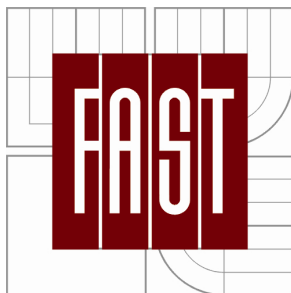




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

ANALÝZA CENY STAVEBNÍHO OBJEKTU PŘI
KONSTRUKČNĚ MATERIÁLOVÝCH ZMĚNÁCH
PRICE ANALYSIS OF BUILDING WITH CHANGES OF CONSTRUCTION MATERIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

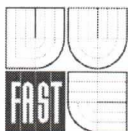
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR POSPÍŠIL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR AIGEL, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607R038 Management stavebnictví
Pracoviště Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Petr Pospíšil

Název Analýza ceny stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách

Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Aigel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

.....
doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Tichá, Marková, Puchýř: Ceny ve stavebnictví I, URS sro Brno, 1999
2. Tichá, Marková, Vystavil: Ceny ve stavebnictví II-vzorový rozpočet, URS sro Brno, 2000
3. Tichá A., Marková L., Puchýř B., Bočková K.: Costing and pricing in civil engineering, VUT FAST, CERM, s.r.o, 2002
4. Smola, J.: Stavba rodinného domu krok za krokem, GRADA PUBLISHING a.s., 2007

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem práce je analyzovat cenu stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách

1. Ceny a rozpočty
2. Stavební rozpočet
3. Možnosti konstrukčně materiálových změn
4. Analýza ceny stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách

Požadovaným výstupem je provedená analýza ceny stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Petr Aigel, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Anotace

V této práci se zabývám analýzou ceny stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách. Byly zvoleny čtyři varianty stavebních systémů od čtyř různých dodavatelů. Podmínkou bylo, aby všechny systémy měly stejný součinitel prostupu tepla $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Mezi tyto stavební systémy, které jsem vybral, patří Heluz, Velox, Porotherm a Ytong. Pro stavební systém Heluz bylo zvoleno zdivo Heluz Family broušené tl. 500 [mm]. Tento systém je bez kontaktního zateplení. U systému Porotherm byla zvolena keramická tvárnice Porotherm 30 tl. 300 [mm], aby systém splnil požadavek na součinitel prostupu tepla, bylo navrženo kontaktní zateplení o tl. 220 [mm]. Jako třetí stavební systém byl vybrán systém ztraceného bednění Velox a jejich produkt VELOX WS EPS PLUS tl. 420 [mm]. Tento systém splňuje požadavky na součinitel prostupu tepla. Jako poslední varianta byly vybrány přesné tvárnice Ytong tl. 300 [mm]. Na tyto tvárnice bylo potřeba stejně jako u varianty Porotherm navrhnout kontaktní zateplení pro splnění podmínky na součinitel prostupu tepla.

Pro jednotlivé varianty byla vytvořena projektová dokumentace, která sloužila jako podklad pro sestavení položkových rozpočtů jednotlivých variant stavebních systémů. Položkový rozpočet byl vytvořen pomocí programu KROS PLUS. Výsledné celkové ceny rozpočtů a proměnné oddíly jednotlivých variant jsou navzájem porovnány, a přehledně zobrazeny v grafech. Mezi proměnné oddíly v této práci patří: zemní práce; zakládání; svislé a kompletní konstrukce; vodorovné konstrukce; úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní; izolace tepelné. Dále bylo provedeno porovnání nákupních cen jednotlivých materiálů z ceníku výrobců s nákupními cenami z programu KROS PLUS.

Klíčová slova

Stavební systém, vnější nosné zdivo, Heluz, Porotherm, Velox, Ytong, součinitel prostupu tepla, kontaktní zateplení, položkový rozpočet stavebního objektu, KROS PLUS.

Annotation

The following bachelor thesis concentrates on the analysis of construction expenditures during the process of introducing material and construction changes. We have selected four variants of the given construction systems supplied by four different providers. This has been conducted under the following condition: all the four variants have a common heat transfer coefficient. $U = 0,14$ [W/m²K]. Among the selected systems we have included Heluz, Velox, Porotherm and Ytong. Under Heluz system we have chosen Heluz Family, ground surface, thickness 500 mm. This system does not involve contact insulation. As for Porotherm, we have decided for ceramic breeze blocks Porotherm 30, thickness 300 mm, to follow the obligatory common heat transfer coefficient, therefore we have also suggested contact insulation as of 220 mm. The third system, Velox permanent boarding, VELOX WS EPS PLUS thickness 420 [mm]. This system fully complies with the heat transfer coefficient requirements. Finally, we have used Ytong breeze blocks 300 mm in thickness. For this solution there also arose a need to design the contact insulation to follow the heat transfer coefficient requirements.

For each project variant we have designed project documentation as a basis for further budget item calculations pertinent to each single project variant. The item budget calculation was made using KROS PLUS programme. The overall budget prices and variables in each project variant have been compared with each other, the data processed into several graphs accordingly. Among the variables we have included ground works, founding, vertical and complete constructions, horizontal constructions, surface finishing works, flooring and filling works, thermal insulations. Furthermore, purchasing prices for each individual type of material, based on provider price list, have been compared with prices as given by KROS PLUS programme.

Keywords

Construction systems, outer masonry, Heluz, Porotherm, Velox, Ytong, heat transfer coefficient, contact insulation, construction item budget calculation, KROS PLUS

Bibliografická citace VSKP

POSPÍŠIL, Petr. *Analýza ceny stavebního objektu při konstrukčně materiálových změnách*. Brno, 2014. 54 s., 92 s.příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Petr Aigel, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Petru Aigelovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1. Cíl práce.....	10
1.1. Všeobecné pojetí pojmu rozpočet.....	11
1.2. Všeobecné pojetí pojmu kalkulace.....	11
2. Rozpočty používané ve stavebnictví.....	13
2.1. Charakteristika stavebního rozpočtu.....	13
2.2. Skladba stavebního rozpočtu [4].....	14
2.3. Výkaz výměr.....	15
3. Tepelná technika.....	15
3.1. Energeticky úsporný dům.....	15
3.2. Charakteristika pasivního domu [5].....	16
3.3. Součinitel prostupu tepla [6].....	17
3.4. Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce [6].....	17
3.5. Průměrný součinitel prostupu tepla [6].....	20
4. Výběr stavebních materiálů.....	22
4.1. Stavební systém HELUZ.....	23
4.2. Stavební systém POROTHERM.....	24
4.3. Systém ztraceného bednění VELOX.....	25
4.4. Stavební systém YTONG.....	27
5. Předběžné porovnání cen vybraných materiálů.....	28
6. Vytvoření projektové dokumentace.....	30
7. Sestavení rozpočtů pro jednotlivé stavební systémy.....	33
7.1. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému POROTHERM.....	34
7.2. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému VELOX.....	36
7.3. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému HELUZ.....	39
7.4. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému YTONG.....	41
8. Analýza ceny stavebního objektu.....	43
8.1. Zemní práce.....	43
8.2. Základové konstrukce.....	44
8.3. Svislé a kompletní konstrukce.....	45
8.4. Vodorovné konstrukce a izolace tepelné.....	46
8.5. Kontaktní zateplení.....	46
9. Celková cena stavebních objektů a vzájemné porovnání.....	49
10. Závěr.....	51

11.	Seznam použitých zdrojů	53
12.	Seznam použitých zkratk a symbolů	54
13.	Seznam příloh.....	54
14.	Přílohy	54

Úvod

Když bychom se podívali na produkty, které firmy nabízí v současné době na stavebním trhu, byli bychom zahlceni obrovským množstvím informací. S tím jak roste počet firem a tím vzájemná konkurence, tak roste i zdokonalování již zaběhlých systémů a vývoj nových technologií. V posledních letech s příchodem energetických štítků a průkazů o energetické náročnosti budovy se veřejnost začala o nízkoenergetické stavby zajímat v čím dál větším měřítku. Velkou roli hraje také neustálé zdražování cen energií. Proto se začaly v obrovském množství zateplovat a vyměňovat okna na rodinných i bytových domech. Když se ale běžného člověka zeptáme, co by si představil pod pojmem pasivní dům, vybavil by si v první řadě dřevostavbu. Po následném prozkoumání trhu by zjistil, že technologie se posunuly a výrobci zděných i montovaných systémů vyvíjí produkty, kterými by se přiblížili, nebo byly srovnatelné s vlastnostmi dřevěného pasivního domu. Důležitým měřítkem pro srovnávání je cena materiálů, složitost konstrukce a i následná míra pracnosti výstavby daných stavebních systémů. Když bychom to shrnuli, požadavky investora jsou bydlet levně, rychle a co nejúsporněji.

Postupně jsou představeny všeobecné charakteristiky rozpočtování, kalkulací a druhů stavebních rozpočtů. Důležitými prvky jsou také charakteristiky nízkoenergetických a pasivních domů a vysvětlení pojmu součinitel prostupu tepla. Dále jsou uvedeny jednotlivé **stavební systémy čtyř výrobců** a výběr použitých výrobků. Poté jsou pro každý tento systém vytvořeny **projektové dokumentace** a jejich **rozpočet**. Bude následovat **srovnání nákupní ceny** materiálů a následně **celková analýza**.

1. Cíl práce

V této bakalářské práci se budu zabývat analýzou ceny rodinného domu vystavěného ze čtyř rozdílných stavebních systémů, které jsou výrobci doporučovány pro výstavbu pasivních domů. Nebo stavební systémy v kombinaci s kontaktním zateplením. Základním požadavkem bude, aby všechny čtyři systémy měly **stejný součinitel**

prostupu tepla, a budou aplikovány na jedné, k tomuto účelu vytvořené, projektové dokumentaci.

1.1. Všeobecné pojetí pojmu rozpočet

Rozpočet i kalkulace vychází ze složek tzv. manažerského účetnictví. Hlavní náplní rozpočtu je rozdělení nákladů a výnosů buď vnitropodnikové části, celému podniku, nebo se může jednat o rozpočet na daný pracovní úkol, jako je např. stavební zakázka. Důležitý je také vztah mezi kalkulací a rozpočtem, kde kalkulace poskytuje pro sestavení rozpočtu informace o přímých nákladech, tedy o nákladech, které můžeme jednoznačně identifikovat pro výrobu jedné kalkulační jednice. Na druhé straně rozpočet nabízí kalkulační údaje režijních nákladů. Jedná se o společné náklady na celý daný výrobní úkol. Velice důležitou vlastností rozpočtů je také pozorování jeho dodržování. Rozpočet by se totiž dal také charakterizovat jako plán, podle kterého můžeme sledovat jak se situace ve firmě nebo v zakázce vyvíjí. Proto by tedy měla po daném časovém úseku nebo výrobním období následovat kontrola údajů skutečně zjištěných s údaji sestavenými v rozpočtu a jejich následný rozbor [1].

1.2. Všeobecné pojetí pojmu kalkulace

Pod pojmem kalkulace se rozumí přidělení nákladů na jednu kalkulační jednici. Kalkulační jednice je elementární jednotkou výkonu, jako je třeba 1kg, 1ks apod. Je to tedy jednotka, pro kterou má smysl zjišťovat náklady. Kalkulace dále ukazuje, jaké byly nebo budou vynaloženy náklady na výrobu jedné takovéto kalkulační jednice. Kalkulaci můžeme rozdělit do dvou základních skupin, na předběžnou a výslednou kalkulaci. Obě dvě skupiny mají důležitou roli při tvorbě ceny kalkulační jednice [1].

Předběžná kalkulace – stanoví se ještě před začátkem výrobního procesu a jejím prioritním cílem je, jaké náklady budou vynaloženy na výrobu kalkulační jednice. Výsledkem je posouzení, zda je výhodné výrobek vyrábět. Vychází ze zkušeností z předcházejícího období, z norem spotřeby materiálu, pracovní, z rozpočtu režijních nákladů a odhadu [1].

Výsledná kalkulace – stanovuje se až po vyrobení výrobku, nebo ukončení výrobního procesu. Udává celkové skutečně vynaložené náklady na výrobu kalkulační jednice.

V kalkulaci rozlišujeme přímé a nepřímé náklady.

Přímé náklady jsou přímo zjistitelné na kalkulační jednici, jako jsou například spotřeba materiálu nebo mezd. U předběžné kalkulace tento propoččet vychází z norem spotřeby materiálu a norem pracovní [1].

Nepřímé náklady, nebo také režijní náklady jsou společné pro celou výrobu všech výrobků. Patří sem náklady na odpisy dlouhodobého majetku, mzdy administrativního aparátu podniku, nebo spotřeba elektrické energie. Tyto náklady obvykle nelze přímo přiřadit na kalkulační jednici, a proto se využívá různých metod, jako je přírážková kalkulace, prostá kalkulace dělením či kalkulace s poměrovými čísly.

Kalkulaci sestavujeme formou tzv. **kalkulačního vzorce**, což je v podstatě sled jednotlivých nákladových položek a záleží na každém podniku, jak si tento vzorec sestaví. Takový kalkulační vzorec by mohl vypadat dle [2] následovně:

1. Přímý materiál (materiál bezprostředně nutný k výrobě)
2. Přímé mzdy (mzdy pracovníků)
3. Výrobní režie (režijní = společné náklady na výrobu)
4. Suma 1+2+3: **vlastní náklady výroby**
5. Správní režie (společné náklady podniku na správní aparát)
6. Zásobovací režie (společné náklady na zásobování)
7. Suma 4+5+6: **vlastní náklady výkonu**
8. Odbytové náklady/režie (souvisí s prodejem)
9. Suma 7+8: **úplné vlastní náklady výkonu**

Úplné vlastní náklady výkonu udávají všechny náklady, které podnik vynaložil na výrobu kalkulační jednice. Pokud by podnik prodával výrobky za cenu nižší, než jsou úplné vlastní náklady výkonu, prodával by produkty se ztrátou.

2. Rozpočty používané ve stavebnictví

2.1. Charakteristika stavebního rozpočtu

Potřeba ocenění stavebního díla, nebo montážních prací vzniká v okamžiku, kdy se ze strany investora začne uvažovat o realizaci stavebního díla a o jeho financování. Pro projektanta je důležitý faktor ocenění projektových prací a pro dodavatele stavebních prací za kolik dílo vyhotoví. Sestavení rozpočtu vychází z představy projektanta a investora vyjádřené projektovou dokumentací a technickými zprávami, podle těchto podkladů dojde následně k ocenění jednotlivých konstrukcí, ale i prací potřebných k vytvoření stavebního díla. Rozpočet má skladebnou strukturu a je to podle projektové dokumentace a dalších podkladů sestavený výkaz výměr, který se oceňuje příslušnými cenami konstrukčních prvků, cenami skupinových prvků nebo ukazateli na objekt či určitou etapu. Jsou zde započteny přímé náklady, nepřímé náklady i zisk, které tvoří nedílnou část cen stavební produkce. Ve stavebnictví se používají čtyři typy rozpočtů pro ocenění stavebního díla. Jsou to, předběžné rozpočty, slepé rozpočty, položkové rozpočty a kontrolní rozpočty [3].

1. Předběžné rozpočty

- Jejich vypracování probíhá již v předprojektové fázi, tedy ještě před investičním záměrem a územním řízením, kdy slouží investorovi jako podklad pro ekonomické a efektivní rozhodování financování.

2. Slepé rozpočty

- Uplatňují se především při výběrovém řízení na dodavatele a subdodavatele stavby. Obsahují stejné informace jako položkové rozpočty jen nejsou uvedeny ceny. Ty jsou poté doplněny uchazeči, kteří se účastní výběrového řízení, jednotlivé nabídky se porovnají a na jejich základě a podmínek výběrového řízení je vybrán vítězný uchazeč.

3. Položkové rozpočty

- Jejich vyhotovení probíhá v projektové fázi a vychází z výkazů výměr stavby oceněných s pomocí ceníků stavebních prací a dodávek. Ceníky stavebních prací a

dodávek obsahují směrné orientační ceny, které jsou obvyklé ve stavební praxi. S nimi mohou existovat též individuální firemní ceníky. Stavební rozpočty bývají velice rozsáhlé a složité, proto je nejvhodnější varianta jejich zpracování pomocí moderního rozpojovacího softwaru.

4. Kontrolní rozpočty

- Vyhotovují se podle skutečného stavu provedení stavby a slouží k cenovému i obsahovému srovnání dodavatele se skutečným stavem.

2.2. Skladba stavebního rozpočtu [4]

• Základní rozpočtové náklady – ZRN

HSV	- práce
	- dodávky (specifikace)
PSV	- práce
	- dodávky (specifikace)
MONTÁŽE	- práce
	- dodávky
HZS	- práce
	- dodávky (specifikace)

• Vedlejší rozpočtové náklady – VRN

- Náklady na zařízení staveniště
- Provozní vlivy
- Území se ztíženými výrobními podmínkami
- Mimořádně ztížené opravní podmínky
- Individualizace nákladů mimostaveništní dopravy
- Náklady vzniklé z titulu práce na chráněných památkových objektech
- Případně další náklady jinde nevyčíslené

Kde:

HSV – hlavní stavební výroba – hrubá stavba objektů občanské, bytové a průmyslové výstavby, inženýrské sítě, objekty vodního hospodářství.

PSV – pomocná (přidružená) stavební výroba – řemesla, instalace, dokončovací práce, kompletace

MONTÁŽE – práce a výkony prováděné na provozních souborech a stavebních objektech oceňované ceníky řady M.

HZS – hodinové zúčtovací sazby – pro ocenění prací pro které nejsou ceníkové položky, prací nezměřitelných, na předběžné obhlídky pracovišť, na práce při haváriích, revize apod. Práce HSV, PSV a MONTÁŽE se ocení cenami z příslušných ceníků, popřípadě sazbami HZS.

VRN – vedlejší rozpočtové náklady – náklady související s realizací stavby, které nelze vztáhnout k jednotlivým konstrukcím a pracím, nebo které plynou z umístění stavby.

2.3. Výkaz výměr

Představuje podklad zpracováváný do jednotlivých položek za účelem ocenění dodávek, prací a konstrukcí. Při jeho tvorbě se řídíme skutečnostmi, které máme zadane v projektové dokumentaci, a je výhodné postupovat podle předpokládaného technologického procesu výroby, aby byl brán zřetel na navazující stavební práce, kvůli minimalizaci možnosti opomenutí započtení práce nebo konstrukce. Důležitým faktorem je, aby byl dán pozor na správné použití měrných jednotek, což jsou mb, m², m³, kg, t, ks, tis. ks a zamezit jejich případnému zaměnění [4].

3. Tepelná technika

3.1. Energeticky úsporný dům

Je to dům, který se vzhledově moc neliší od klasické stavby, ale je rozdílný jednak ve velice propracované a promyšlené projektové dokumentaci, ale také v co nejvíce kvalitním dodržení stavebních postupů, aby bylo zamezeno vznikutí tepelných mostů [5]. Dimenzování stavby na schopnosti její správné izolace provádíme podle doporučených hodnot normy ČSN 73 0540 „Tepelná ochrana budov“ [6]. Definujeme

ho roční spotřebou tepla určené k vytopení budovy, která se pohybuje do 50 [kWh/m²] za rok [5]. Proto je tedy nízkoenergetický dům z hlediska náročnosti na spotřebu energií přechodovým stupněm mezi stávající výstavbou a pasivním domem.

Norma pro tyto typy domů není tak jednosměrná jako v případě výstavby pasivních domů a je reálné těchto parametrů dosáhnout u každé rekonstrukce již vybudovaných staveb, tak i u novostavby. Nejdůležitějšími prvky přispívající k minimalizaci spotřeby energií jsou okna, střecha, obálka domu (obvodový plášť), podlahové konstrukce ležící přímo na terénu i správně zvolené umístění stavby podle světových stran [7].

3.2. Charakteristika pasivního domu [5]

Takovýto dům využívá po většinu roku pasivních tepelných zisků, které jsou pro něj zdrojem tepla. Tyto zdroje jsou buď interní, nebo externí. U interních zdrojů je teplo získáváno pobytem lidí v místnosti nebo teplo získané vyzařováním spotřebičů, jako jsou televize, počítačové sestavy, varná deska a další. K externímu zdroji řadíme, jak již bylo zmíněno výše, orientace ke světovým stranám, kdy je dům vyhříván slunečním zářením procházejícího okny. Proto se nejčastěji volí orientace obytných prostor k jižní straně, kde jsou umístěny co největší otevřené prosklené plochy. Tuto orientaci volíme proto, aby v zimě, kdy je slunce nejnižší byly zajištěny tepelné zisky. Zde je ovšem potřeba zohlednit přílišné přehřívání místností s velkými okny orientovanými na „JZ“.

Při výstavbě pasivního domu navrhujeme, aby byl obvodový plášť maximálně neprůvzdušný a volíme kvalitní a nadstandardně dimenzované tepelné izolace, to vše z důvodu zajištění příjemné vnitřní teploty využitím právě interních a externích tepelných zisků. Jsou voleny nejvyšší výplně okenních otvorů, v dnešní době je nejdražší variantou okna osmi komorový systém s izolačním trojsklem. Důležitá je také technologie vzduchotechniky, jelikož je celá stavba navrhována, aby byla maximálně neprůvzdušná, proto je nutné navrhnout systém rekuperace, nuceného větrání s následným zpětným získáváním tepla ze vzduchu odváděného. Roční spotřeba tepla určená k vytopení takového objektu leží pod hranicí 15 [kWh/m²] za rok. Tato hodnota byla vypočtena pro středoevropské klimatické podmínky jako obecný standart.

3.3. Součinitel prostupu tepla [6]

Hodnotí se současně dvěma způsoby: pro jednotlivé konstrukce podle 3.4. a pro budovu jako celek pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Oba požadavky musí být splněny současně, pokud není výjimečně připuštěno jinak.

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla se použijí pro hodnocení konstrukcí podle zvláštního předpisu. Použití hodnot doporučených se doporučuje všude tam, kde tomu nebrání technické, ekonomické nebo legislativní překážky. Hodnoty doporučené pro pasivní budovy se použijí zejména pro předběžný návrh konstrukcí pasivní budovy.

3.4. Součinitel prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce [6]

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorách s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U , ve $[W/(m^2.K)]$, takový aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N \quad (1)$$

kde

U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve $[W/(m^2.K)]$.

Požadovaná hodnota U_N se stanoví:

- a) Pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18°C až 22°C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 1;

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} ve $[^\circ\text{C}]$, odpovídá návrhové vnitřní teplotě θ_i většiny prostorů v budově nebo zóně budovy. Za budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18°C až 22°C včetně se považují všechny budovy obytné (nevýrobní bytové), občanské (nevýrobní nebytové) s převážně dlouhodobým pobytem lidí (např. školské, ubytovací, administrativní, stravovací) a jiné budovy, pokud převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} je v uvedeném intervalu.

b) Pro budovy s odlišnou převažující návrhovou vnitřní teplotou ze vztahu:

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_I \quad (2)$$

kde

$U_{N,20}$ je součinitel prostupu tepla z tabulky 1, ve [W/(m².K)]

e_I součinitel typu budovy; stanoví se ze vztahu:

$$e_I = 16 / (\theta_{im} - 4) \quad (3)$$

kde

θ_{im} je převažující návrhová vnitřní teplota, ve [°C].

Hodnoty U_N ze vztahu (2) se do 0,40 [W/(m².K)] zaokrouhlují na setiny, od 0,4 [W/(m².K)] včetně do 0,2 [W/(m².K)] na pět setin a hodnoty větší nebo rovné 2,0 [W/(m².K)] na desetiny. Některé hodnoty součinitele typu budovy e_I jsou uvedeny v tabulce 2. Vztahy (1) až (3) se použijí i při návrhu a posouzení konstrukcí na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 1 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla [6]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pasivního domu $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25

Tabulka 1 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (pokračování)

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pasivního domu $U_{pas,20}$
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	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 ² /m ²	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	$0,15 + 0,85 \cdot f_w$
A_w - plocha průsvitné výplně otvoru sloužící k osvětlení interiéru včetně částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru	-	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Tabulka 2 – Hodnoty součinitele typu budovy e_I [-] [6]

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} [°C]	15	16	17	18-22	23	24	25	25	27	28
Součinitel typu budovy e_I [-]	1,45	1,33	1,23	1,00	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70	0,67

3.5. Průměrný součinitel prostupu tepla [6]

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , ve [W/(m².K)] budovy, nebo vytápěné zóny budovy musí splňovat podmínku

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (4)$$

kde

$U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, ve [W/(m².K)].

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanoví:

- a) Pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 3;

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} ve [°C], odpovídá návrhové vnitřní teplotě θ_i většiny prostorů v budově nebo zóně budovy. Za budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně se považují všechny budovy obytné (nevýrobní bytové), občanské (nevýrobní nebytové) s převážně dlouhodobým pobytem lidí (např. školské, ubytovací, administrativní, stravovací) a jiné budovy, pokud převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} je v uvedeném intervalu.

- b) Pro budovy s odlišnou převažující návrhovou vnitřní teplotou ze vztahu:

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot e_I \quad (5)$$

kde

$U_{em,N,20}$ je součinitel prostupu tepla z tabulky 1, ve [W/(m².K)]

e_I součinitel typu budovy podle vztahu (3) a tabulky 2.

Průměrný součinitel obálky budovy U_{em} , ve [W/(m².K)], se stanovuje podle vztahu:

$$U_{em} = \frac{HT}{A} \quad (6)$$

kde

H_T je měrná ztráta prostupem tepla podle ČSN EN ISO 13789, ve [W/K], stanovená ze součinitelů prostupu tepla U_i všech teplosměnných konstrukcí tvořících obálku budovy na její systémové hranici dané vnějšími rozměry, jejich ploch A_j určených z vnějších rozměrů, odpovídajících teplotních redukčních činitelů b_j , lineárních činitelů prostupu tepla Ψ_j včetně jejich délky a bodových činitelů prostupu tepla χ_j včetně jejich počtu podle ČSN 73 0540-4. Pro výplně otvorů se neuplatňuje zvýšení činitele b o 15 %.

A teplosměnná plocha obálky budovy, v [m²], stanovená součtem ploch A_j .

Doporučená hodnota $U_{em,rec}$ se stanoví podle vztahu:

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} \quad (7)$$

Použití doporučených hodnot se uplatní tam, kde tomu nebrání technické nebo ekonomické překážky. Doporučené hodnoty pro pasivní domy jsou uvedeny v ČSN 73 0540-2:2011 v příloze A.5.3.

Hodnota $U_{em,N,20}$ referenční budovy se stanoví jako vážený průměr normových požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla všech teplosměnných ploch podle vztahu:

$$U_{em,N,20} = \Sigma (U_{Nj} \cdot A_j \cdot b_j) / \Sigma A_j + 0,02 \quad (8)$$

kde

U_{Nj} je odpovídající normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j -té teplosměnné konstrukce podle tabulky 1,

A_j plocha j -té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů;

b_j teplotní redukční činitel odpovídající j -té konstrukci. Pro výplně otvorů se uplatňuje zvýšení činitele b o 15 %.

Pro budovu s lehkým obvodovým pláštěm se při stanovení $U_{em,N,20}$ podle (8) použije pro neprůsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnější stěny a pro průsvitné výplně požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplně otvorů (okna) ve vnější stěně.

Tabulka 3 – požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [6]

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ $W/(m^2.K)$
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu podle (8), nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu podle (8), nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{em,N,20} = 1,05$ $A/V > 0,2$ $U_{em,N,20} = 0,45$ Pro hodnoty A/V $U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15 / (A/V)$

4. Výběr stavebních materiálů

Na úplném začátku bylo nutné prozkoumat stavební trh a jednotlivé produkty, které výrobci nabízí. Bylo nutné najít **konstrukční materiály od čtyř různých výrobců**, které by splňovaly **součinitel prostupu tepla vnějšího nosného zdiva**, které jsou požadovány **pro výstavbu pasivních domů**. Jako první materiál jsem zvolil keramické tvárnice HELUZ [8] a jejich konkurenční firmu Wienerberger POROTHERM [9]. Dalšími firmou, která mne zaujala je VELOX [10] a jeho systém ztraceného bednění. Jako poslední stavební systém jsem použil přesné pórobetonové tvárnice YTONG [11].

Od každého z těchto výrobců vyberu jeden jimi nabízený produkt pro vnější nosné zdivo. Zásadní podmínkou při tomto výběru je, aby tyto materiály **splňovaly stejný součinitel prostupu tepla „U“** $[W/(m^2.K)]$, **potřebný k vystavění pasivního domu z tohoto materiálu**. Protože předpokládám, že tyto hodnoty budou u každého produktu rozdílné, a abych dosáhl stejné hodnoty, budou některé systémy opatřeny navíc kontaktním zateplením. (V dalších kapitolách budou popsány stavební systémy jednotlivých výrobců spolu s cenami za $1 [m^2]$ zdiva.)

Na vnitřní nosné konstrukce a příčky nejsou kladeny žádné konkrétní technické požadavky. Pouze, budou řešeny vždy od stejného výrobce. Proto **svislé konstrukce jsou měněny** a řešeny podle jednotlivých výrobců a jejich systémů. Vodorovné konstrukce zůstanou pro zjednodušení v každém případě stejné a jsou řešeny jako monolitické železobetonové.

4.1. Stavební systém HELUZ

Firma HELUZ nabízí na trhu tři druhy cihelných bloků. Které doporučuje pro stavby v nulovém, nízkoenergetickém a energeticky úsporném standardu. Jedná se o cihly Family 2in1, Family a STI. Keramické cihelné bloky Family 2in1 jsou od broušených cihel Family rozdílné v tom, že jejich dutiny jsou vyplněny polystyrenem. Výrobce tímto uvádí zvýšení tepelně izolačních vlastností cihly a tím udává, že již není třeba takovýto dům dále zateplovat (nahradí 36 [cm] tepelné izolace) [8]. Podmínkou je, aby cihly byly opatřené venkovní tepelněizolační omítkou. Technické parametry a ceny za [m²] vnějšího nosného zdiva ukazuje Tabulka 7.

Tabulka 7 - Cena [m²] zdiva a technické parametry pro systém HELUZ Family

HELUZ FAMILY			ks/m ² = 16		DPH = 21%		
TL. KCE	Tep. odpor (R)	Souč. prost. tep. (U)	cena bez DPH		cena s DPH		
[mm]	$R=d/\lambda$ [m ² K/W]	$U=1/R$ [W/m ² K]	Kč/Ks	Kč/m ²	Kč/Ks	Kč/m ²	
broušená	250	3,24	0,29	39,50	632,00	47,80	764,72
	300	3,78	0,25	48,30	772,80	58,44	935,09
	380	5,11	0,16	69,70	1 115,20	84,34	1 349,39
	440	5,68	0,17	77,80	1 244,80	94,14	1 506,21
	500	7,10	0,14	83,40	1 334,40	100,91	1 614,62
2in1	250	3,65	0,26	63,50	1 016,00	76,84	1 229,36
	300	4,33	0,22	76,30	1 220,80	92,32	1 477,17
	380	6,51	0,19	96,50	1 544,00	116,77	1 868,24
	440	7,62	0,13	110,10	1 761,60	133,22	2 131,54
	500	9,06	0,11	118,70	1 899,20	143,63	2 298,03

*Ceny jsou uvedeny podle ceníku HELUZ platné k 15.4.2014

Z této nabídky byly vybrány keramické tvárnice HELUZ Family, protože bloky Family 2in1 mají součinitel prostupu tepla $U= 0,11 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ při mocnosti vnějšího nosného zdiva 500 mm a $U= 0,13 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ při mocnosti vnějšího nosného zdiva 440 mm, což není srovnatelné s již vybraným systémem VELOX, kde je maximální hodnota u desek VELOX WS EPS Plus tl. 420 mm $U= 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Z toho důvodu jsem zvolil pro vnější obvodové konstrukce cihelné bloky **HELUZ Family tl. 500 mm se součinitelem prostupu tepla $U= 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.**

Tím pádem je tedy dána **podmínka**, že další vybrané materiály musí splňovat **součinitel prostupu tepla $U= 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.**

4.2. Stavební systém POROTHERM

Keramické tvárnice POROTHERM, od firmy Wienerberger [9] jsou z mého hlediska v dnešní době poměrně často vyhledávaný a i na veřejnosti známý stavební systém. Pro znázornění předběžné orientační ceny za m^2 zdiva a hodnoty součinitele prostupu tepla je určena tabulka 4. Tato cena je stanovena pouze za materiál, tedy přímo za keramické tvárnice, nepočítá se zde s žádnou prací, omítkami, maltou atd.

Nabízelo se využití cihel Porotherm T profi, u kterých jsou dutiny vyplněny minerální vatou [9]. Použití tohoto materiálu jsem nevyužil, protože jsem již vybral cihelné bloky HELUZ FAMILY broušené tl. 500 [mm]. Tyto dva výrobky jsou si velice podobné, proto jsem vybral tvárnice POROTHERM tl. 300 [mm]. Tyto tvárnice mají součinitel prostupu tepla $U=0,70 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, což nesplňuje počáteční podmínku, aby tato hodnota byla $U= 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Proto bylo nutné opatřit tyto tvárnice ještě kontaktním zateplením fasádním polystyrenem EPS 70 F tl. 220 [mm]. Tuto hodnotu jsem zjistil z výpočtu [6]:

$$R_{si}= 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} ; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} ; U_{\text{tvárnice}} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda \text{ Fasádního polystyrenu} = 0,039 \text{ W/mK}$$

$$R_t= R_{si} + R_{se} + d/\lambda + 1/ U_{\text{tvárnice}}$$

$$R_t= 0,13 + 0,04 + 0,22/0,039 + 1/0,7 = 7,2396 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{stěny}} = 1/R_t = 1/7,2396$$

$$U_{\text{stěny}} = \mathbf{0,138 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Jak je vidět ve výpočtu, tak když vnější nosné zdivo opatřím kontaktním zateplením o tl. 220 [mm] dosáhnou požadované hodnoty $U = \mathbf{0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}}$. Myslím, že tento případ bude velice dobrý pro srovnání. Protože v případě HELUZ Family broušené jsem použil cihelné bloky o mocnosti 500 [mm], a pro systém POROTHERM jsem cihelné bloky opatřil navíc kontaktním zateplením, kde celková mocnost po sečtení činí 520 [mm]. Soudím, že systém s kontaktním zateplením bude při celkové stanovení ceny dražší.

Tabulka 4 – Cena [m²] zdiva a technické parametry výrobků POROTHERM

POROTHERM		ks/m ² = 16		DPH = 21%		
TL. KCE	Souč. prost. tep. (U)	cena bez DPH		cena s DPH		
[mm]	$U=1/R$ [W/m ² K]	Kč/Ks	Kč/m ²	Kč/Ks	Kč/m ²	
T Profi	500	0,14	139,0	2 224,0	168,2	2 691,0
	440	0,16	119,0	1 904,00	144,0	2 303,84
	380	0,19	105,0	1 680,0	127,1	2 032,8
	300	0,22	85,0	1 360,0	102,9	1 645,6
klasika	440	0,28	52,9	846,4	64,0	1 024,1
	400	0,30	47,9	766,4	58,0	927,3
	300	0,70	37,8	604,8	45,7	731,8

*Ceny jsou uvedeny podle ceníku Porotherm platného k 1.4.2014.

4.3. Systém ztraceného bednění VELOX

Od této firmy jsem vybral desky VELOX WS EPS Plus. Které jsou výrobcem doporučovány pro řešení stěn pasivních rodinných domů. Systém se zdá být na první pohled poměrně složitý, jelikož se skládá z více prvků a ne jenom z prostého kladení cihel. Základními prvky tohoto systému jsou štěpkocementové desky, které mezi sebou svírají nosný prvek. Tento nosný prvek tvoří vybetonovaná železobetonová stěna a tepelný izolant formy expandovaného polystyrenu [10].

Na webových stránkách firmy VELOX jsem stáhl ceny jednotlivých prvků tohoto systému a jeho technické parametry [10], aby bylo možné stanovit cenu za [m²]. Výrobce nepočítá s cenami betonu, jelikož stavba může probíhat po celé republice, jsou ceny a doprava betonu závislé na dané lokalitě, kde probíhá výstavba. Cenu betonu jsem zjistil na internetových stránkách Českomoravského betonu, kde uvádí cenu 2 080 Kč bez DPH za [m³] betonu třídy C 20/25 (viz příloha č.7/7). Vypočtené a zjištěné hodnoty pro systém VELOX znázorňuje Tabulka 5. Spotřeba betonu na [m²] určená dodavatelem je 0,15 [m³], přepočet pro DPH je znázorněn v Tabulce 6.

Tabulka 5 – Cena [m²] zdiva a technické parametry pro systém VELOX

VELOX desky WS EPS Plus			bez betonu		s betonem	
TL. KCE	Tep. odpor (R)	Souč. prost. tep. (U)	bez DPH	s DPH	bez DPH	s DPH
[mm]	$R=d/\lambda$ [m ² K/W]	$U=1/R$ [W/m ² K]	Kč/m ²		Kč/m ²	
420	6,96	0,14	1 332,00	1 611,72	1 644,00	1 986,12
400	6,33	0,15	1 264,00	1 529,44	1 576,00	1 903,84
370	5,40	0,18	1 162,00	1 406,02	1 474,00	1 780,42
340	4,46	0,22	1 060,00	1 282,60	1 372,00	1 657,00
320	3,83	0,25	992,00	1 200,32	1 304,00	1 574,72

spotřeba betonu

= 0,15m³/m²

*Ceny jsou uvedeny podle ceníku WELOX platné od 1.4.2014 do 30.6.2014

Tabulka 6 – Cena za [m³] betonu třídy C 20/25 (viz příloha č.7/7)

beton C 20/25 (cena za m ³)		
m ³	bez DPH	s DPH
1	2 080,00	2 496,00
0,15	312,00	374,40

Z následujících výrobků v Tabulce 5 jsem zvolil pro vnější nosné zdivo **desky VELOX WS EPS Plus tl. 420 mm se součinitelem prostupu tepla U= 0,14 [W/m²K].**

4.4. Stavební systém YTONG

Pórobetonové tvárnice YTONG, jsou poměrně velice oblíbený materiál nejen pro rekonstrukce, ale i výstavbu rodinných domů. Jeho výhodou je lehká tvárnice, lze ji s minimálním ztrátovým přípravovat přímo na stavbě a to s velkou přesností. Přesné tvárnice Ytong nabízí snadný postup výstavby a vysokou požární bezpečnost. Nově výrobce také představil na trhu produkty nabízející lepší tepelně izolační vlastnosti. Jsou to tepelněizolační tvárnice YTONG Theta a Lambda [11]. Ceny výrobků a parametry jsou uvedeny v Tabulce 8. Cena je zde stanovena opět bez práce, vnitřních i vnějších omítek, bez materiálu potřebného k připevnění polystyrenu ke konstrukci.

Tabulka 8 - Cena [m^2] zdiva a technické parametry pro systém YTONG Lambda a Theta

YTONG						
	TL. KCE	Souč. tep. vodiv. (λ)	Tep. odpor (R)	Souč. prost. tep. (U)	cena bez DPH	cena s DPH
	[mm]	[W/mK]	$R=d/\lambda$ [m^2K/W]	$U=1/R$ [W/m^2K]	Kč/ m^2	Kč/ m^2
Theta	375	0,084	4464,29	0,000	1 256,00	1 520,00
	500	0,084	5952,38	0,000	1 670,00	2 021,00
Lambda	375	0,089	4213,48	0,000	1 151,00	1 393,00
	450	0,089	5056,18	0,000	1 395,00	1 688,00

*Ceny jsou uvedeny podle ceníku YTONG platné k 1.4.2014

Jak je názorné z tabulky 8, tak výrobky Lambda a Theta nemohou být využity, z důvodu nedostatečného součinitele prostupu tepla, který činí $U= 0,168 [W/m^2K]$ a **nesplňují** tak již zvolenou **podmínku $U= 0,14 [W/m^2K]$** .

Z tohoto důvodu jsem uvažoval s provedením kontaktního zateplovacího systému EPS 70 F na tyto tvárnice. Pro tento předpoklad mi ale přišlo zbytečné a **neekonomické**

využívat tepelněizolační tvárnice, které budu muset ještě dodatečně opatřit tepelnou izolací. Proto jsem zvolil levnější přesné tvárnice YTONG. Mocnost tepelné izolace jsem zjistil pomocí výpočtu [6]:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} ; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} ; U_{tvárnice} = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda \text{ Fasádního polystyrenu} = 0,039 \text{ W/mK}$$

$$R_t = R_{si} + R_{se} + d/\lambda + 1/ U_{tvárnice}$$

$$R_t = 0,13 + 0,04 + 0,16/0,039 + 1/0,34 = 7,2137 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{stěny} = 1/R_t = 1/7,2137$$

$$U_{stěny} = \mathbf{0,138 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Jak je vidět ve výpočtu, tak když vnější nosné zdivo opatřím kontaktním zateplením o tl. 160 [mm] dosáhnou požadované hodnoty $U = \mathbf{0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}}$.

Tabulka 10 - Cena m^2 zdiva YTONG + EPS 70F tl.160mm

YTONG tl. 300 [mm] + TI tl. 160 [mm]						
TL. KCE	Souč. tep. vodiv. (λ)	Tep. odpor (R)	Souč. prost. tep. (U)	cena bez DPH	cena s DPH	
[mm]	[W/mK]	$R = d/\lambda$ [m ² K/W]	$U = 1/R$ [W/m ² K]	Kč/m ²	Kč/m ²	
Přesná tvárnice	300	0,1007	2,98	0,34	905,00	1 095,00
EPS 70 F	160	0,041	3902,44	0,00	296,00	358,16
celkem Σ	460	-	6,4	0,14	1 201,00	1 453,16

*Ceny jsou uvedeny podle ceníku YTONG platné k 1.4.2014

5. Předběžné porovnání cen vybraných materiálů

Jak jsem již zmiňoval, byla stanovena podmínka, aby každý vybraný materiál měl stejnou hodnotu **součinitele prostupu tepla $U = \mathbf{0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}}$** . Proto jsou výsledné

mocnosti obvodového zdiva u každého materiálu rozdílné, pohybujeme se v tloušťkách od 0,42 m do 0,52 m.

U každého materiálu je jiný nebo obdobný stavební postup a tím předpokládám, že se bude také lišit výsledná cena, kterou ukáže až následný rozpočet domu s použitím jednotlivých materiálů. Proto tedy čím více složitější technologie, tím můžeme například očekávat větší náklady na počet pracovníků a použití strojů, nebo větší náklady na ostatní použitý materiál, jako jsou např. tepelněizolační omítky, lepidla, vnitřní omítky, spojovací materiál a jiné. V Tabulce 11 jsou **předběžně porovnány ceny** za [m²] vybraných výrobků od zvolených výrobců stavebních systémů POROTHERM, VELOX, HELUZ a YTONG (keramické tvárnice, ztracené bednění, broušené cihelné bloky, pórobetonové přesné tvárnice s kontaktním zateplením).

Tabulka 11 – Předběžné porovnání cen výrobků

	TL. KCE	Souč. prost. tep. (U)	cena bez DPH	cena s DPH
Výrobce	[mm]	$U=1/R$ [W/m ² K]	Kč/m ²	Kč/m ²
POROTHERM	300	0,70	604,8	731,8
VELOX	420	0,14	1 332,00	1 611,72
HELUZ	500	0,14	1 334,40	1 614,62
YTONG	300	0,34	905,00	1 095,00
POROTHERM+TI tl.220 [mm]	520	0,14	1 418,80	1 716,75
YTONG+TI tl.160 [mm]	460	0,14	1 201,00	1 453,16

Hned je jasné, že systém POROTHERM v kombinaci s kontaktním zateplením vychází jako **nejdražší**, a oproti ostatním materiálům má největší potřebnou tloušťku konstrukce. Nevýhodou zde bude složitá a drahá konstrukce. Protože Fasádní polystyrény jsou vyráběny pouze do tloušťky 200 [mm], takže kontaktní zateplení zde bude provedeno ve dvou vrstvách a to se projeví na výsledné ceně.

Druhým nejdražším materiálem je HELUZ Family, kde by **výhodu** mohl tvořit fakt, že jsou zde k výstavbě potřeba pouze cihelné bloky, zato tloušťka obvodového zdiva je zde největší. Hned zatím s **minimálním rozdílem** se jeví systém ztraceného bednění

VELOX. Sice oba dva tyto systémy vycházejí cenově téměř stejně, ale systém ztraceného bednění VELOX je na výstavbu poměrně složitý a je pro výstavbu zapotřebí i více dělníků. Dále v této ceně **není uvedena** cena za betonáž, nebo dovoz betonu. Dále oproti systému Heluz je náročnější montáž. Musí se skládat jednotlivé dílce, kdežto u zdění „pouze“ klademe cihly.

Jako nejlevnější materiál pro výstavbu vnějšího nosného zdiva pasivního domu **předběžně** vyšly přesné tvárnice YTONG s fasádním polystyrenem EPS 70F tl. 160 [mm]. **Výhodou** zde bude rychlá a snadná výstavba systému, ale menší komplikaci může znamenat kontaktní zateplení, jsou zde kladeny požadavky na přesnost a i samotná technologie zateplování můžeme být zdlouhavá a pracná. To jak, budou vycházet ceny pro jednotlivé systémy, bude zřejmé až z následujícího sestavení rozpočtu.

6. Vytvoření projektové dokumentace

Aby bylo možné začít se sestavováním rozpočtu bylo nutné, abych k tomuto účelu vytvořil **projektovou dokumentaci typového rodinného domu**, které budou ve všech čtyřech případech podobné. Prvky, které budou proměnné, jsou svislé konstrukce. Každý stavební systém má své typizované řešení. Proto jsou navrženy podle **podkladů pro projektování** od jednotlivých výrobců [8], [9], [10], [11]. Spolu s rozdílnými základovými konstrukcemi se mění i výkopy a provedení tepelných izolací základů. Vodorovné konstrukce, jako jsou stopy a schodiště, jsou navrženy ve všech případech jako monolitické železobetonové. Střešní konstrukce, skladba podlah, konstrukce suché výstavby a další, zůstanou podle projektové dokumentace stejné.

Celá vypracovaná projektová dokumentace k této bakalářské práci je k nalezení v části přílohy (příloha č.2). Typový rodinný dům je řešen jako samostatně stojící, obdélníkového tvaru, jednopodlažního s podkrovím a sedlovou střechou.

Protože jsou **svislé konstrukce rozdílné**, byly vytvořeny projektové dokumentace i pro všechny použité systémy. Přesněji se jedná o výkresy půdorysů, stropů, základů, řezu A-A, a to z důvodu přesnějších vstupních podkladů pro sestavení rozpočtu i výkazu

výměr, ale také pro ucelenější představu o vybraných stavebních systémech. Výkresy krovů, pohledy, situace nebylo již potřeba vypracovat znovu, protože se ve všech variantách stále opakují. Jak již bylo výše zmíněno, svislé konstrukce jsou v každé variantě rozdílné, z toho plyne, že se mění i půdorysné rozměry objektu a tím i zastavěná plocha.

Při tvorbě výkresů půdorysu jsem tedy **zachovával vnitřní rozměry** místností stále stejné. Ale **vnější rozměry objektu se zvětšovaly** a proto jsou v každé variantě rozdílné. Půdorysné rozměry a plochy objektů vybraných systémů jsou následující:

HELUZ – 14 x 9 [m] o zastavěné ploše 126 [m²]

POROTHERM – 14,04 x 9,04 [m] o zastavěné ploše 126,92 [m²]

VELOX – 13,84 x 8,84 [m] o zastavěné ploše 122,35 [m²]

YTONG – 13,88 x 8,88 [m] o zastavěné ploše 123,25 [m²]

Projektová dokumentace obsahuje následující výkresy:

1. Architektonický návrh 1.NP
2. Architektonický návrh 2.NP
3. Situace

HELUZ

4. Půdorys 1.NP
5. Půdorys 2.NP
6. Monolitický strop nad 1.NP
7. Řez A-A
8. Výkres základů

POROTHERM

9. Půdorys 1.NP
10. Půdorys 2.NP
11. Monolitický strop nad 1.NP
12. Řez A-A
13. Výkres základů

VELOX

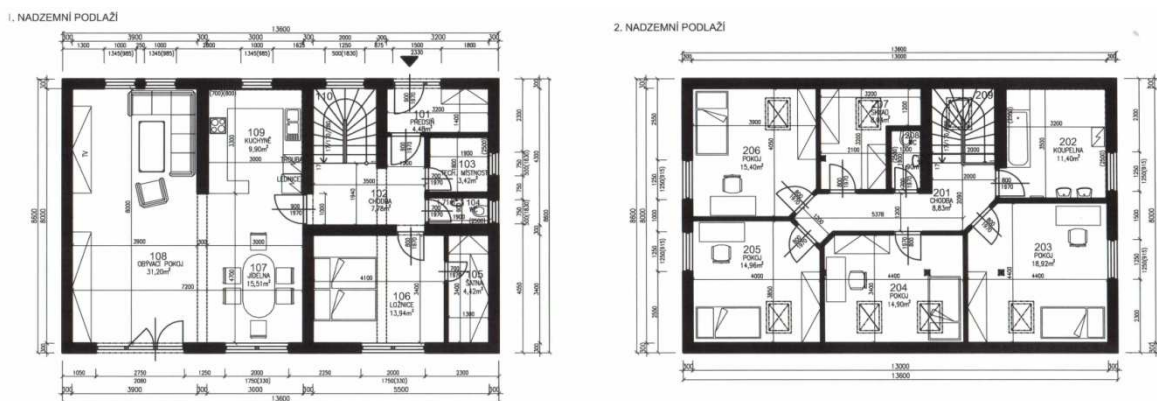
14. Půdorys 1.NP
15. Půdorys 2.NP
16. Monolitický strop nad 1.NP
17. Řez A-A
18. Výkres základů

YTONG

19. Půdorys 1.NP
20. Půdorys 2.NP
21. Monolitický strop nad 1.NP
22. Řez A-A
23. Výkres základů

24. Výkres krovu
25. Pohledy - severní, západní
26. Pohled - jižní, východní

Pro všechny projektové dokumentace byla vytvořena také jedna souhrnná technická zpráva (viz příloha č.1).



Obrázek 1 – Půdorys 1.NP a 2.NP



Obrázek 2 - Pohledy

7. Sestavení rozpočtů pro jednotlivé stavební systémy

Pro sestavení rozpočtu jsem použil **program KROS plus** od společnosti ÚRS Praha, a.s., se kterým jsem již měl zkušenosti, a není pro mé účely zcela neznámý. Pro každou variantu byl sestaven rozpočet celého objektu, aby poté bylo možné jednotlivé varianty srovnávat mezi sebou.

Všechny rozpočty včetně výkazů výměr jsou v této práci k nalezení v části přílohy. V následujících kapitolách představím **rekapitulace rozpočtů** jednotlivých stavebních systémů, které jsem vybral. Provedu **srovnání nákupních cen materiálů**, které jsem zjistil při výběru s nákupními cenami zjištěnými z kalkulace v programu KROS plus.

7.1. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému POROTHERM

Jaké vyšly ceny pro jednotlivé díly hlavní stavební výroby (HSV) a přidružené stavební výroby (PSV) po sestavení rozpočtu stavebního systému Porotherm je zřejmé z Rekapitulace rozpočtu.

Tabulka 12 – Rekapitulace rozpočtu Porotherm

Kód	Popis	Dodávka	Montáž	Cena celkem
HSV	Práce a dodávky HSV	1 000 961,41	535 532,65	1 536 494,06
1	Zemní práce	9 020,10	25 409,45	34 429,55
2	Zakládání	109 566,98	9 684,01	119 250,99
3	Svislé a kompletní konstrukce	259 569,94	75 328,75	334 898,69
4	Vodorovné konstrukce	83 348,16	70 492,60	153 840,76
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	532 706,64	263 276,61	795 983,25
8	Trubní vedení	924,88	483,12	1 408,00
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	5 824,71	94 280,65	100 105,36

PSV	Práce a dodávky PSV	1 006 086,74	368 403,00	1 374 489,74
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	34 936,86	15 855,02	50 791,88
713	Izolace tepelné	153 449,64	15 865,14	169 314,78
725	Zdravotechnika - zařizovací předměty	47 580,00	3 798,85	51 378,85
762	Konstrukce tesařské	204 679,92	121 585,60	326 265,52
763	Konstrukce suché výstavby	31 735,22	45 065,72	76 800,94
764	Konstrukce klempířské	7 288,40	7 578,48	14 866,88
765	Konstrukce pokrývačské	96 613,51	52 472,08	149 085,59
766	Konstrukce truhlářské	269 850,93	36 889,18	306 740,11
771	Podlahy z dlaždic	21 717,73	7 379,64	29 097,37
775	Podlahy skládané	96 242,91	29 147,87	125 390,78
781	Dokončovací práce - obklady keramické	37 836,50	18 496,80	56 333,30
784	Dokončovací práce - malby a tapety	4 155,12	14 268,62	18 423,74

Celkem **2 007 048,15** **903 935,65** **2 910 983,80**

Výsledná cena objektu ze systému Porotherm s kontaktním zateplením činí **2 910 983,80 Kč**. Důležitá je ale také položka HSV pod kódem č. 3, svislé a kompletní konstrukce. Celková cena této položky je určena již s celkovou dodávkou za materiál i montáž (práci) a jsou v ní zahrnuty veškeré svislé konstrukce stavebního objektu. Potřebuji ale zjistit kalkulaci položky 311238218 - zdivo nosné vnější Porotherm tl. 300 [mm].

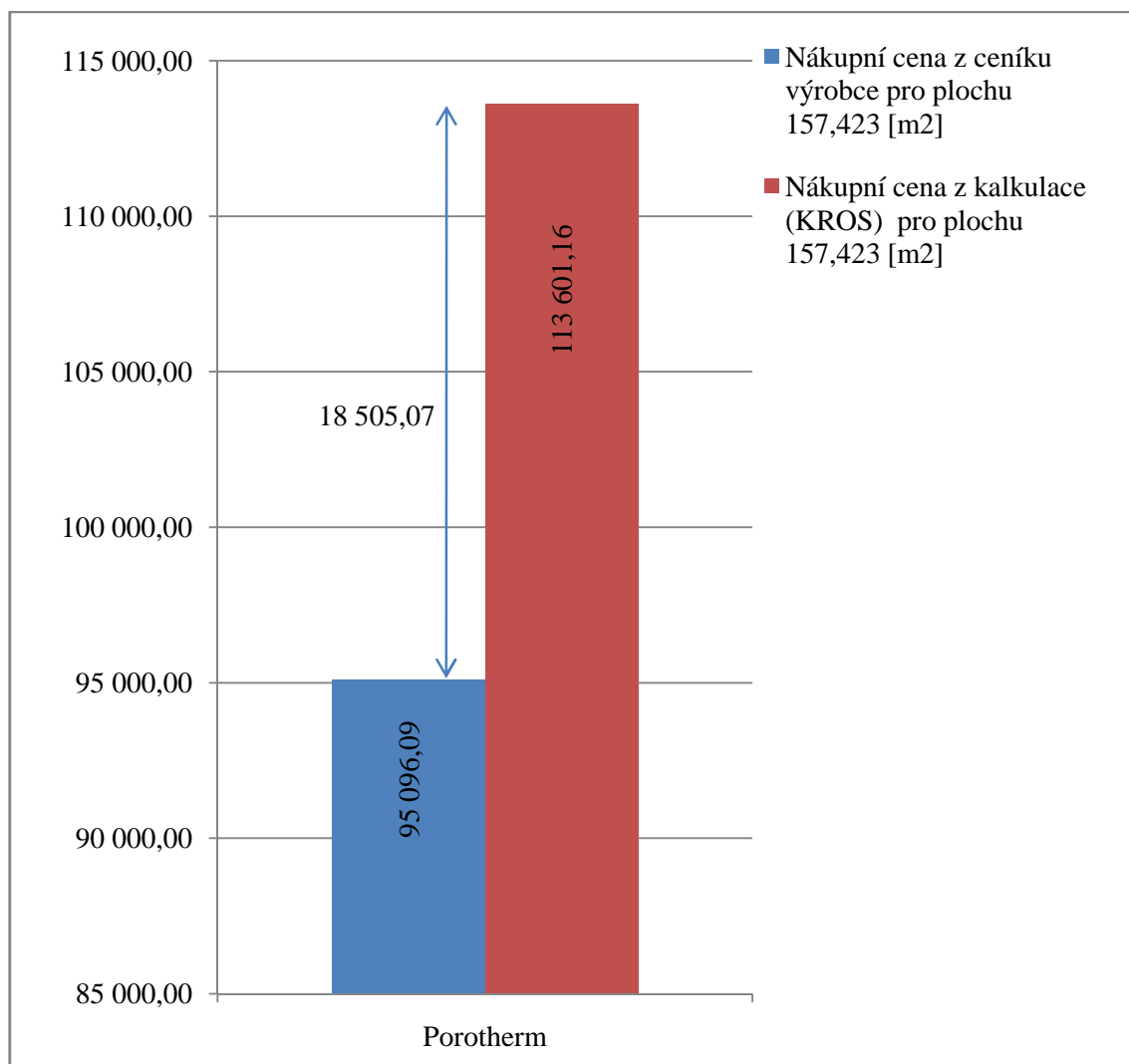
Abych zjistil nákupní cenu materiálu používanou programem pro tvorbu stavebního rozpočtu. A to z důvodu **analýzy nákupní ceny** vnějšího nosného zdiva, zjištěné při výběru stavebního systému z aktuálního ceníku výrobce, s cenou určenou při rozpočtování v cenové soustavě ÚRS.

Z těchto podkladů jsem vytvořil porovnávací tabulku a graf. Cena za jednotku v této položce je určena z její kalkulace. Proto jsou tedy v této ceně zahrnuty přímé materiály (H), mzdy (M), stroje (S), ostatní přímé náklady (OPN) a nepřímé náklady (režie). Aby bylo možné získat nákupní cenu, bylo nutné, abych do této kalkulace nahlédl. Rozbor této ceny je k nalezení v příloze č.4/11. Program v ceně materiálu již uvažuje i s doplňkovými tvárnici rohovými, polovičními. Nákupní cena zjištěná z této kalkulace (rozboru ceny) činí 1042,69 Kč pro měrnou jednotku [m²]. V posledním sloupci jsou vypočtené jednotlivé celkové ceny vnějšího nosného zdiva pro výměru **157,423 [m²]**.

Tabulka 13 – Porovnání nákupní ceny materiálu Porotherm tl. 300 [mm]

Název	m ²	cena/m ²	cena celkem
Nákupní cena z ceníku výrobce	157,423	604,08	95 096,09
Nákupní cena z kalkulace (KROS)	157,423	721,63	113 601,16

Z Grafu 1 je názorné, že rozdíl mezi celkovou cenou při předběžném posouzení a nákupní cenou zjištěnou z kalkulace není až o tolik velký. Jedná se o **rozdíl 18 505,07 Kč**, ten může být způsoben tím, že při sestavování předběžného posouzení jsem neuvažoval s doplňkovými cihelnými bloky (rohové cihly, ukončovací cihly poloviční cihly).



Graf 1 – Rozdíl mezi nákupními cenami vnějšího nosného zdiva systému Porotherm

7.2. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému VELOX

Tabulka 14 – Rekapitulace rozpočtu VELOX

Kód	Popis	Dodávka	Montáž	Cena celkem
HSV	Práce a dodávky HSV	758 979,66	426 828,78	1 185 808,44
1	Zemní práce	8 761,80	34 173,20	42 935,00
2	Zakládání	119 928,99	10 316,78	130 245,77
3	Svislé a kompletní konstrukce	392 124,17	67 454,91	459 579,08
4	Vodorovné konstrukce	82 752,31	68 570,08	151 322,39
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	148 662,80	129 201,07	277 863,87
8	Trubní vedení	924,80	483,12	1 407,92
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	5 824,71	117 548,23	123 372,94

Tabulka 14 – Rekapitulace rozpočtu VELOX (pokračování)

PSV	Práce a dodávky PSV	1 004 762,51	368 195,99	1 372 958,50
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	35 380,74	15 974,95	51 355,69
713	Izolace tepelné	152 125,41	15 658,13	167 783,54
725	Zdravotechnika - zařizovací předměty	47 580,00	3 798,85	51 378,85
762	Konstrukce tesařské	204 679,92	121 585,60	326 265,52
763	Konstrukce suché výstavby	31 735,22	45 065,72	76 800,94
764	Konstrukce klempířské	7 288,40	7 578,48	14 866,88
765	Konstrukce pokrývačské	96 613,51	52 472,08	149 085,59
766	Konstrukce truhlářské	269 850,93	36 889,18	306 740,11
771	Podlahy z dlaždic	21 717,73	7 379,64	29 097,37
775	Podlahy skládané	96 242,91	29 147,87	125 390,78
781	Dokončovací práce - obklady keramické	37 836,50	18 496,80	56 333,30
784	Dokončovací práce - malby a tapety	4 155,12	14 268,62	18 423,74

Celkem **1 763 742,17** **795 024,77** **2 558 766,94**

Výsledná cena stavebního objektu pro stavební systém **VELOX** činí **2 558 766,94 Kč**. Z HSV Svislé a kompletní konstrukce jsem vybral z rozpočtu položku 311351237 - ztracené bednění oboustranné zdi nosných ze štěpkocementových desek zateplených tl. do 235 [mm] (viz příloha č.5).

Pro kterou jsem zjistil kalkulaci (rozběr ceny) této položky. Protože cena v této položce je celková cena za jednotku. Jsou v ní tedy zahrnuty veškeré kalkulační náklady. Proto bylo potřeba zjistit z kalkulace nákupní cenu materiálu. Pro zjištění celkové ceny byly tyto hodnoty vynásobeny plochou vnějšího nosného zdiva, která je **160,931 [m²]**. Tato výměra byla vypočtena při sestavování rozpočtu ve výkazu výměr.

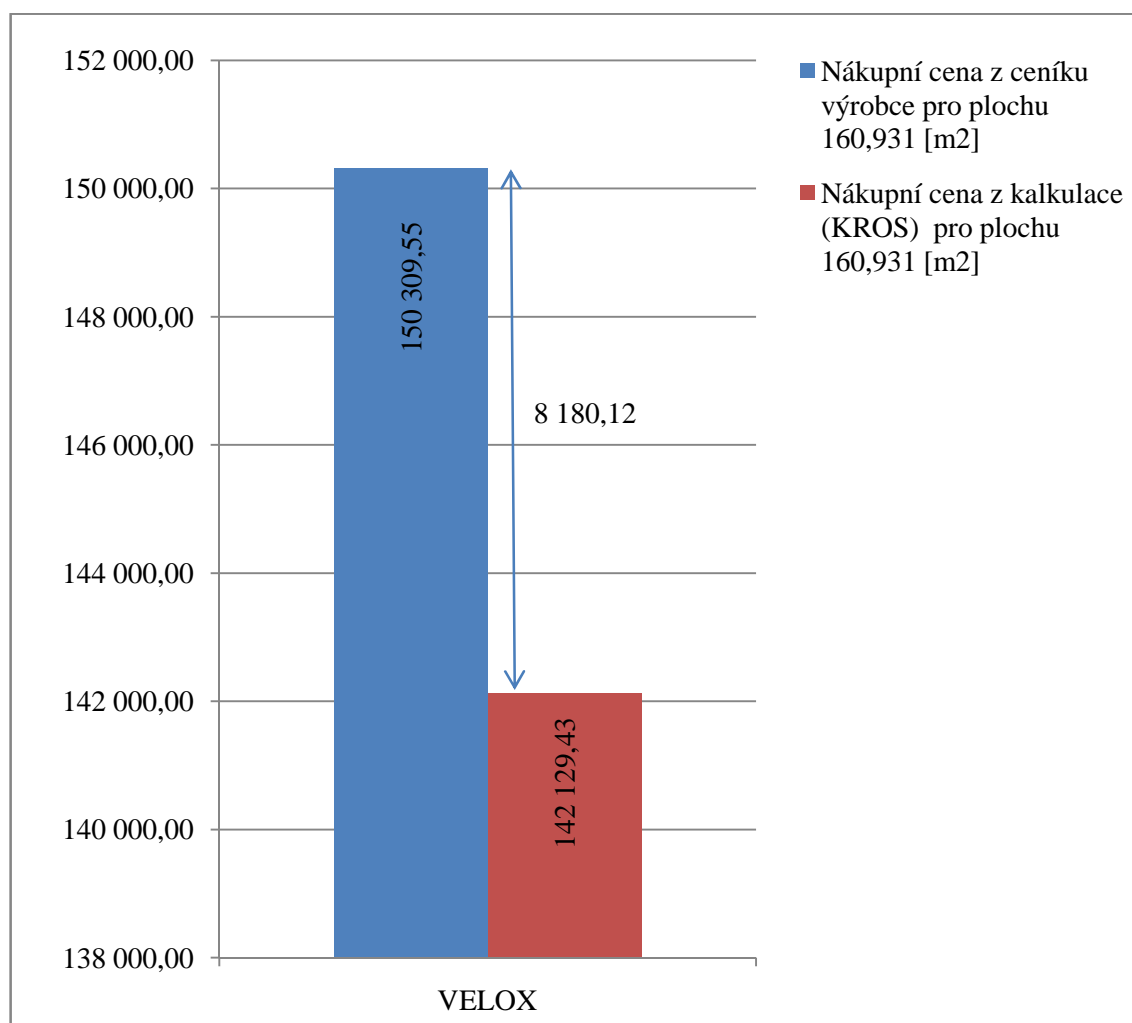
Tabulka 15 – porovnání nákupní ceny materiálu ztraceného bednění VELOX

Název	m²	cena/m²	cena celkem
Nákupní cena z ceníku výrobce	160,931	934,00	150 309,55
Nákupní cena z kalkulace (KROS)	160,931	883,17	142 129,43

V prvním řádku je představena jednotková cena za [m²] štěpkocementové desky opatřené tepelnou izolací VELOX WS EPS PLUS zjištěná podle aktuálního ceníku firmy VELOX platného k 1.4.2014. Tato cena činí 934,00 Kč za [m²] plochy.

Následující řádek určuje nákupní cenu zjištěnou z kalkulace (rozboru ceny položky). Tato cena je 883,17 Kč za [m²].

Rozdíl mezi nákupní cenou zjištěnou při výběru produktu a nákupní cenou zjištěnou z kalkulace není až o tolik velký. Jedná se o **rozdíl 8 180,12 Kč**, ten může být způsoben tím, že při sestavování předběžného posouzení jsem neuvažoval s doplňkovými prvky, jako spony, vnitřní výztuhy, nebo spojovací materiál.



Graf 2 – Rozdíl mezi nákupními cenami vnějšího nosného zdiva systému VELOX

7.3. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému HELUZ

V rekapitulaci rozpočtu v Tabulce 17 jsou názorné výsledné ceny dosažené po sestavení rozpočtu pro systém HELUZ.

Tabulka 16 – Rekapitulace rozpočtu HELUZ

Kód	Popis	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	Práce a dodávky HSV	748 416,15	411 590,91	1 160 007,06
1	Zemní práce	6 835,50	19 497,11	26 332,61
2	Zakládání	119 626,48	10 311,20	129 937,68
3	Svislé a kompletní konstrukce	380 811,17	88 985,29	469 796,46
4	Vodorovné konstrukce	95 451,31	74 333,08	169 784,39
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	138 942,10	126 061,98	265 004,08
8	Trubní vedení	924,88	483,12	1 408,00
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	5 824,71	91 632,43	97 457,14

PSV	Práce a dodávky PSV	1 007 063,25	368 427,63	1 375 490,88
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	34 936,86	15 855,02	50 791,88
713	Izolace tepelné	154 428,10	15 892,32	170 320,42
725	Zdravotechnika - zařízovací předměty	47 580,00	3 798,85	51 378,85
762	Konstrukce tesařské	204 679,92	121 585,60	326 265,52
763	Konstrukce suché výstavby	31 733,27	45 063,17	76 796,44
764	Konstrukce klempířské	7 288,40	7 578,48	14 866,88
765	Konstrukce pokrývačské	96 613,51	52 472,08	149 085,59
766	Konstrukce truhlářské	269 850,93	36 889,18	306 740,11
771	Podlahy z dlaždic	21 717,73	7 379,64	29 097,37
775	Podlahy skládané	96 242,91	29 147,87	125 390,78
781	Dokončovací práce - obklady keramické	37 836,50	18 496,80	56 333,30
784	Dokončovací práce - malby a tapety	4 155,12	14 268,62	18 423,74

Celkem **1 755 479,40** **780 018,54** **2 535 497,94**

Jak je vidět, tak výsledná cena objektu ze stavebního systému HELUZ činí **2 535 497,94 Kč**. Stejně jak bylo probráno v předchozích dvou kapitolách, bude mě z prací HSV zajímat položka 311238746 - Zdivo nosné vnější tepelně izolační z cihel broušených HELUZ tl. 500 [mm] (viz příloha č.3).

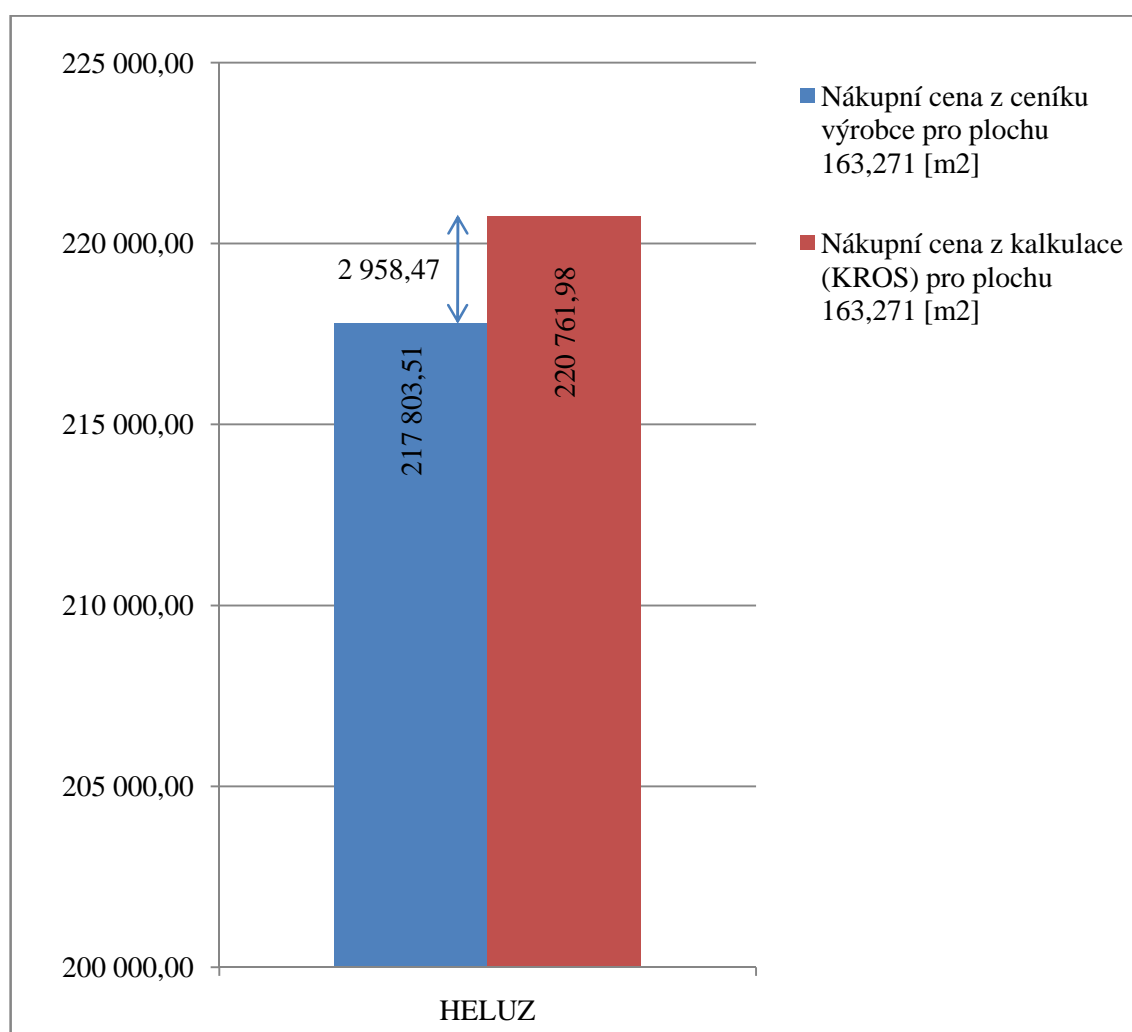
Při výběru stavebního systému jsem zjistil, že podle aktuálního ceníku HELUZ je cena za [m²] zdiva HELUZ Family broušené 1308,80 Kč. Následující řádek určuje nákupní

cenu zjištěnou z kalkulace (rozboru ceny položky). Tato cena je 1 352,12 Kč za [m²]. Pro zjištění celkové ceny byly tyto hodnoty vynásobeny plochou vnějšího nosného zdiva, která je **163,271 [m²]**. Tato výměra byla vypočtena při sestavování rozpočtu.

Tabulka 17 - Porovnání nákupní ceny materiálu HELUZ Family broušené.

Název	m ²	cena/m ²	cena celkem
Nákupní cena z ceníku výrobce	163,271	1 334,00	217 803,51
Nákupní cena z kalkulace (KROS)	163,271	1 352,12	220 761,98

Rozdíl mezi nákupní cenou, kterou jsem zjistil při výběru keramických bloků, a nákupní cenou zjištěnou z kalkulace není tak razantní. Jedná se o **rozdíl 2 958,47 Kč**, ten může být způsoben tím, že při výběru těchto cihel jsem neuvažoval s doplňkovými cihlami.



Graf 3 – Rozdíl celkové ceny materiálu vnějšího nosného zdiva systému HELUZ

7.4. Stanovení ceny stavebního objektu ze systému YTONG

Poslední rozpočet byl sestaven pro systém Ytong. Tento rozpočet je rozdílný v tom, že zde bylo použito kontaktní zateplení a s tím i jiné vnější omítky. Jaké vyšly ceny u jednotlivých oddílů HSV a PSV je uvedeno v následující rekapitulaci rozpočtu YTONG.

Tabulka 18 – Rekapitulace rozpočtu YTONG.

Kód	Popis	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	Práce a dodávky HSV	832 789,09	441 367,18	1 274 156,27
1	Zemní práce	7 984,50	22 602,04	30 586,54
2	Zakládání	109 566,98	9 684,01	119 250,99
3	Svislé a kompletní konstrukce	348 920,88	66 985,28	415 906,16
4	Vodorovné konstrukce	83 348,16	70 492,60	153 840,76
6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	276 218,98	187 518,59	463 737,57
8	Trubní vedení	924,88	483,12	1 408,00
9	Ostatní konstrukce a práce-bourání	5 824,71	107 311,63	113 136,34

PSV	Práce a dodávky PSV	1 006 084,79	368 400,45	1 374 485,24
711	Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	34 936,86	15 855,02	50 791,88
713	Izolace tepelné	153 449,64	15 865,14	169 314,78
725	Zdravotechnika - zařizovací předměty	47 580,00	3 798,85	51 378,85
762	Konstrukce tesařské	204 679,92	121 585,60	326 265,52
763	Konstrukce suché výstavby	31 733,27	45 063,17	76 796,44
764	Konstrukce klempířské	7 288,40	7 578,48	14 866,88
765	Konstrukce pokrývačské	96 613,51	52 472,08	149 085,59
766	Konstrukce truhlářské	269 850,93	36 889,18	306 740,11
771	Podlahy z dlaždic	21 717,73	7 379,64	29 097,37
775	Podlahy skládané	96 242,91	29 147,87	125 390,78
781	Dokončovací práce - obklady keramické	37 836,50	18 496,80	56 333,30
784	Dokončovací práce - malby a tapety	4 155,12	14 268,62	18 423,74

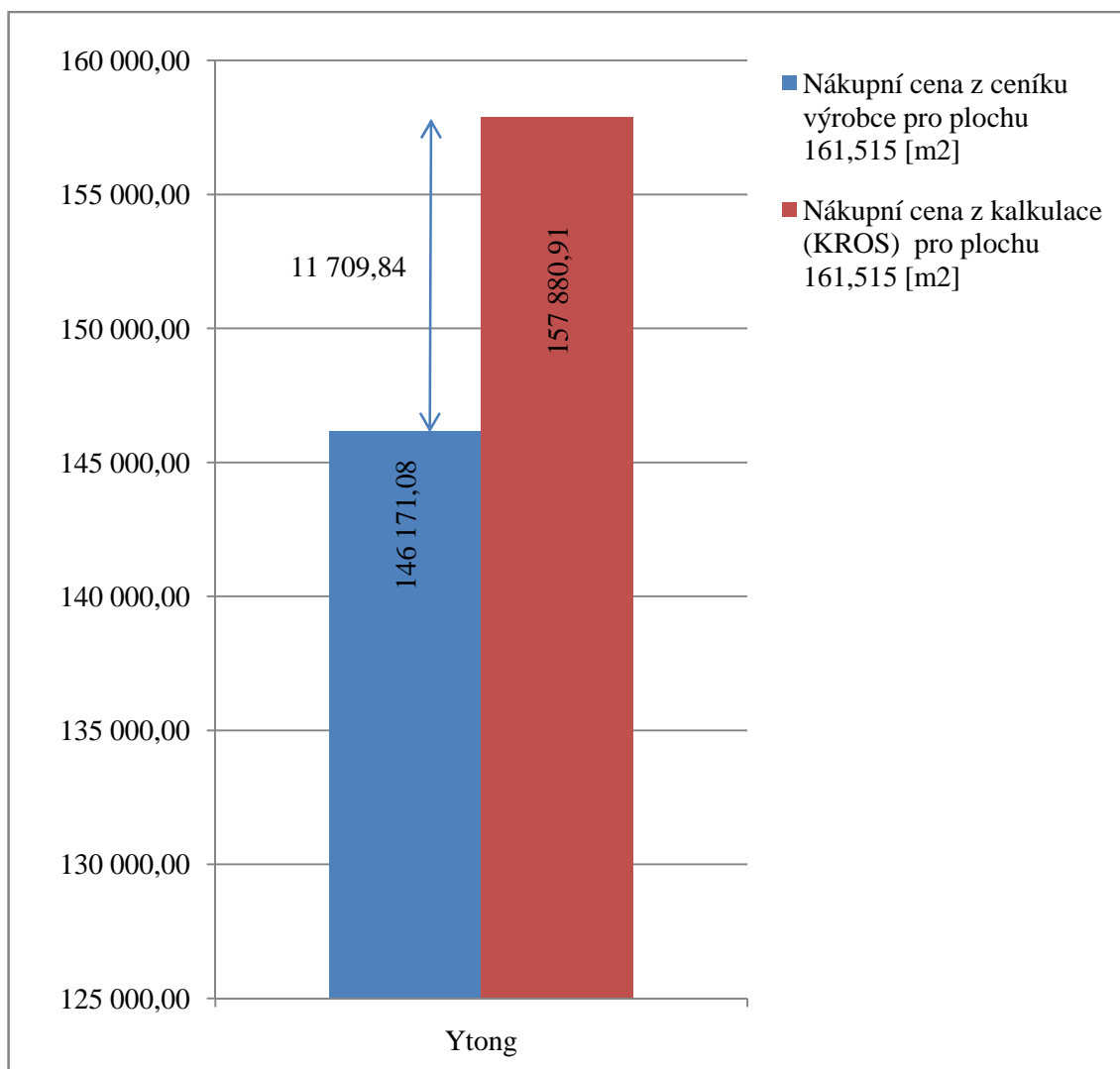
Celkem **1 838 873,88** **809 767,63** **2 648 641,51**

Cena objektu vystavěného systémem **Ytong** opatřeného **kontaktním zateplením** činí **2 648 641,51 Kč**. Z HSV Svislé a kompletní konstrukce jsem vybral z rozpočtu položku 341272632 - stěny nosné tl. 300 [mm] z pórabetonových přesných tvárnic

pro kterou jsem zjistil kalkulaci (rozbor ceny) této položky (viz příloha č.6). Protože cena v této položce je celková cena za jednotku. Jsou v ní tedy zahrnuty veškeré kalkulační náklady. Proto bylo potřeba zjistit z kalkulace nákupní cenu materiálu. Pro zjištění celkové ceny byly tyto hodnoty vynásobeny plochou vnějšího nosného zdiva, která je **160,931 [m²]**. Tato výměra byla vypočtena při sestavování rozpočtu ve výkazu výměr.

Tabulka 19 - Porovnání nákupní ceny materiálu přesných tvárníc YTONG

Název	m ²	cena/m ²	cena celkem
Nákupní cena z ceníku výrobce	161,515	905,00	146 171,08
Nákupní cena z kalkulace (KROS)	161,515	977,50	157 880,91



Graf 4 – Rozdíl celkové ceny materiálu vnějšího nosného zdiva systému YTONG

V předchozích kapitolách jsem ukázal, jak se od sebe liší **nákupní ceny materiálů** stanovené v kalkulaci programu KROS plus od **nákupních cen** uvedených v **ceníku**. Tyto rozdíly nejsou až tak výrazné, ale ukazuje to, že když provádím výpočet orientační ceny zdiva na [m²] je lepší počítat s větším množstvím.

8. Analýza ceny stavebního objektu

Při sestavování rozpočtu bylo hned jasné, že většina položek bude zůstat ve všech případech **stejná**. Protože se měnily mocnosti vnějšího nosného zdiva a vnitřní rozměry zůstávaly zachovány. Proto i když bylo řečeno, že vodorovné konstrukce zůstanou stejné a neměnné jejich výsledná cena je kvůli tomuto zvětšování v každém případě jiná. Položky, které jsou proměnné, jsou hlavně v části HSV. Přesněji jsou to: **1- Zemní práce; 2 - Zakládání; 3 - Svislé a kompletní konstrukce; 6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní.**

V části PSV je proměnná pouze jedna položka a to **713 – Izolace tepelné.**

Pokud se podíváme na kapitoly výše do Tabulek 12,14,16,18, v nichž jsou uvedeny rekapitulace rozpočtu, a postavili je vedle sebe, budou jednotlivé rozdíly hned jasné.

8.1. Zemní práce

U zemních prací byla největší cena za práce u systému WELOX. Protože se jedná o systém ztraceného bednění štěpkocementovými deskami, které se musí vzájemně k sobě ukotvit. Proto, aby kolem těchto základových konstrukcí byl dostatečný manipulační prostor, bylo nutné zřízení větších výkopů. Postupoval jsem zde podle doporučeného návrhu výrobce na řešení základů pro tento systém. Celková cena za zemní práce pro systém VELOX WS EPS PLUS tl. 420 [mm] **činní 42 935,00 Kč.**

Myslím si ale, že by se dal vyřešit i stejnou variantou, jako v následujících třech případech. Ty jsou řešeny pomocí hloubených rýh, do kterých je vybetonována základová patka opatřená extrudovaným polystyrénem (mocnosti viz projektová dokumentace u jednotlivých systémů). Jejich cena vyšla znatelně nižší. Pro systém

POROTHERM s kontaktním zateplením o celkové tloušťce 520 [mm] je cena zemních prací **34 429,55 Kč**. Je tedy druhá nejdražší, mimo jiné proto, že mocnost obvodového zdiva je zde největší.

Pro vnější nosné zdivo Ytong tl. 300 [mm] s kontaktním zateplením tl. 160 [mm] jsem cenu zemních prací vyhodnotil jako druhou nejlevnější. Překvapilo mě, že celková mocnost tohoto systému je 460 [mm] a přesto není tato práce na první pozici. Cena zemních prací činí **30 586,54 Kč**.

Zato u zdiva HELUZ Family broušené tl. 500 [mm] je tato cena absolutně nejmenší. Z důvodu větší mocnosti základu je hloubka základových pasů u tohoto zdiva menší o 100 [mm]. Proto jsou o něco menší i kubatury zeminy a tím je ovlivněna cena zemních prací. Ta je pro zdivo HELUZ Family **26 332,61 Kč**.

8.2. Základové konstrukce

Další položkou je **Zakládání**. Ta je úzce spjatá právě se zemními pracemi, protože podle výkopů je poté prováděna betonáž. Jenže aby bylo zabráněno prostupu tepla přes základovou konstrukci, je každá základová konstrukce řešena s dostatečným zateplením, aby se tomu zamezilo. Detaily a způsoby řešení jsem našel v podkladech pro projektování u výrobců. Nebo pokud se jedná o stavební systém s kontaktním zateplením, tak proběhne tepelná izolace kolmo do základové konstrukce. Jen se změní vlastnosti polystyrenu z fasádního EPS 70F na XPS. Přitom jejich mocnost zůstane stejná jako u fasády.

Pro zakládání jsou se společnou hodnotou **119 250,99 Kč** nejlevnější stavební systémy YTONG a POROTHERM, protože jejich mocnost zdiva je 300 [mm]. Jak jsem očekával, tak nejdražší zakládání má VELOX a HELUZ. Když pomínu menší rozdíl, tak je tato hodnota téměř stejná. Zakládání VELOX činí **129 937,68 Kč** a pro HELUZ **130 245,77 Kč**. Rozdíl mezi těmito systémy je **308,09 Kč**, což je zanedbatelná hodnota pro tuto práci.

8.3. Svislé a kompletní konstrukce

Nyní se podíváme na položku **Svislé a kompletní konstrukce**. Na začátku jsem vybral pro tyto konstrukce nejznámější dodavatele stavebních systémů. Jsou to již mnohokrát zmiňováni HELUZ, POROTHERM, VELOX, YTONG [8], [9], [10], [11]. U každého z těchto dodavatelů jsem hledal konstrukční materiály pro vnější nosné zdivo, které doporučují pro výstavbu pasivního rodinného domu. Jako první jsem si vybral výrobky HELUZ Family broušené tl. 500 [mm], u kterých výrobce udává, že součinitel prostu tepla je $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ [8]. Tím jsem položil podmínku, abych mohl srovnávat ostatní systémy, že i následující vybrané konstrukční materiály pro vnější nosné zdivo budou mít stejný součinitel prostupu tepla. Takže **součinitel prostupu tepla všech zvolených konstrukčních materiálů pro vnější nosné zdivo je $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$** .

V tabulkách 13,15,17,19 jsem uvedl nákupní ceny materiálů pouze pro vnější nosné zdivo na výměru obvodového zdiva pro každý systém podle projektové dokumentace. Cena v těchto tabulkách byla bez veškerých ostatních kalkulačních nákladů. V oddílu svislé a kompletní konstrukce je určena cena za veškeré svislé konstrukce v projektové dokumentaci i s dodávkou a montáží. Jsou zde zahrnuty příčky, vnitřní nosné zdivo, vnější nosné zdivo, překlady atd.

Celková cena svislých a kompletních konstrukcí:

HELUZ – 469 796,46 Kč

POROTHERM – 334 898,69 Kč

VELOX – 459 579,08 Kč

YTONG – 415 906,16 Kč

Zdivo Porotherm mezi těmito hodnotami zřetelně vede jako nejlevnější. Ostatní systémy jsou zhruba na stejné cenové úrovni. Pouze mne překvapuje systém Ytong, kde bych předpokládal cenu podobnou jako u systému Porotherm, protože mocnosti zdiva u obou těchto systému jsou stejné. Přitom VELOX se svojí složitostí skladby a montáže vychází oproti zdivu HELUZ téměř o 10 tis. lépe.

8.4. Vodorovné konstrukce a izolace tepelné

Oddíl 4 – Vodorovné konstrukce a 713 – Izolace tepelné nebudu představovat takto podrobně. Jejich hodnoty jsou sice trochu rozdílné, ale ty jsou způsobeny pouze tím, jak se u každého systému zvětšuje obvodový plášť budovy.

8.5. Kontaktní zateplení

Ovšem velice důležitý je oddíl 6 – Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní. V tomto oddílu najdeme vnitřní i vnější omítky a hlavně položky pro kontaktní zateplení. Které, jak za chvíli ukážu, **velice ovlivňují celkovou cenu stavby**. Pro systém VELOX a HELUZ jsou ceny v tomto oddílu poměrně stejné. Hlavně u systému VELOX jsem použil desky VELOX WS EPS PLUS, které již obsahují 200 [mm] tepelné izolace EPS. HELUZ oproti tomu nabízí tepelně izolační tvárnice Family broušené o tloušťce vnějšího nosného zdiva 500 [mm]. Proto cena pro VELOX činí **265 004,08 Kč** a pro HELUZ je cena **277 863,87 Kč**.

Kdežto u systémů PROTOHERM a YTONG bylo nutné, abych toto zdivo opatřil navíc **kontaktním zateplením** fasádním polystyrenem EPS 70F. Pro systém POROTHERM to jsou dvě vrstvy tepelné izolace o tloušťkách 120 [mm] a 100 [mm], protože tepelná izolace o tloušťce 220 [mm] je velice atypický rozměr. Pro systém YTONG to je pouze jedna vrstva kontaktního zateplení o tloušťce 160 [mm].

Cena tohoto oddílu pro systém POROTHERM činí **795 983,25 Kč**. Což je například oproti systému VELOX **třínásobek** jeho hodnoty za tyto práce. Je to způsobenou velkou mocností kontaktního zateplení, které bylo nutné, abych dodržel podmínku součinitele prostupu tepla $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Ovšem to ukazuje, že i příliš velké zateplení **není** již **ekonomické a výhodné**. Protože když se podíváme do oddílu svislých a kompletních konstrukcí, tak cena za zdivo POROTHERM tl. 300 [mm] byla absolutně nejmenší a to oproti ostatním s velkým rozdílem. Proto by bylo výhodnější pro kontaktní zateplení použít vnější nosné zdivo o tl. 440 [mm], které bude sice o něco dražší než zdivo POROTHERM tl. 300 [mm], ale oproti ostatním třem stavebním systémům bude i nadále nejlevnější (viz Tabulka 4). V následujícím výpočtu podle [6] je

názorně vypočítán součinitel prostupu tepla $U_{stěny}$ stěny včetně tepelné izolace tak, aby byla splněna podmínka pro hodnotu $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} ; R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} ; U_{tvárnice} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda \text{ Fasádního polystyrenu} = 0,039 \text{ W/mK}$$

$$R_t = R_{si} + R_{se} + d/\lambda + 1/U_{tvárnice}$$

$$R_t = 0,13 + 0,04 + 0,13/0,039 + 1/0,28 = 7,0747 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{stěny} = 1/R_t = 1/7,0747$$

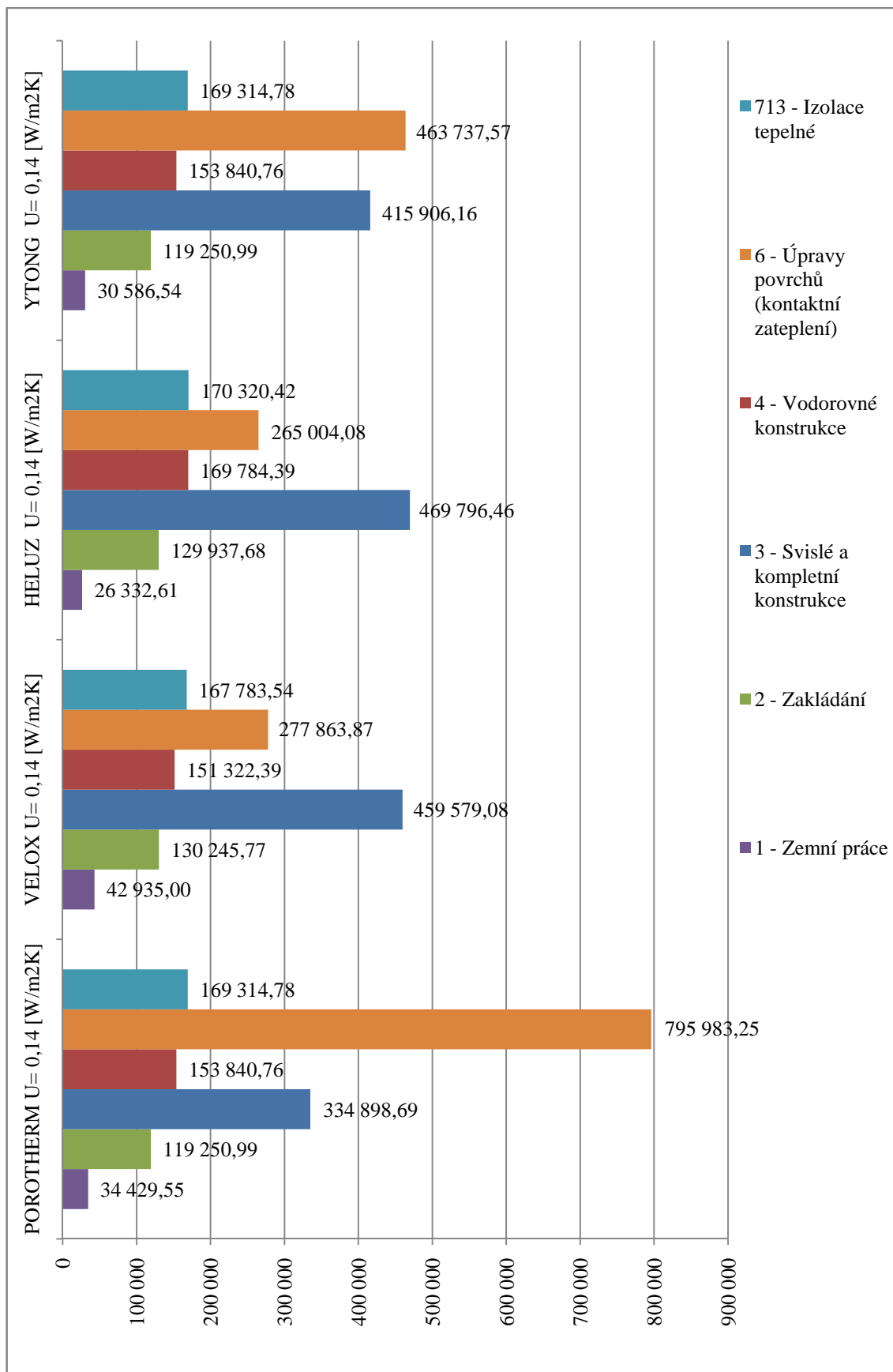
$$U_{stěny} = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tl. tepelné izolace EPS 70 F = 130 mm

Abych dosáhl hodnoty součinitele prostupu tepla $U = 0,14 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ musela by být tvárnice POROTHERM tl. 440 [mm] opatřena kontaktním zateplením o tloušťce 130 [mm]. Celková mocnost vnějšího nosného zdiva by tak byla 570 [mm]. Tím bych získal jednovrstvé kontaktní zateplení a cena toho oddílu by znatelně klesla na podobnou hodnotu jako pro systém YTONG.

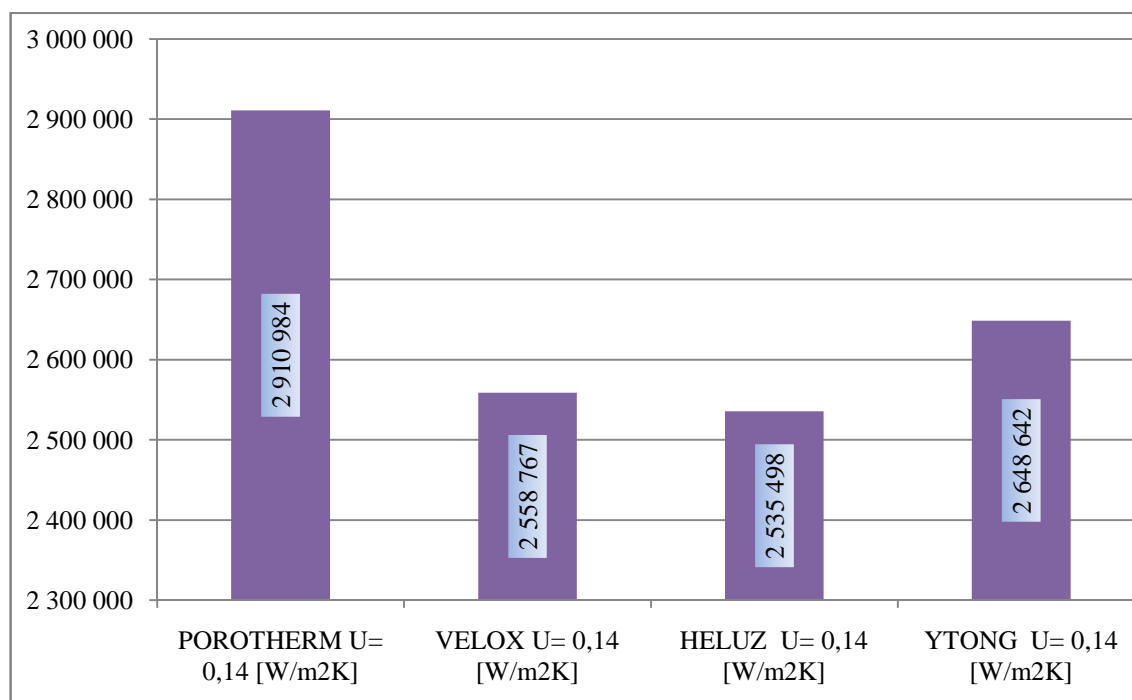
Pro vnější nosné zdivo YTONG tl. 300 [mm] je cena oddílu úpravy povrchů, podlah a osazování výplní **463 737,57 Kč**. Což je **1,7 násobek** hodnoty, která vyšla pro systém VELOX. Jasně to ukazuje, že kontaktní zateplení je nákladná dodávka, která by se měla v každém případě zvážit. Z mého hlediska bych radši volil konstrukční materiál pro vnější nosné zdivo, který bych již **nemusel** takto opatřovat kontaktním zateplením, když vidím, jaký zásadní vliv to má na cenu.

Pro názornou představu zmiňovaných oddílů a jejich cen pro jednotlivé stavební systémy je vytvořen Graf 4. Ve které je jasně vidět, které hodnoty převažují nad ostatními a již už můžu dopředu vidět, který stavební systém bude z těch čtyř zkoumaných jako nejdražší.



Graf 5 – Proměnné hodnoty HSV a PSV posuzovaných stavebních systémů

9. Celková cena stavebních objektů a vzájemné porovnání



Graf 6 – Celkové ceny stavebních objektů

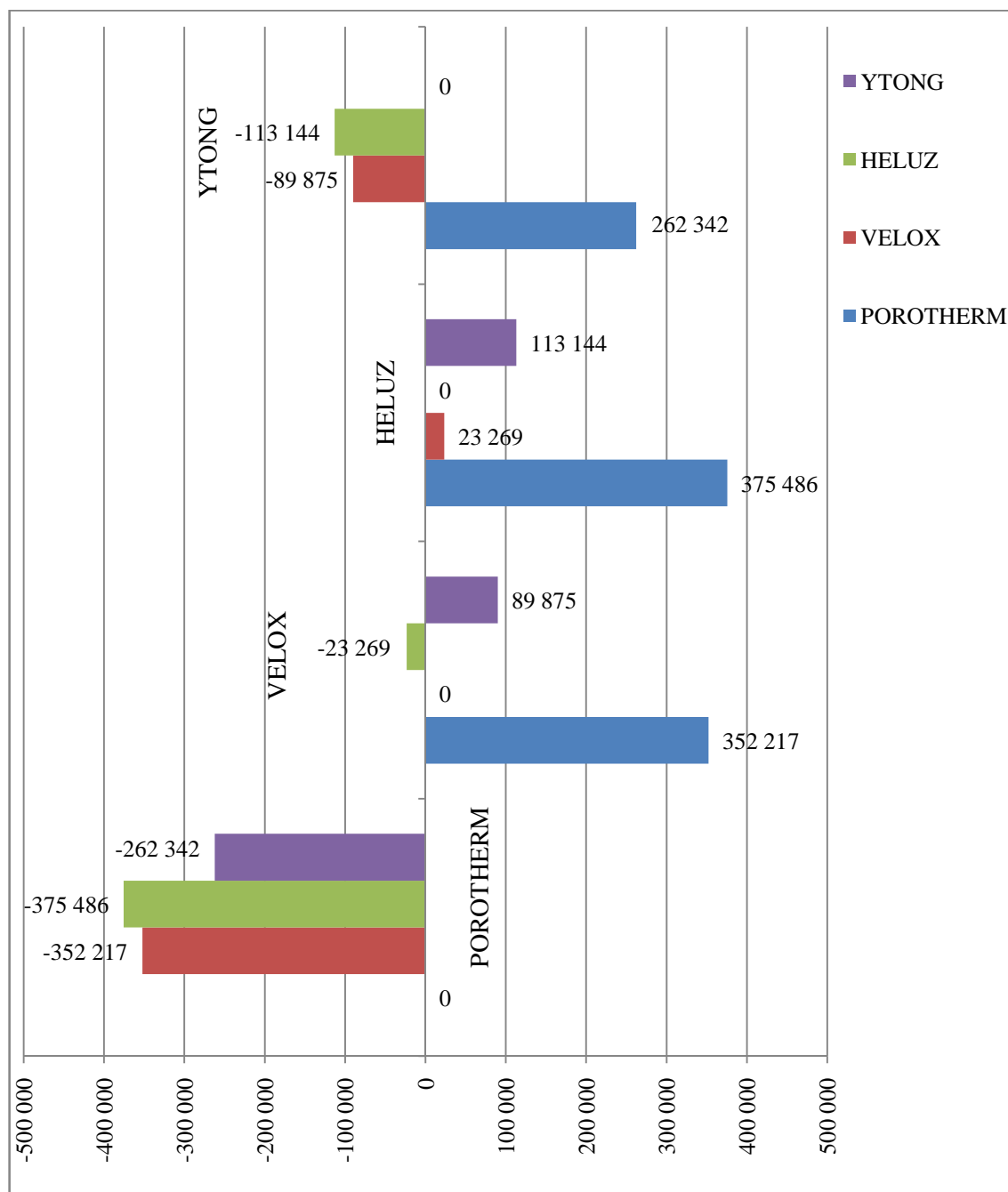
Tabulka 20 – Výsledné celkové ceny stavebních objektů

	POROTHERM	VELOX	HELUZ	YTONG
U [W/m²K]	0,14	0,14	0,14	0,14
tl. kce [mm]	520	420	500	460
Cena celkem	2 910 984	2 558 767	2 535 498	2 648 642

V této tabulce jsou zobrazeny výsledné ceny ze sestavených rozpočtů. Jak je vidět, tak stavební systém POROTHERM s kontaktním zateplením je nejdražší variantou a to s největším rozdílem oproti ostatním. Hned za ním je s rozdílem **262 343 Kč** systém YTONG. A jako nejlevnější jsou systémy VELOX a HELUZ které mají mezi sebou rozdíl na celkové ceně stavebního objektu pouhých **23 269 Kč**. Kombinace rozdílů mezi jednotlivými systémy jsou znázorněny v následující tabulce a grafu.

Tabulka 21 – Kombinace rozdílů celkových cen stavebního objektu

	POROTHERM	VELOX	HELUZ	YTONG
Cena	2 910 984	2 558 767	2 535 498	2 648 642
POROTHERM	0	352 217	375 486	262 342
VELOX	-352 217	0	23 269	-89 875
HELUZ	-375 486	-23 269	0	-113 144
YTONG	-262 342	89 875	113 144	0



Graf 7 - Kombinace rozdílů celkových cen stavebního objektu

10. Závěr

Jak je vidět, tak výrobci nabízejí na trhu produkty pro vnější nosné zdivo, kterými jsou schopni nabídnout **kvalitu moderního bydlení**, a přitom je využíváno zděného systému. Neustále vidím různé novostavby a rozestavěné hrubé stavby, které jsou stavěny pomocí zděného systému POROTHERM [9], YTONG [11] nebo HELUZ [8] a následně jej dodatečně opatřují tepelnou izolací. Přitom cena kontaktního zateplení velice zvyšuje náklady na cenu stavebního objektu. Pro starší objekty a rekonstrukce je kontaktní zateplení jistě výhodné a užitečné, ale pro výstavbu nového rodinného domu, bych tuto variantu s ohledem na výsledky rozpočtů jednotlivých stavebních systémů **nedoporučoval**. Jsou zde další možnosti a výrobky, které je možné použít. Například keramické tvárnice vyplněné minerální vatou Porotherm T Profi, tvárnice Ytong Theta a Lambda. Já jsem v této práci představil jejich obdobné konkurenty a to **systém ztraceného bednění Velox WS EPS Plus** a tepelně izolační tvárnice **Heluz Family broušené**. Jak bylo ve výsledku zřejmé, tak tyto dva systémy byly nejlevnější. Přitom zdění z cihelných bloků je určitě nejjednodušší varianta. Od systému Velox mne trochu odrazuje jistá pracnost tohoto systému [10]. Kdy nosným prvkem který je sevřen mezi štěpkocementovými deskami je železobetonová zeď. Hlavně pro větší stavby a objekty zde bude hrát velkou roli cena betonu, kterého je zde zapotřebí opravdu velké množství. Samozřejmě investora ve výsledku bude zajímat celková cena a byl by rozhodně překvapen, že u mnou zkoumaného případu systému Porotherm opatřeného kontaktním zateplením zaplatí za kontaktní zateplení větší hodnotu než za zdivo pro svislé konstrukce. I když je zděný systém HELUZ tradiční a veřejností oblíbený, a vyšel mi v této práci jako **nejlevnější**. Volil bych variantu přesných tvárníc **Ytong s kontaktním zateplením**. Rozdíl ceny mezi těmito systémy je **113 144 Kč**, což je způsobeno použitím kontaktního zateplení. Tento rozdíl z hlediska ceny za celý stavební objekt není tak razantní. Výsledná tloušťka vnějšího nosného zdiva je menší - 460 [mm], oproti zdivu Heluz Family broušené s tl. 500 [mm]. **Nevýhodou** tvárníc Ytong je jejich vysoká nasákavost. Výrobce uvádí i vyšší tepelný odpor než u keramických tvárníc Heluz (Porotherm) stejné tloušťky. Ale tyto vlastnosti jsou zkoušeny v laboratorních podmínkách a skutečnost na stavbě bývá pokaždé jiná. A ne vždy jsme schopni zabránit vniknutí vody do zdiva, například při betonáži věnců, železobetonových stropů nebo při vytrvalém dešti na hrubou stavbu. **Výhodou**, kterou je ale třeba také zmínit je vedení

instalací ve zdivu. Ytong je přesná a lehká tvárnice, která se snadno zařezává a proto je vedení instalací v ní pohodlné a je možné vyříznout přesné drážky. Což u keramických tvárnic není zrovna výhodné, protože dochází při vyřezávání k většímu poškození kvůli křehkosti cihelných bloků. Dále se tímto **oslabuje mocnost konstrukce** a tím i tepelný odpor vnějšího nosného zdiva. Proto, když je obvodový plášť budovy opatřen kontaktním zateplením, nebude vytvoření drážek v tomto systému mít tak radikální dopad na snížení prostupu tepla konstrukcí v místě oslabení. Nedojde tím k vytvoření tak výrazných tepelných mostů jako u variant bez kontaktního zateplení. Tvárnice Ytong mají součinitel prostupu tepla ve všech směrech stejný, ale keramické tvárnice mají jiné vlastnosti ve svislém a vodorovném směru. **Jako nejvhodnější mi proto připadá použití varianty z přesných tvárnic Ytong tl. 300 [mm] opatřených kontaktním zateplením EPS 70F tl. 160 [mm].**

11. Seznam použitých zdrojů

- [1] TICHÁ, A., MARKOVÁ, L., PUCHÝŘ, B. *Ceny ve stavebnictví I*. Brno: ÚRS s.r.o., 1999
- [2] *Testy z účetnictví* [online], [cit. 5.5.2014]. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.testyzucetnictvi.cz/> >
- [3] TICHÁ, A., TICHÝ, J., VYSLOUŽIL, R. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě Díl I Část A- příklady k řešení*. VUT FAST: CERM s.r.o., 2008
- [4] TICHÁ, MARKOVÁ, VYSTAVIL. *Ceny ve stavebnictví II – vzorový rozpočet*. Brno: ÚRS s.r.o., 2000
- [5] *Centrum pasivního domu* [online], [cit. 8.5.2014]. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.pasivnidomy.cz/> >
- [6] ČSN 73 0540 *Tepelná ochrana budov*. Praha: ÚNM. 2011
- [7] SMOLA, J. *Stavba rodinného domu krok za krokem*. GRADA PUBLISHING a.s., 2007
- [8] *Technická příručka pro projektanty a stavitele*. HELUZ cihlářský průmysl v.o.s., 2013
- [9] HORSKÝ, A., PETRÁŠEK, I., ŠULISTA, R. *Podklady pro navrhování*. Wienerberger cihlářský průmysl, a.s. 2014
- [10] FRYDYCH, P. *Podklady pro projektování a realizaci staveb*. VELOX-VERK s.r.o., 2012
- [11] *Stavební materiál pro stavbu i rekonstrukce* [online], [cit. 9.5.2014]. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.ytong.cz/> >

12.Seznam použitých zkratek a symbolů

atd.	a tak dále
DPH	daň z přidané hodnoty
EPS	pěnový (expandovaný) polystyren
HSV	hlavní stavební výroba
HZS	hodinové zúčtovací sazby
Kč	korun českých
ks	kus
PSV	pomocná (přidružená) stavební výroba
souč.	součinitel
tep.	tepla, tepelný
tl.	tloušťka
tzv.	takzvaný
ÚRS	ústav racionalizace ve stavebnictví
vodiv.	vodivost
VRN	vedlejší rozpočtové náklady
XPS	extrudovaný polystyren
ZRN	základní rozpočtové náklady

13.Seznam příloh

Příloha č.1	Technická zpráva
Příloha č.2	Projektová dokumentace
Příloha č.3	Rozpočet stavebního díla Heluz
Příloha č.4	Rozpočet stavebního díla Porotherm
Příloha č.5	Rozpočet stavebního díla Velox
Příloha č.6	Rozpočet stavebního díla Ytong
Příloha č.7	Ceníky výrobců

14.Přílohy