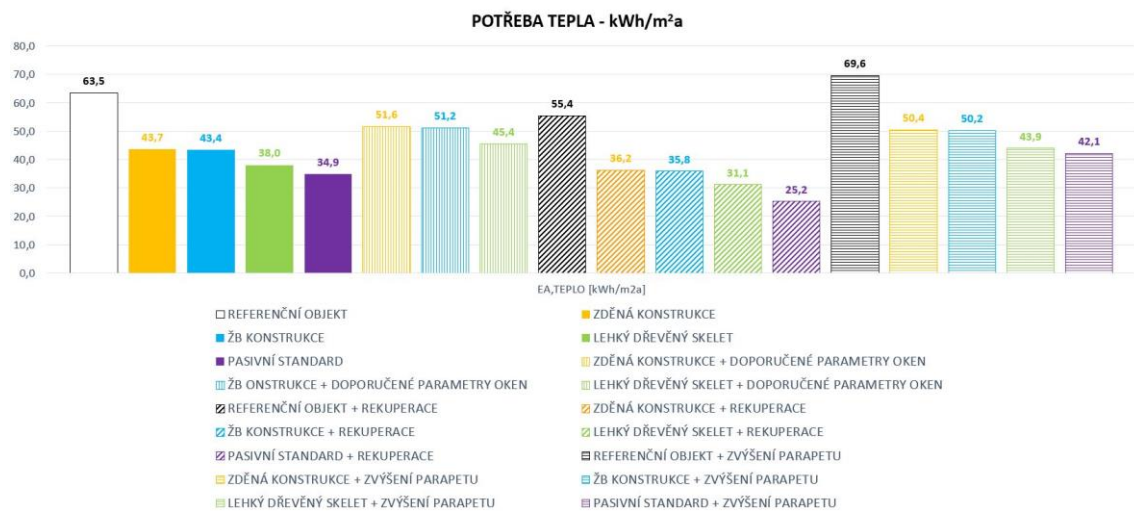


Obr. 27 – Roční potřeba tepla na vytápění (Porovnání variant s vytápěným a nevytápěným půdním prostorem)

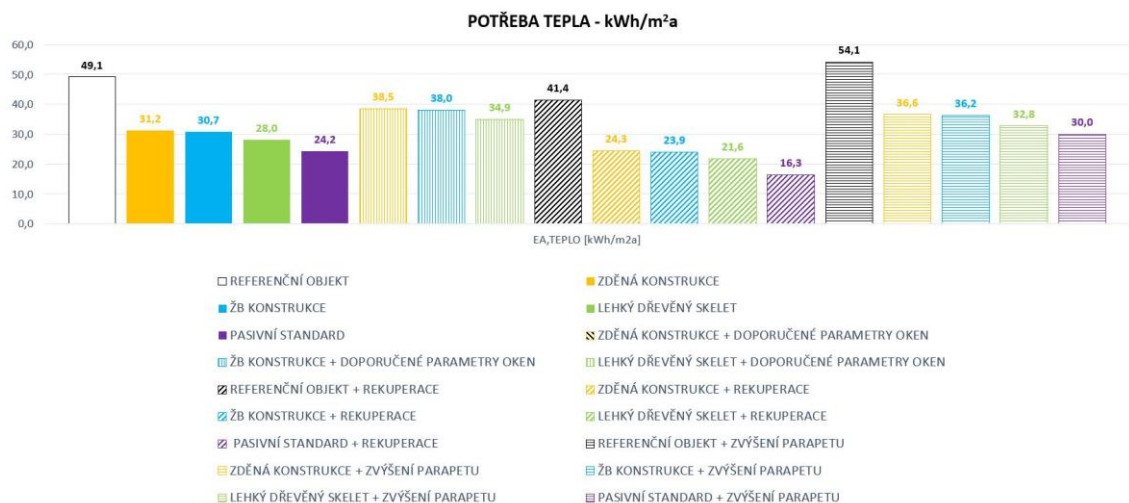
Z porovnání varianty s vytápěným půdním prostorem a varianty s nevytápěným půdním prostorem (viz. Obr.27) je patrné, že roční potřeba tepla na vytápění se liší zhruba o 10 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Pro provedení rozhodnutí, jestli je vhodnější použít v našem případě nevytápěnou půdu je nutné udělat orientační rozpočet, abychom zjistili, jestli se nám to ekonomicky vyplatí. Dále je nutné zvážit, jestli je v objektu nutné půdní prostor skutečně vytápět. Sice nám to umožní využít tento prostor pro skladování věcí, ale za cenu vyšších nákladů na vytápění. Když vezmeme v potaz, že zádveří je dostatečně velké, není úplně nezbytné vytvářet další úložné prostory a nájemníci spíše ocení menší náklady na provoz objektu. Dále vidíme, že rozdíly potřeby tepla se nám u jednotlivých variant konstrukcí liší maximálně o 5,7 kWh/m<sup>2</sup> za rok u varianty s vytápěnou půdou. Pro variantu s nevytápěnou půdou je maximální rozdíl ještě menší a to 3,2 kWh/m<sup>2</sup> za rok. Z toho můžeme usoudit, že rozhodujícím faktorem zvolení vhodné konstrukce budou náklady na její realizaci a chování objektu v letních měsících vzhledem k velkým otvorů orientovaných na jižní stranu.

Z grafu můžeme vyčíst, že použití pouze doporučených hodnot součinitele prostupu tepla nám dochází k dramatickému nárustu roční potřeby tepla na vytápění, a proto je vhodné použít lepší parametry. Na druhé straně objekt s obálkou v pasivním standardu nemá zas tak velký přínos vezmeme-li v potaz, že ekonomické náklady na tuto alternativu by upozadily její výhody zejména v našem případě, kdy se snažíme najít optimum mezi investovanými prostředky a jejich efektem.

V grafu na Obr.28 a Obr.29 je vidět, že použití oken s pouze doporučenými hodnotami ( $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) nám zvýší potřebu tepla o cca  $8 \text{ kWh/m}^2$  za rok, zatím co použitím rekuperace se nám potřeba sníží o cca  $8 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Použití rekuperace s sebou ovšem nese náklady na jeho provoz a údržbu, a především pořizovací náklady, které budou snižovat zisk ze zamýšlené investice. Přesto je vhodné budoucím uživatelům umožnit instalaci systému s nuceným větráním a rekuperací. Proto budou ve střeše provedeny prostupy, aby se při případné instalaci systému nemusel rozebírat střešní plášť. Zvýšení parapetu sice vede ke zvýšení potřeby, ale mohlo by nám pomoci s případným problémem v letních měsících. Bude nutné prozkoumat letní stabilitu kritických místností a poté provést rozhodnutí, zda je vhodné u oken orientovaných na jižní stranu tento parapet zřídit.



Obr. 28 – Roční potřeby tepla na vytápění – Varianty pro objekt s vytápěným půdním prostorem



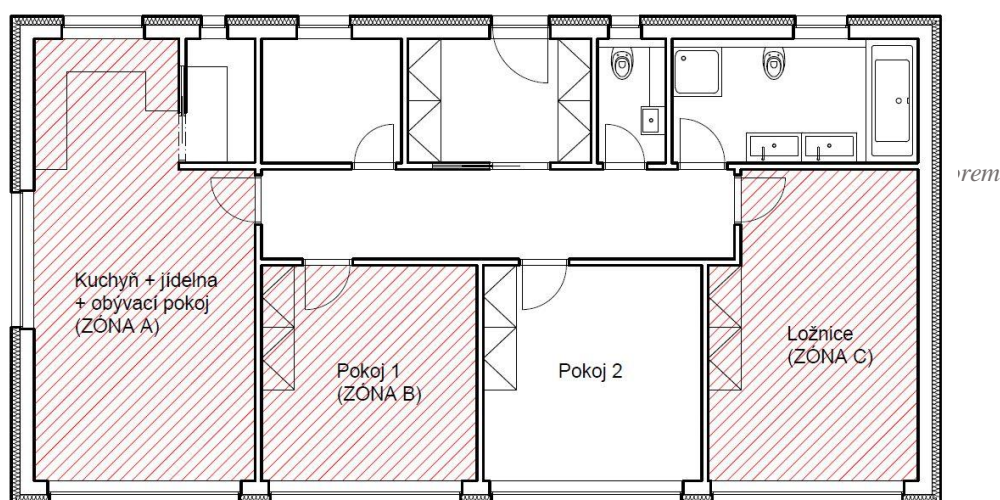
Obr. 29 – Roční potřeby tepla na vytápění – Varianty pro objekt s nevytápěným půdním prostorem

### 4.2.3 Letní stabilita

Pro výběr vhodného konstrukčně materiálového řešení je nutné brát v potaz chování objektu v letních měsících. Použití řešení levného na realizaci se může zdát prvoplánově jako nejlepší, ale možný diskomfort v létě může vyžadovat dodatečné investice do systému chlazení. Naším návrhem se budeme snažit docílit příjemného vnitřního prostředí bez nutnosti jeho použití. Předmětem zkoumání budou místnosti s orientací velkých prosklených ploch směrem na jih. Jedná se o kuchyň s jídelnou a obývacím pokojem, pokoj (v objektu jsou dva téměř identické pokoje posudek bude proveden pouze v jednom z nich) a ložnici. Posouzení provedeme pro všechny tři varianty obvodových plášťů: zděná konstrukce s kontaktním zateplením (VAR.1), železobetonovou konstrukci s kontaktním zateplením (VAR.2) a pro lehký dřevěný skelet (VAR.3). Budeme zkoumat možné zlepšení vnitřního klimatu pomocí stínění venkovními žaluziemi, nočním chlazením venkovním vzduchem, zvýšením parapetu u oken orientovaných na jižní stranu a jejich vzájemnou kombinaci.

*Pozn.14 - Pro výpočet letní tepelné stability byl použit excel 'Letní přehřívání', určený pro účely výuky. Excel počítá letní stabilitu pro pět po sobě jdoucích nejteplejších letních dní. Autory jsou: Ing. Pavel Kopecký, Ph.D., Ing. Kamil Staněk, Ph.D. a Ing. Kateřina Sojková, Ph.D.*

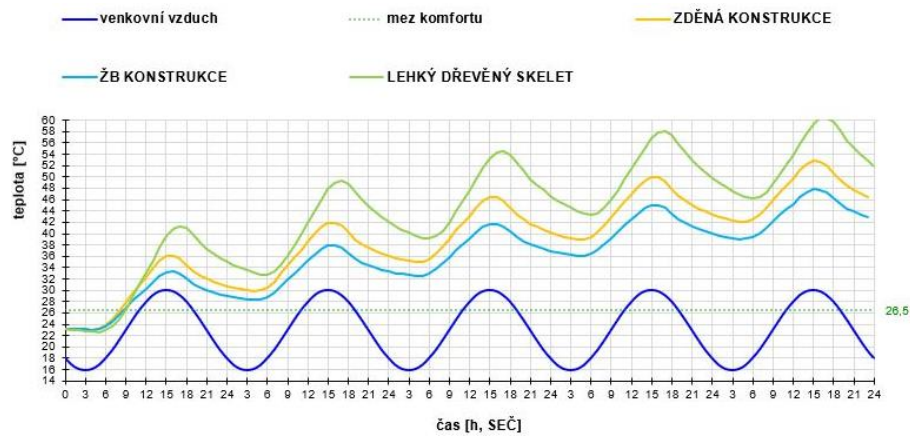
*Pozn.15 – Kompletní výstupy letní stability pro jednotlivé varianty viz. Příloha 10*



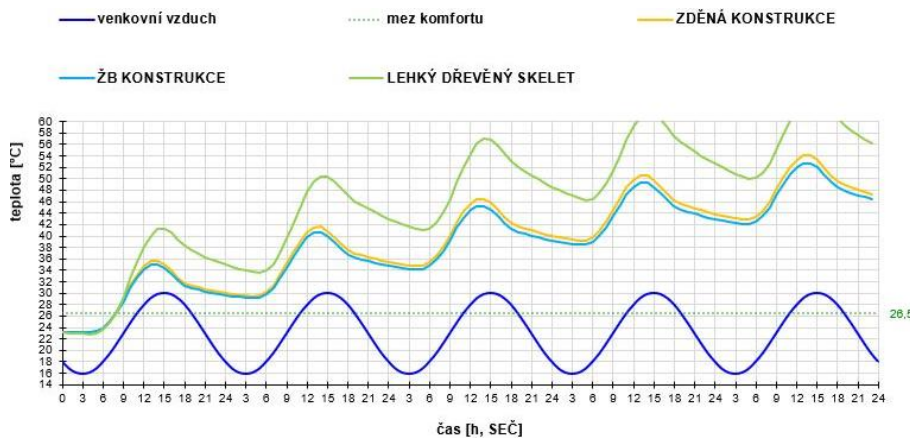
*Obr. 30 - Letní stabilita – posuzované místnosti*

### 4.2.3.1 Výstupy a závěry

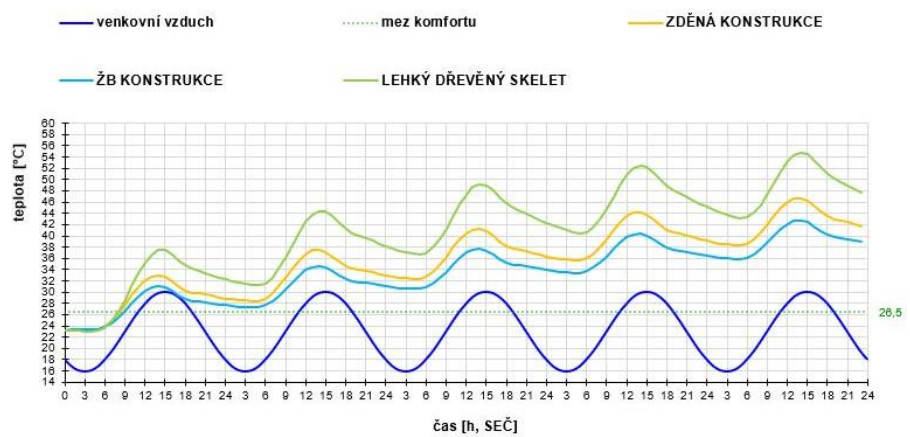
Ze základního porovnání variant můžeme vidět, že ani jedna varianta při období s vysokou teplotou není schopna poskytnout uživateli dostatečný komfort. Nejlépe vychází železobetonová varianta díky své vysoké tepelné kapacitě. Nejhůře pak lehký dřevěný skelet z opačného důvodu. Zděná konstrukce má vlastnosti blíže železobetonové konstrukci.



Obr. 31 – Letní stabilita zóna A (porovnání variant konstrukcí)



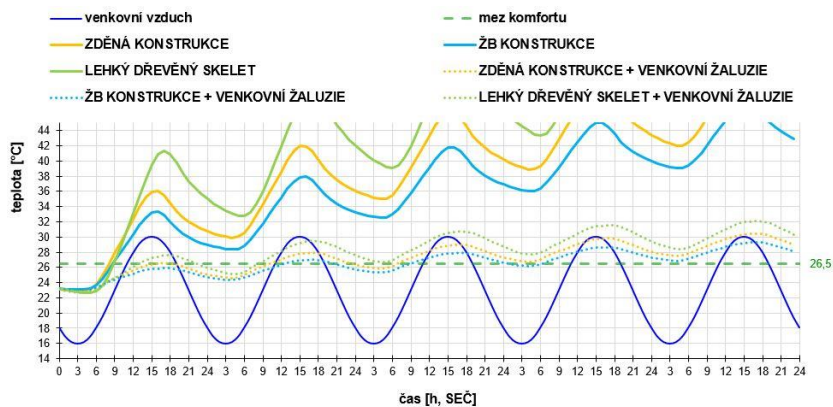
Obr. 32 – Letní stabilita zóna B (porovnání variant konstrukcí)



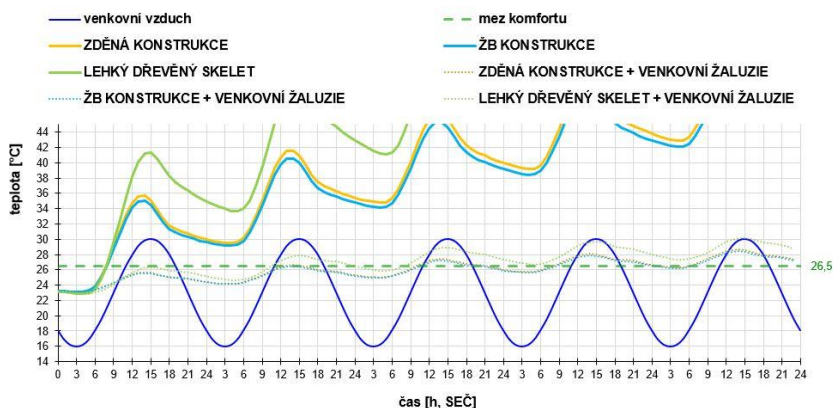
Obr. 33 – Letní stabilita zóna C (porovnání variant konstrukcí)

#### 4.2.3.2 Venkovní žaluzie

Z výstupu je patrné, že největší problém s přehříváním je v zóně A. Ani po aplikaci venkovních žaluzií jsme se dostatečně nepřiblížili komfortnímu vnitřnímu prostředí. V zónách B a C došlo k výraznému posunu, a i přes jistý diskomfort v průběhu dne se nám podařilo dostatečně snížit teplotu uvnitř objektu. Zejména zóna C pro zděnou a železobetonovou konstrukci může být považována za přijatelnou, případně může být zlepšeny dalším opatřením. Maximální operativní teplota pro posuzované období je 27,8 °C resp. 27,1 °C. U venkovních žaluzií záleží zejména na jejich vhodném použití během dne. Pro pohodlí uživatele by bylo vhodné instalovat jednak ovládání přímo v pokoji, jednak centrální ovládání v blízkosti vchodu do objektu, aby bylo používání žaluzií uživatelsky přívětivé a předešlo se situaci, kdy jejich použití bude uživatele obtěžovat.

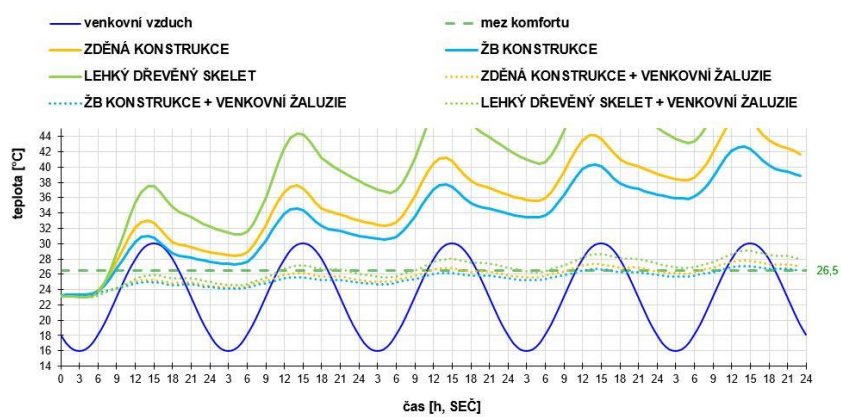


Obr. 34 – Letní stabilita zóna A – Venkovní žaluzie



Obr. 35 – Letní stabilita zóna B – Venkovní žaluzie

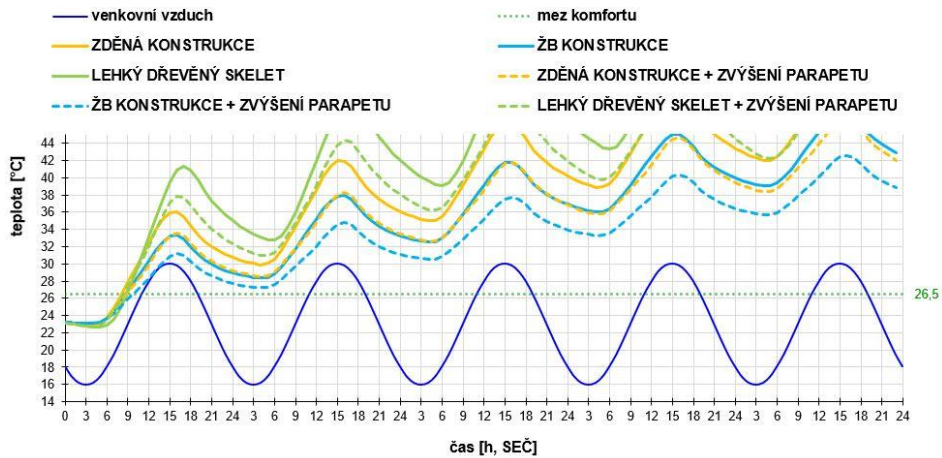




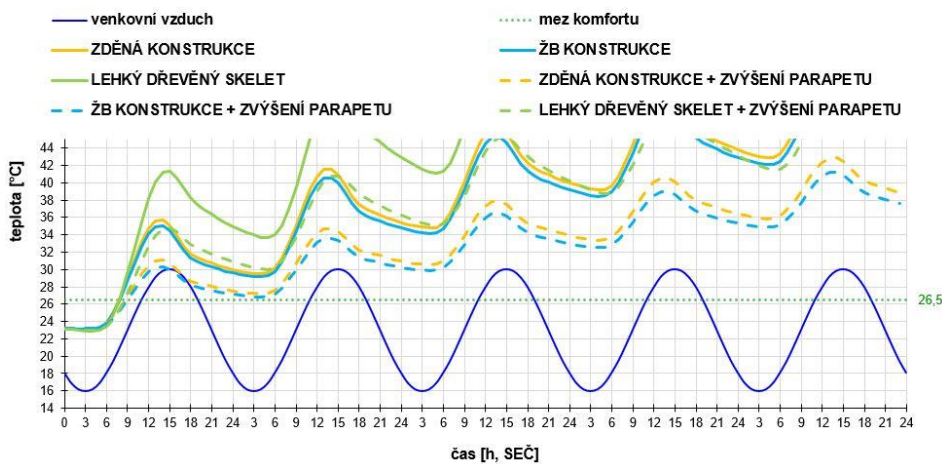
Obr. 36 – Letní stabilita zóna C – Venkovní žaluzie

### 4.2.3.3 Zvýšení parapetu

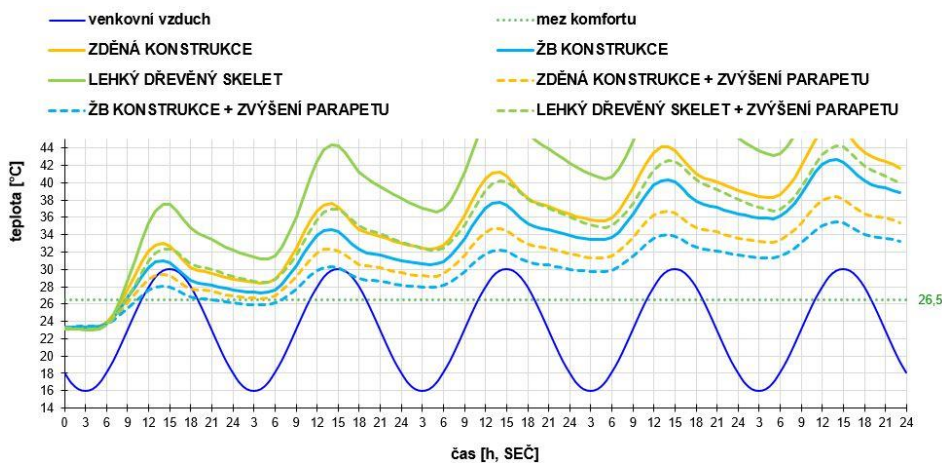
Zvýšení parapetu u oken s jižní orientací na 900 mm nám příliš nepomohlo. Došlo sice k jistému snížení vnitřní teploty, ale komfortu vnitřního prostředí jsme se příliš nepřiblížili.



Obr.37 – Letní stabilita zóna A – Zvýšení parapetu



Obr. 38 – Letní stabilita zóna B – Zvýšení parapetu



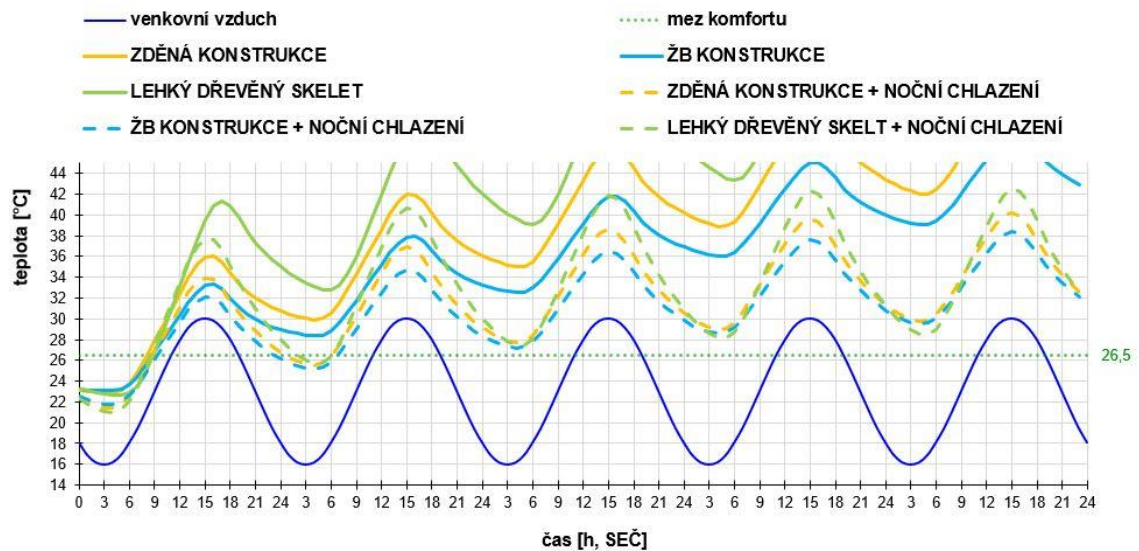
Obr. 39 – Letní stabilita zóna C – Zvýšení parapetu

#### 4.2.3.4 Noční chlazení

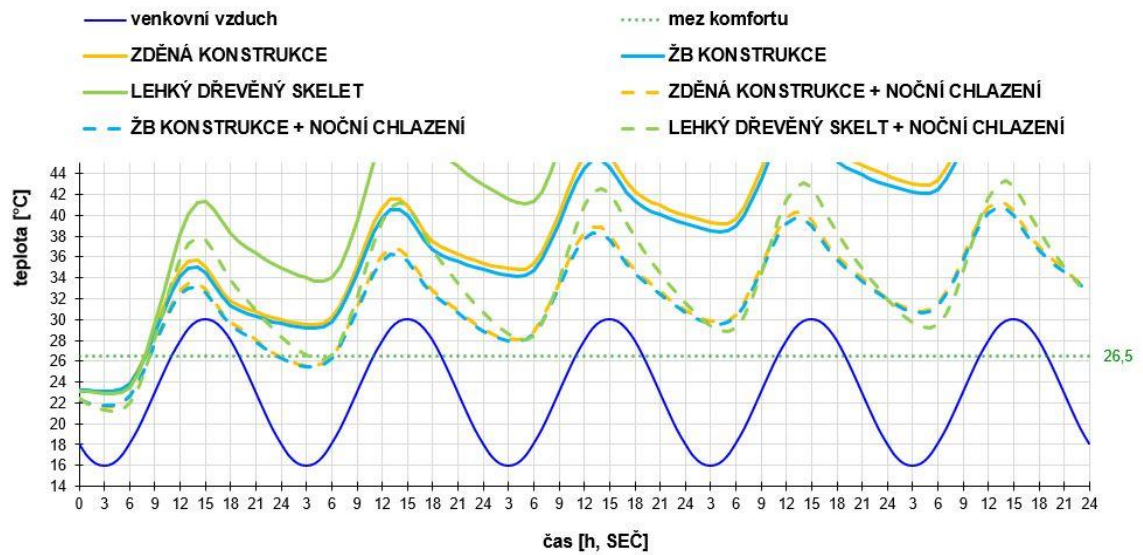
Abychom nemuseli použít některý ze systému chlazení je možné chladit objekt pomocí chladnějšího venkovního vzduchu během nočních hodin. Toto může být provedeno prostým otevřením okna bud uživatelé nebo automatickým systémem, nebo instalací ventilátoru, který bude venkovní vzduch přivádět podtlakově přes otevřené okenní otvory. Výhodou tohoto systému je větší průtok vzduchu, a tudíž větší výkon chlazení. Nevýhodou chlazení venkovním vzduchem v průběhu noci je hluk z venkovního prostředí, možný diskomfort z důvodu průvanu v místnosti a závislost výkonu chlazení na poklesu venkovní teploty v noci.

Pro snížení tepelné zátěže byla pro výpočet uvažována intenzita výměny vzduchu  $n = 4,0 \text{ h}^{-1}$  (systém s podtlakovým větráním).

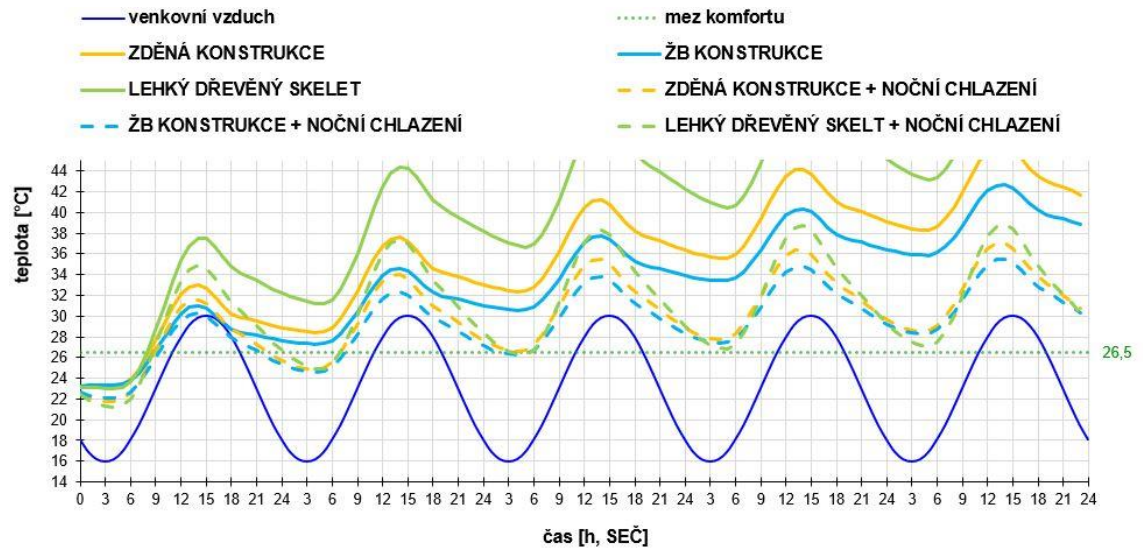
Z grafů je ovšem patrné, že větrání samo o sobě problém s přehříváním nevyřeší. Je nutné najít vhodnou kombinaci předchozích opatření.



Obr. 40 – Letní stabilita zóna A – Noční chlazení



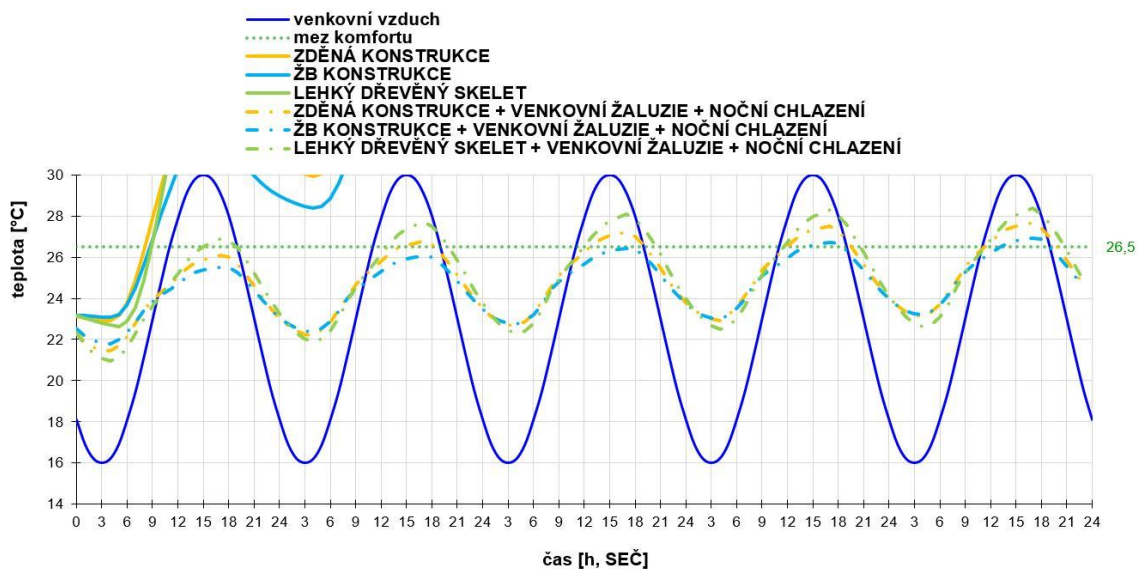
Obr. 41 – Letní stabilita zóna B – Noční chlazení



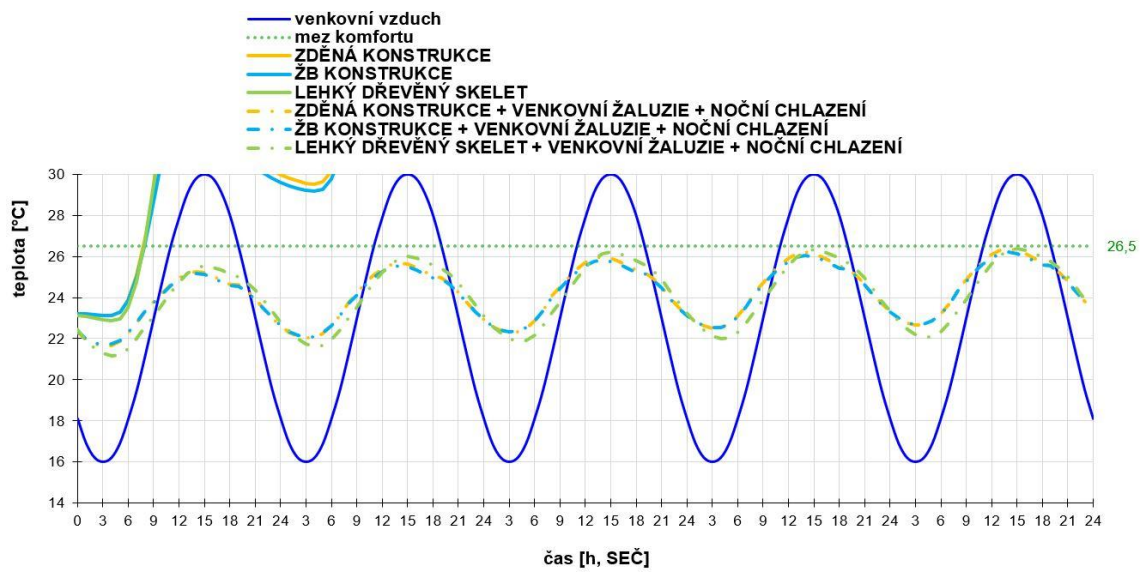
Obr. 42 – Letní stabilita zóna C – Noční chlazení

#### 4.2.3.5 Venkovní žaluzie + noční chlazení

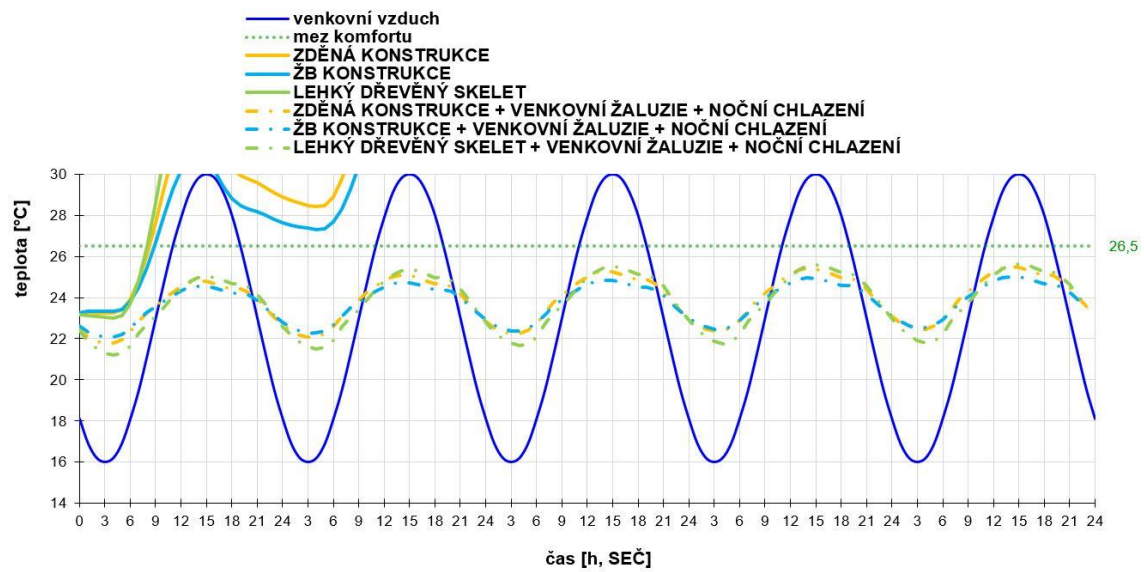
Kombinace venkovních žaluzií a nočního chlazení (pro chlazení je uvažována výměna vzduchu  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$  během dne a  $n = 4,0 \text{ h}^{-1}$  během noci). V zónách B a C došlo k dalšímu zlepšení komfortu, ovšem při potřebné instalaci nuceného větrání. V zóně A se nám podařilo snížit teplotu blízko ke komfortu. Zejména železobetonová konstrukce splňuje naše očekávání a maximální operativní teplota nepřesahuje  $26,9 \text{ °C}$ . U zděné konstrukce došlo taktéž ke snížení teploty téměř na komfortní mez, s maximální operativní teplotou  $27,7 \text{ °C}$ . Pro lehký dřevěný skelet se operativní teplota během sledovaného období vyšplhá až na  $28,4 \text{ °C}$ . Na první pohled se lehký dřevěný skelet od zděné konstrukce neliší a v pozorovaném období je rozdíl maximálních operativních teplot  $0,7 \text{ °C}$ , ale zděná konstrukce překročí mez komfortu až ve třetím dni, zatím co dřevěná konstrukce se přehřeje už během dne prvního. Musíme si uvědomit, že vlna veder, kdy jsou vysoké teploty několik dní po sobě nenastane příliš často, ale případ, kdy budou vysoké teploty v průběhu dvou tří dní budou nastávat pravidelně. Proto se zděná konstrukce jeví jako vhodnější varianta.



Obr. 42 – Letní stabilita zóna A – Venkovní žaluzie + noční chlazení



Obr. 43 – Letní stabilita zóna B – Venkovní žaluzie + noční chlazení



Obr. 44 – Letní stabilita zóna C – Venkovní žaluzie + noční chlazení

#### 4.2.3.6 Závěr

Z předchozích výpočtů vyplývá, že pro zónu B a C bude stačit použití zděné nebo železobetonové konstrukce v kombinaci s venkovními žaluziemi a přirozeným větráním a nemělo by zde docházet k diskomfortu. Při použití lehkého dřevěného skeletu by bylo nutné tyto zóny vybavit nuceným větráním.

U zóny A, která je kritická pro naše posouzení a výběr vhodné konstrukce, je nutné použít kombinaci venkovních žaluzií a nuceného větrání pro všechny konstrukční varianty. Nejhůře je na tom lehká dřevěná konstrukce, u které dochází k překročení meze komfortu již v průběhu prvního dne.

Zvýšení parapetu není vhodnou variantou, protože nám sníží tepelné zisky během topné sezóny a při použití venkovních žaluzií stejně nehraje žádnou roli.

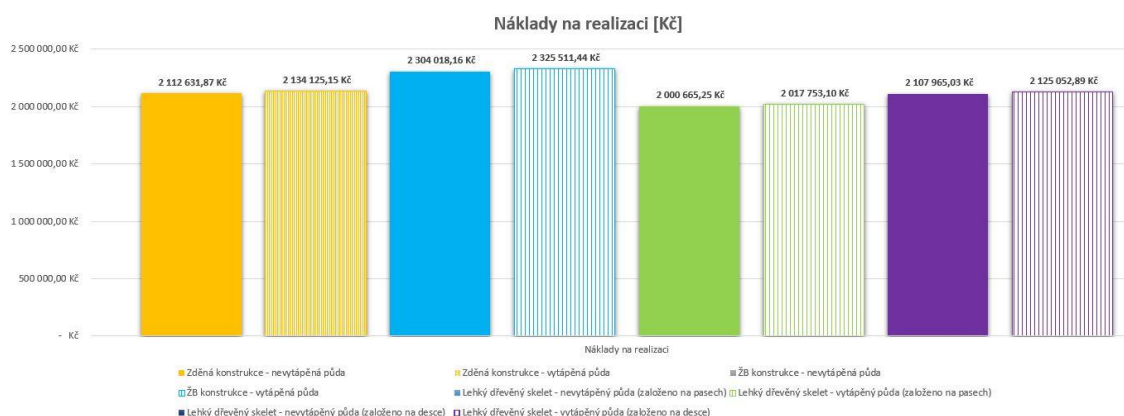
Výstupy je nutné brát s rezervou, vše bude záviset na chování uživatelů a poklesu venkovní teploty během noci. Z tohoto důvodu je nejvhodnější variantou železobetonová konstrukce se zděnými příčkami. Použití zděné konstrukce se jeví jako dobrá alternativa s mírně horšími parametry. U lehké dřevěné konstrukce se nakonec podařilo dosáhnout poměrně přijatelných výsledků. Ovšem ty předpokládají ideální chování uživatele. Při jiném, než předpokládaném chování uživatele dochází k rychlému nárůstu teploty z důvodu malé tepelné kapacity konstrukcí.

## 4.2.4 Ekonomické hledisko

Pro zvolení vhodné varianty je nezbytné vzít v potaz náklady na realizaci. Abychom zjistili, jestli se nám vyplatí zvolit objekt s vytápěnou či nevytápěnou půdou, zděnou, železobetonovou či lehkou dřevěnou konstrukcí, je nutné provést ocenění jednotlivých variant. Z tohoto důvodu byly provedeny rozpočty pro jednotlivé varianty.

*Pozn.16 - Pro stanovení rozpočtu by použit software RTS Stavitel + verze 2014 s aktualizacemi.*

*Pozn.17 - Orientační rozpočty viz. Příloha 11*



Obr. 45 – Náklady na realizaci objektu pro jednotlivé varianty

### 4.2.4.1 Závěr

Čistě z ekonomického hlediska je nejvhodnější variantou konstrukce tvořená z lehkého dřevěného skeletu založená na základových pasech s nevytápěnou půdou. Jako vůbec nejdražší vychází železobetonová konstrukce s vytápěnou půdou. Z grafů je dále patrné, že náklady na realizaci objektu s vytápěným půdním prostorem jsou o cca 20 000 Kč vyšší než v objektu s nevytápěnou půdou. Při založení dřevostavby na základovou desku je cena realizace srovnatelná se zděnou variantou.

Z porovnání nákladů na realizaci jednotlivých variant můžeme říct, že vhodné k realizaci se jeví objekt s konstrukcí z lehkého dřevěného skeletu nebo případně zděná konstrukce. Železobetonová konstrukce není pro náš objekt příliš vhodná, protože cena je výrazně vyšší než u předchozích dvou variant.



## 4.3 Systémy TZB

### 4.3.1 Systémy TZB – vytápění a příprava TV

#### 4.3.1.1 Energonositel

Jako palivo může být využit zemní plyn, který je do obce dodáván a již existuje stávající infrastruktura. Pouze by bylo nutné zbudovat přípojku plynu do objektu. Dále může být využita energie prostředí jako například solární energie, geotermální energie nebo energie prostředí ze vzduchu. Energonositelem může být i elektřina ze sítě. Tato varianta může být žádoucí při malé spotřebě energie, protože s sebou nenesé žádné další náklady na realizaci, protože přípojka elektřiny bude stejně zbudována.

#### 4.3.1.2 Zdroj tepla

Zdroj tepla bude závislý na použitém energonositeli. Pro plyn můžeme použít kondenzační plynový kotel, který by mohl sloužit jak pro vytápění, tak pro přípravu teplé vody. Solární energii můžeme zužít pomocí solárních kolektorů, které nám budou ohřívat vodu na vytápění, s případným elektrickým dohřevem. Tato varianta je vhodná v kombinaci s nízkoteplotním systémem vytápění jako je například podlahové vytápění. To samé platí do jisté míry pro geotermální energii a energii prostředí ze vzduchu. Zde je možné použít tepelné čerpadlo. Dále můžeme využít elektrickou energii a vodu ohřívat v elektrokotli.

#### 4.3.1.3 Přenos tepla

Pro objekt rodinného domu je nejvhodnější systém s teplovodní otopnou soustavou. V úvahu by teoreticky přicházel i systém s vytápěním vzduchem, pokud by v objektu byla instalována vzduchotechnika.

#### 4.3.1.4 Spotřebiče tepla

Můžeme použít teplovodní otopnou soustavu s otopnými tělesy (radiátory) nebo s podlahovým vytápěním. Podlahové vytápění je vhodné zejména do obytných místností.

## 4.3.2 Systémy TZB – větrání

### 4.3.2.1 Přirozené větrání

Jedná se o nejjednodušší systém větrání s nejmenšími investičními náklady. Objekt můžeme provětrávat buď prostým otevřením okna uživatelem nebo kombinací obsluhy okna uživatelem a automatickým systémem, který bude okna sám otvírat na základě množství CO<sub>2</sub>.

### 4.3.2.2 Nucené podtlakové větrání

Do objektu je možné instalovat i systém s nuceným podtlakovým větráním, kdy by v okenních otvorech byla aplikována štěrbinová nasávací mřížka pro nasávání vzduchu z vnějšího prostředí a v stropu jednotlivých pokojů by byl odtažen. Odpadní vzduch by byl odváděn nad střechu.

### 4.3.2.3 Nucené rovnotlaké větrání

Objekt by mohl být opatřen vzduchotechnickou jednotkou se zpětným získáváním tepla a přívody čerstvého a odvody odpadního vzduchu v každé místnosti.

### 4.3.2.4 Digestoř

V kuchyni nad sporákem bude instalována digestoř s odtahem nad střechu objektu.

## 4.3.3 Systémy TZB – chlazení

### 4.3.3.1 Noční větrání

Jak jsme již uváděli ve výpočtu letní stability, objekt je možné chladit pomocí venkovního vzduchu o nižší teplotě. Tento systém je vhodný zejména pro objekty s konstrukcemi se schopností akumulace tepla (chlada). V našem případě se jedná o zděnou a železobetonovou konstrukci. Noční větrání je možné zajistit pouhým otevřením okna či podtlakovým větráním, kde je možná regulace průtoku vzduchu. Nevýhodou je hluk z okolí a možný diskomfort způsobený průvanem.

### 4.3.3.2 Chlazení vzduchem

Pokud máme v objektu instalovanou vzduchotechnickou jednotku, je možné ji využít i pro chlazení objektu.

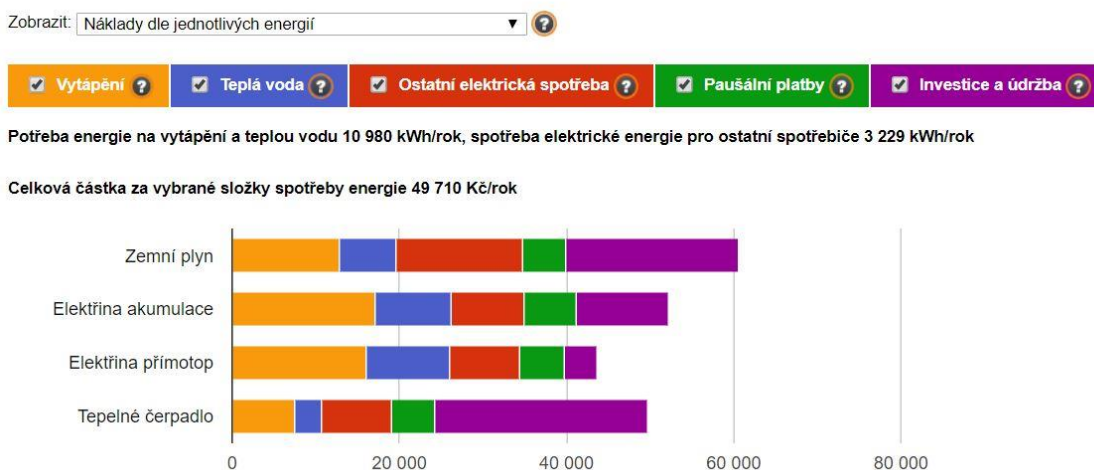
## 4.3.4 Výběr vhodného systému

### 4.3.4.1 Vytápění a příprava TV

Byla stanovena ztráta objektu 4,9 kW (viz Příloha 12), kterou je potřeba pokrýt použitím například kondenzačního kotle o výkonu minimálně 5 kW. Abychom mohli rozhodnout, který zdroj tepla je pro náš případ vhodný je potřeba analyzovat náklady na provoz a investici.

*Pozn.18–K tomuto účelu byl použit online výpočetní software 'Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii'. [https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info]*

#### GRAF ROČNÍCH NÁKLADŮ NA ENERGIE V DOMĚ



Obr. 46 – Ročních nákladů na energie v domě [https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info]

Z grafu jasně vyplývá, že nejvýhodnější variantou pro náš objekt je použití buď tepelného čerpadla nebo elektrického přímotopu. U tepelného čerpadla je nevýhoda vysoká vstupní investice a možné problémy s hlukem. U elektrického přímotopu zase nemožnost změnit zdroj tepla v průběhu užívání objektu. Protože plyn má příliš velké náklady na investici a elektrická přípojka se bude tak jako tak budovat, zvolíme vytápění a přípravu TV elektrokotlem. Otopná soustava bude teplovodní s podlahovým vytápěním a žebříkovým radiátorem v koupelně. Teplovodní otopná soustava s podlahovým vytápěním nám dovolí v průběhu užívání stavby vyměnit zdroj tepla, případně ho vhodně doplnit např solárním systémem.

#### **4.3.4.2 Větrání**

V objektu se bude větrat přirozeně. Okna budou ovládána elektrickým systémem s možností přepnutí na manuální užívání. V mokřých provozech se systém bude řídit množstvím vlhkosti, v obytných místnostech pak množstvím CO<sub>2</sub>. Ve střešní rovině budou provedeny prostupy pro případnou dodatečnou instalaci vzduchotechniky.

#### **4.3.4.3 Chlazení**

Objekt bude chlazený v nočních hodinách pomocí venkovního chladnějšího vzduchu. K tomuto účelu bude použit systém přirozeného větrání s automatickým otvíráním oken s možností přepnutí na manuální ovládání. Pro větší účinnost systému je možné dodatečná instalace systému pro podtlakové větrání, kterým je možné zvýšit objem přiváděného vzduchu.

## 4.4 Závěr

Na základě provedených analýz jsme dospěli k názoru, že nejvhodnější bude zvolit variantu zděné konstrukce založené na základových pasech s hambálkovým krovem, nevytápěnou půdou a venkovními žaluziemi. Nejedná se sice o variantu nejlevnější (nejlevnější je varianta lehkého dřevěného skeletu založeného na základových pasech), ale z dlouhodobého hlediska nejvhodnější. Zděná konstrukce má oproti lehké dřevěné větší akumulární schopnost a v objektu bude příjemnější prostředí v průběhu léta. Difuzně uzavřená dřevěná konstrukce je náchylná na degradaci, zejména pokud došlo ke špatnému provedení nebo porušení parotěsné vrstvy. V potaz je nutné brát i množství pracovníků seznámených s danou technologií. Zatímco zděné konstrukce jsou běžnou záležitostí a umí je každá stavební firma, dřevostavby u nás příliš rozšířené nejsou. To ještě zvyšuje riziko, že stavba bude neodborně realizována. To by znamenalo nutnost oprav objektu v průběhu užívání a možnou ztrátu zisku. Železobetonová konstrukce má spousty výhod včetně výborných vlastností v letních měsících, ale přílišné náklady na realizaci ji dělají nevhodnou pro náš případ.

## 5 Seznam zkratek a symbolů

PÚ = požární úsek

SPB = stupeň požární bezpečnosti

PO = požární odolnost

POP = požárně otevřená plocha

PUP = požárně uzavřená plocha

PNP = požárně nebezpečný prostor

PHP = požární hasící přístroj

TV = teplá vody

TZB = technické zařízení budov

## 6 Seznam použité literatury

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [2] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- [3] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov
- [4] ČSN 73 0532 Akustika – ochrana proti hluku
- [5] ČSN 73 3610 Klempířské práce stavební
- [6] ČSN 73 0600 Ochrana staveb proti vodě
- [7] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- [8] Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů.
- [9] Vyhláška č. 503/2006 Sb. o podrobnější úpravě územního rozhodování, územního opatření a stavebního řádu, ve znění vyhlášky č.63/2013 Sb.
- [10] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění vyhlášky č. 20/2013 Sb.
- [11] Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.
- [12] POKORNÝ, Marek. *Požární bezpečnost staveb – Sylabus pro praktickou výuku*. Praha: ČVUT v Praze, 2014. 124 s. ISBN 978-80-01-05456-7.
- [13] ZOUFAL, Roman a kolektiv. *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů*. Praha: PAVUS a.s., 2009. 128 s. ISBN 978-80-904481-0-0.
- [14] Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.
- [15] Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)
- [16] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (2009), změna Z1 (2013)
- [17] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení (2009), změna Z1 (2012), změna Z2 (2013), změna Z3 (2013)
- [18] ČSN 73 0818 Požární bezpečnost staveb – Obsazení objektu osobami (1997), změna Z1 (2002)
- [19] ČSN 73 0821 ed. 2 Požární bezpečnost staveb – Požární odolnost stavebních konstrukcí (2007/05)

- [20] ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb – Budovy pro bydlení a ubytování (2010), změna Z1 (2013)
- [21] ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)
- [22] ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou (2003)
- [23] Technické listy výrobců