



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ  
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

## POŘIZOVACÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY VYBRANÉHO STAVEBNÍHO OBJEKTU

ACQUISITION AND OPERATING COSTS OF A SELECTED BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Tereza Janků

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. ALENA TICHÁ, Ph.D.

BRNO 2018





## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T038 Management stavebnictví (N)
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tereza Janků
Název	Požizovací a provozní náklady vybraného stavebního objektu
Vedoucí práce	doc. Ing. Alena Tichá, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018
V Brně dne 31. 3. 2017	

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



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

## PODKLADY A LITERATURA

1. Tichá A., Marková L., Puchýř B.: Ceny ve stavebnictví I, URS s.r.o., Brno 1999
2. Tichá A. a kol.: Rozpočtování a kalkulace ve stavební výrobě, díl I, CERM, 2004
3. Marková a kol.: Rozpočtování ve stavební výrobě, díl II CERM 2004
4. Software pro kalkulace ve stavební výrobě
5. ÚRS Praha: Rozpočtování a oceňování stavebních prací, 2016
6. Software pro navrhování stavebního díla

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce bude stanovit pořizovací a vybrané provozní náklady na konkrétním stavebním objektu.

Rámcová osnova:

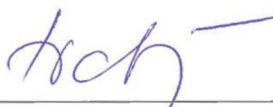
1. Úvod
2. Základní pojmy
3. Popis a charakteristika konkrétního stavebního objektu
4. Pořizovací náklady stavebního objektu
5. Provozní náklady se zaměřením na vytápění
6. Vyhodnocení
7. Závěr
8. Publikční zdroje

Výstupem práce bude vyhodnocení a porovnání pořizovacích a provozních nákladů na vybraném stavebním objektu.

## STRUKTURA 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).



---

doc. Ing. Alena Tichá, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce



## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá jak pořizovacími tak i provozními náklady. Nejdříve jsme v rozpočtovacím programu zjistili cenu celého objektu a i dílčích částí. Dílčí rozpočty byly vypracovány pouze pro určité materiály, které jsme následně měnili a zjišťovali jsme, jaký rozdíl vzniká u tepelné ztráty a s tím související pořizovací ceny. Následně jsme určovali vzniklé tepelné ztráty jednotlivých místností, dle kterých byla navrhována otopná tělesa. Součtem skutečných výkonů otopných těles, pro námi navržený teplotní spád, jsme zjistili potřebný výkon kotle. Dále byly určeny pořizovací náklady na otopnou soustavu zahrnující jak kotel, tak i otopná tělesa. Nakonec jsme porovnali oba druhy vytápění, u kterých jsme hodnotili provozní náklady na jeden rok. Dané výsledky byly vyhodnoceny a dle jejich číselných vyjádření byl určen systém, který je pro danou stavbu ekonomicky nejefektivnější.

## **Klíčová slova**

Stavba, stavební materiál, pořizovací náklady, provozní náklady, rozpočet, tepelná ztráta, otopná tělesa, kotel, ekonomická efektivnost.

## **Abstract**

This Diploma Thesis is focused on initial and operating costs. At first we calculated price for all building and for its other parts, which was calculated by program used for budgeting. After that we calculated partial costs which were done only for specific parts of the construction. These parts were changed and due to these changes we were finding out differences in heat losses and initial costs. Than for individual rooms we were defining heat losses. In this rooms, radiators were designed to cover its heat losses. By summarization of all heat gains we find out boiler's power and this boiler was used in our building. After that we calculated initial costs for heating system includes radiators and boiler. In the end we compared both kinds of heating systems due to one year operating costs. Results were used for defining final heating system which is the most economic efficient.

## **Key Words**

Building, building materials, initial costs, operating costs, budget, heat loss, radiators, boiler, economic efficiency.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Tereza Janků *Pořizovací a provozní náklady vybraného stavebního objektu*. Brno, 2018. 54 s., 60 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce doc. Ing. Alena Tichá, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2018

---

Bc. Tereza Janků  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2018

---

Bc. Tereza Janků  
autor práce

**Poděkování:**

Děkuji své vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleně Tiché, Ph.D. za ochotu, užitečné rady a věnovaný čas. Dále bych chtěla poděkovat firmě MTG stavby s.r.o. za spolupráci i poskytnutý materiál. Také Ing. Karolíně Vyhlídalové chci poděkovat za poskytnuté rady a čas, který mi věnovala.

V Brně dne 11. 1. 2018

.....  
podpis autora  
Tereza Janků



## Obsah

1	Úvod.....	14
2	Základní pojmy .....	15
2.1	Ekonomické pojmy.....	15
2.1.1	Náklady .....	15
2.1.2	Náklady na pořízení stavby.....	15
2.1.3	Náklady na užívání.....	16
2.1.4	Rozpočet.....	16
2.1.5	Životní cyklus .....	16
2.1.6	Výstavbový projekt .....	17
2.2	Technické pojmy .....	17
2.2.1	Stavba.....	17
2.2.2	Obálková metoda (předběžná metoda).....	17
2.2.3	Tepelné ztráty (přesnější metoda) .....	18
2.2.4	Tepelná ztráta prostupem tepla a větráním .....	18
2.2.5	Součinitel prostupu tepla U.....	18
2.2.6	Otopná tělesa.....	19
2.2.7	Kotel.....	19
3	Popis rodinného domu LION 3 .....	20
3.1	Obvodový plášť .....	21
3.2	Střecha .....	22
3.3	Podlaha v přízemí .....	22
4	Rozpočet.....	23
4.1	Celkový rozpočet.....	23
4.2	Dílčí rozpočty .....	24
4.2.1	Systém Porotherm 40 .....	25
4.2.2	Systém Porotherm 38 .....	26
4.2.3	Systém Ytong.....	28
5	Tepelné ztráty.....	30
5.1.	Součinitel prostupu tepla U .....	30
5.2.	Obálková metoda.....	31
5.3.	Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla .....	33
5.2.1.	Součinitel tepelné ztráty $H_V$ .....	34
5.2.2.	Součinitel tepelné ztráty $H_N$ .....	34
5.2.3.	Součinitel tepelné ztráty $H_Z$ .....	35

5.2.4.	Součinitel tepelné ztráty $H_{VYT}$ .....	35
5.4.	Výpočet tepelných ztrát větráním.....	36
5.5.	Výpočet celkové tepelné ztráty .....	37
6	Vytápění .....	39
6.1.	Otopná tělesa .....	39
6.2.	Kotle .....	40
6.2.1	Plynový kotel .....	41
6.2.2	Elektrický kotel .....	43
7	Porovnání .....	45
7.1.	Návratnost .....	47
8	Závěr .....	48
9	Seznam použité literatury.....	50
10	Seznam použitých obrázků a tabulek.....	52
11	Seznam příloh .....	54





# 1 Úvod

V dnešní době si každý všímá financí, a to nejen při pořizování nového zařízení do domácnosti nebo koupi automobilu, ale především při investování do nemovitostí. Nejedná se pouze o pořizování domu, trendem dnešní doby je snižování provozních nákladů na teoretické minimum nehledě na prvotní investice při výstavbě. Tyto ceny jsou ovšem velmi vysoké a není snadné říci, zda tato ekonomická efektivnost nebude v delším časovém horizontu spíše na obtíž. V takovém případě bychom mohli zbytečně proinvestovat nemalé finance, než bychom se mohli z uspořené peněží těšit.

Cílem této diplomové práce bude tedy zhodnotit rodinný dům od firmy MTG stavby s.r.o. z pohledu změny stavebních materiálů. Ten bude hodnocen převážně z hlediska pořizovacích nákladů, ale poté i podle jeho izolačních vlastností. Nejprve se bude jednat o materiál, který tato firma navrhl, a následně bude zaměřen na materiály vhodnější z pohledu tepelných ztrát.

V dalším kroku budou zjištěny tepelné ztráty pro celý dům, které budou hrát důležitou roli pro porovnání různých druhů vytápění. Pro porovnání bude vybrán a hodnocen vždy jeden typ ze dvou druhů vytápění samostatně. Jedná se o vytápění plynem a elektrickou energií.

Pro daný rodinný dům bude samozřejmě navržena otopná soustava. Protože správným výběrem otopných těles můžeme přinejmenším napomoci optimalizaci provozních nákladů domu.

Závěrem této diplomové práce bude hodnocen dopad zvoleného materiálu, otopné soustavy a samozřejmě způsobu vytápění. To vše z dlouhodobějšího pohledu na ekonomickou efektivnost stavby. Nakonec bude vybrána varianta, jež bude teoretickým ideálním průnikem mezi provozními a pořizovacími náklady.

## 2 Základní pojmy

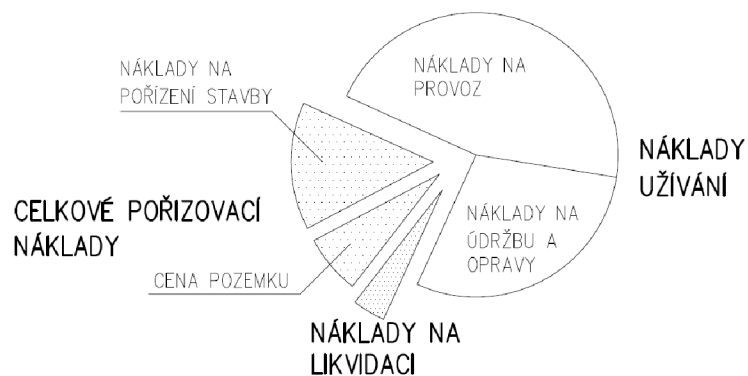
Tyto pojmy budeme brát ze dvou hledisek, jak z ekonomického tak i z technického. Z ekonomické strany to budou pojmy jako náklady, náklady na pořízení stavby, náklady na užívání, rozpočet, životní cyklus a výstavbový projekt. Z technické to budou termíny jako stavba, obálková metoda, tepelné ztráty, tepelná ztráta prostupem tepla a větráním, součinitel prostupu tepla, otopná tělesa a kotel.

### 2.1 Ekonomické pojmy

#### 2.1.1 Náklady

Jednou z podmínek úspěšného projektu je navrhnout a dokončit stavbu a umožnit její provoz za správných ekonomických podmínek (co nejnižší náklady za dosažení maximálního zisku). [1]

Souhrnné náklady stavby jsou: náklady na pořízení, cena pozemku, náklady na užívání, popřípadě náklady na likvidaci. Viz obrázek číslo 1. Co se týká nákladů na likvidaci, obvykle se zahrnují do nákladů dalšího výstavbového projektu. [1]



Obr. č. 1. Struktura souhrnných nákladů výstavbového projektu[1]

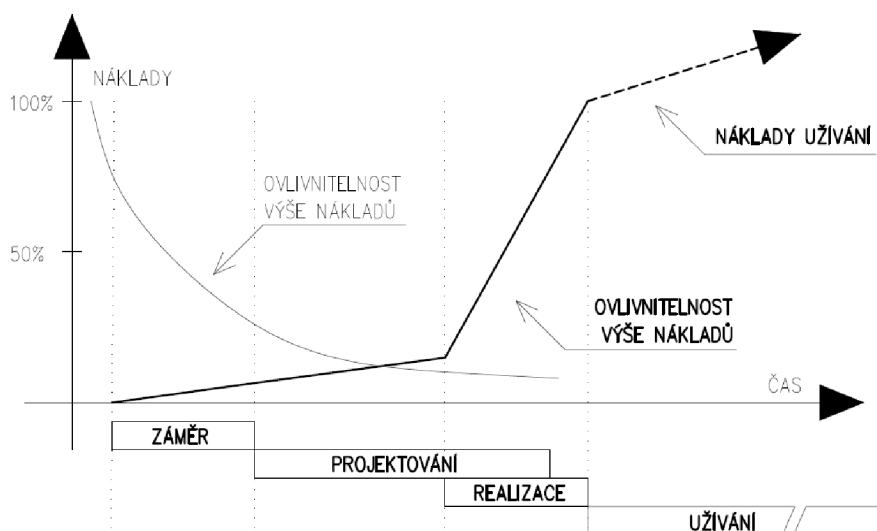
#### 2.1.2 Náklady na pořízení stavby

Neboli pořizovací náklady, vznikají v jednotlivých fázích výstavbového projektu. Jádrem nákladů na pořízení stavby je cena za zhotovení stavby. Od ní se obvykle odvozuje cena projektových prací, inženýrských služeb a další skupiny nákladů. [1]

Hlavní skupiny nákladů na pořízení stavby jsou:

- náklady na marketingové a jiné průzkumy
- náklady na organizaci a řízení výstavbového projektu
- náklady na pojištění, daně, cla a jiné poplatky
- náklady na inženýrské služby a konzultační činnosti
- náklady na projektové práce (studie, zaměření, projekt stavby a jiné)
- náklady na zhotovení stavby
- náklady na uvedení do provozu
- náklady na finanční reverzu. [1]

Průběh pořizovacích nákladů v jednotlivých fázích výstavbového projektu a stupeň možnosti ovlivnění jejich výše je uvedena viz obrázek číslo 2. Maximum pořizovacích nákladů se čerpá ve fázi realizace. Možnosti jejich ovlivnění je naopak největší ve fázi záměru a projektování. Jednou z cest ke snižování pořizovacích nákladů je zpracování více variant řešení projektu stavby, z nichž se volí optimální. Ve fázi záměru, na základě plánování času a odhadu potřebných zdrojů a prostředků, se stanovují plánované pořizovací náklady a plánované náklady užívání stavby. [1]



Obr. č. 2. Průběh pořizovacích nákladů [1]

### 2.1.3 Náklady na užívání

Tyto náklady vznikají při provozu stavby. Lze je rozdělit na náklady pro provoz a náklady na údržbu a opravy stavby.

Do nákladů na provoz patří: náklady na správu (úklid, střežení stavby, atd.), náklady na energii (elektřina, teplo, voda atd.), ekologické náklady (odvody, pokuty aj.), daně z nemovitostí a poplatky, odpisy počítatelné z pořizovací ceny stavby, úroky z vypůjčeného kapitálu. [1]

### 2.1.4 Rozpočet

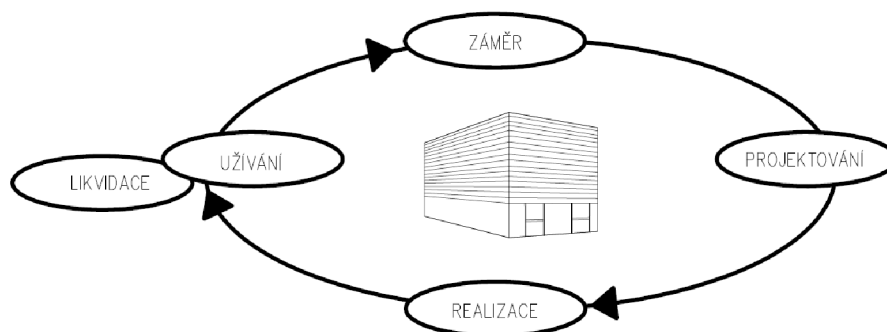
Je cena skladebně oceněných konstrukčních prvků. Rozpočet je nejrozšířenějším typem ceny. Struktura závisí především na účelu (pro dodavatele, investora a pro smluvní sjednání), na míře podrobnosti dokumentace stavby (stavební objekt; technologická etapa; skupinový prvek jako například práce HSV a PSV atd.; konstrukční prvek jednotkový, což je stavební práce) a na použitých oceňovacích podkladech (vlastní, převzaté). [2]

### 2.1.5 Životní cyklus

Životní cyklus stavby je časové období od myšlenky, kdy si chceme stavbu pořídit, až po samotnou likvidaci objektu.

Zahrnuje tyto fáze: vznik myšlenky, posléze záměr, plánování výstavby a navrhování stavby – tj. projektování v širším významu, realizace a užívání (opravy;

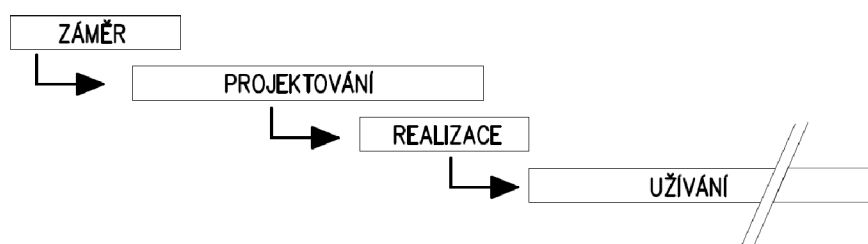
údržba; popřípadě rekonstrukce, modernizace, nástavba, přestavba, vestavba a částečná demolice). Poslední fází životního cyklu stavby je likvidace (dožití a úplná demolice stavby). Viz obr. č. 3. [3]



Obr. č. 3. Fáze životního cyklu stavby [1]

### 2.1.6 Výstavbový projekt

Tento projekt je právě proces přeměny myšlenky v hmotný objekt (stavbu). Zahrnuje celý komplex činností, které je nutno plánovat, organizovat, financovat, kontrolovat a vyhodnocovat (řídit). Výstavbový projekt má totožné fáze jako životní cyklus. Viz obrázek číslo 4. [1]



Obr. č. 4. Fáze výstavbového projektu[1]

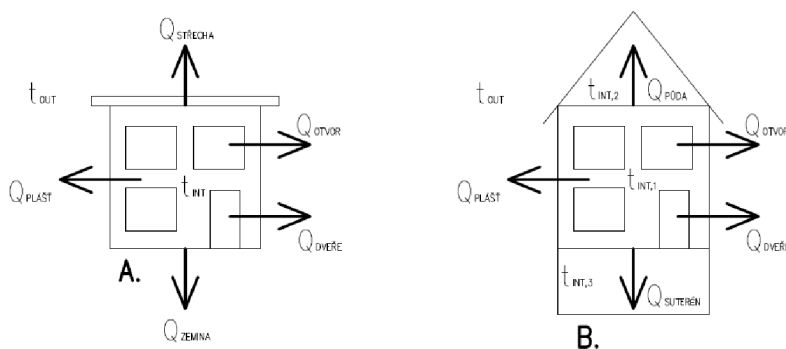
## 2.2 Technické pojmy

### 2.2.1 Stavba

Za stavbu se považují veškerá stavební díla, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, účel a dobu trvání. Stavby mohou být trvalé nebo dočasné. [3]

### 2.2.2 Obálková metoda (předběžná metoda)

Tato metoda slouží k orientačnímu určení potřeby tepla pro vytápění celého objektu. Tepelná ztráta se stanovuje pro konstrukce vymežující obálku budovy na hranici vnitřního a vnějšího prostředí. Obálka je tvořena obvodovými stěnami, výplněmi otvoru, střechou a podlahou na zemině. Viz obrázek č. 5. [6]



A. NEPODSKLEPENÝ OBJEKT S PLOCHOU STŘECHOU  
 B. OBJEKT S NEVYTÁPĚNÝM SUTERÉNEM A PŮDNÍM PROSTOREM

Obr. č. 5. Vymezení obálky objektu [6]

### 2.2.3 Tepelné ztráty (přesnější metoda)

Prvním krokem před návrhem otopného systému je výpočet tepelných ztrát stavby. Jde o vyčíslení tepelných toků, které se předávají z vytápěných místností do chladnějšího okolního či vnějšího prostředí. Pro návrh otopných těles je potřebný přesný výpočet tepelných ztrát popřípadě tepelných zisků každé jednotlivé místnosti v budově. Jejich součtem pak získáme celkovou tepelnou ztrátu objektu. Tepelná ztráta se stanovuje pro nejnižší výpočtovou venkovní teplotu v zimním období, jde tedy o množství tepla, které musí otopná soustava dodat do místností, aby v nich i za těchto podmínek mohla být zajištěna návrhová nebo výpočtová teplota.

Pro výpočet tepelných ztrát jsou potřebné tyto údaje: technická zpráva (místo stavby, ...), projektová dokumentace (půdorysy, řezy, skladby, účel místností, ...), tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů. [6]

Tepelná ztráta určená pro vytápění je okamžitá hodnota tepelné energie (přesněji tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla a větráním. [7]

### 2.2.4 Tepelná ztráta prostupem tepla a větráním

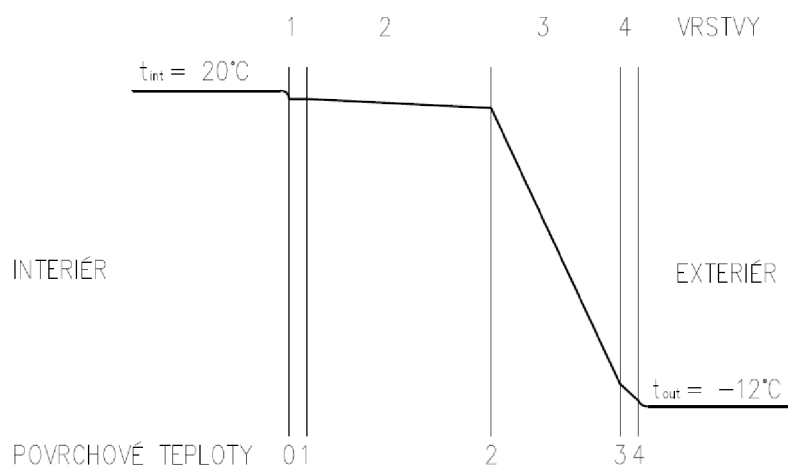
Tepelná ztráta prostupem tepla je dána tepelně technickými vlastnostmi materiálu a určuje množství tepla, jež se předává (prostupuje) mezi dvěma prostředími s různou hladinou energie, tzn. mezi chladnějším a teplejším prostředím a naopak.

Tepelná ztráta větráním určuje množství tepla nutné k ohřátí venkovního vzduchu na teplotu v místnosti. Je dána množstvím vzduchu nutným pro zajištění buď hygienického minima, nebo minimální výměny vzduchu v místnostech.

### 2.2.5 Součinitel prostupu tepla U

Stanovení součinitele prostupu tepla je důležité pro zdárné dokončení výpočtu tepelných ztrát. Součinitel prostupu celou konstrukcí se stanovuje jako převrácená hodnota součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce, viz obr. č. 6.

Udává množství tepla procházející z jednoho prostředí do druhého, plochou jednoho metru čtverečního, potřebné pro ohřátí daného prostředí o jeden stupeň Celsia resp. jeden Kelvin.



Obr. č. 6. Graf průběhu teplot v konstrukci [8]

### 2.2.6 Otopná tělesa

Spotřebič na konci otopné soustavy, kterým se předává teplo do místnosti, se nazývá otopné těleso.

K vytápění jednotlivých místností se používá otopných těles. Základní rozdělení je na konvekční (článeková desková, trubková, konvektory), sálavé otopné plochy (podle umístění např. podlahové, stěnové a stropní), teplovzdušné jednotky a lokální topidla (přímotopná akumulární, hybridní elektrická topidla nebo topidla na plyná, kapalná nebo pevná paliva).

Volba typu těles vychází z tepelných ztrát, druhu a parametru teplotnosné látky, ale také z provozních potřeb objektu, nároků na interiér, konstrukčního provedení místnosti a samozřejmě také na přání a finančních možností investora. Vhodně navržené, umístěné a v souladu s otopnou soustavou dimenzované otopné těleso je jedním z předpokladů k zajištění tepelné pohody místnosti a funkční regulace celé soustavy. [9]

### 2.2.7 Kotel

Zařízení, ve kterém se spaluje palivo a ohřívá teplotnosná látka, se nazývá kotel. Volba kotle je ovlivněna nejen možností jeho umístění, ale také druhem paliva, odvodu spalin, větráním prostoru nebo přívodem vzduchu pro spalování, velikostí a druhem otopného systému, řešením ohřevu teplé vody, atd. Kotle jako zdroj tepla se dají dělit podle druhu paliva na plynové, kapalné a tuhé, popřípadě elektrokotle. [10]

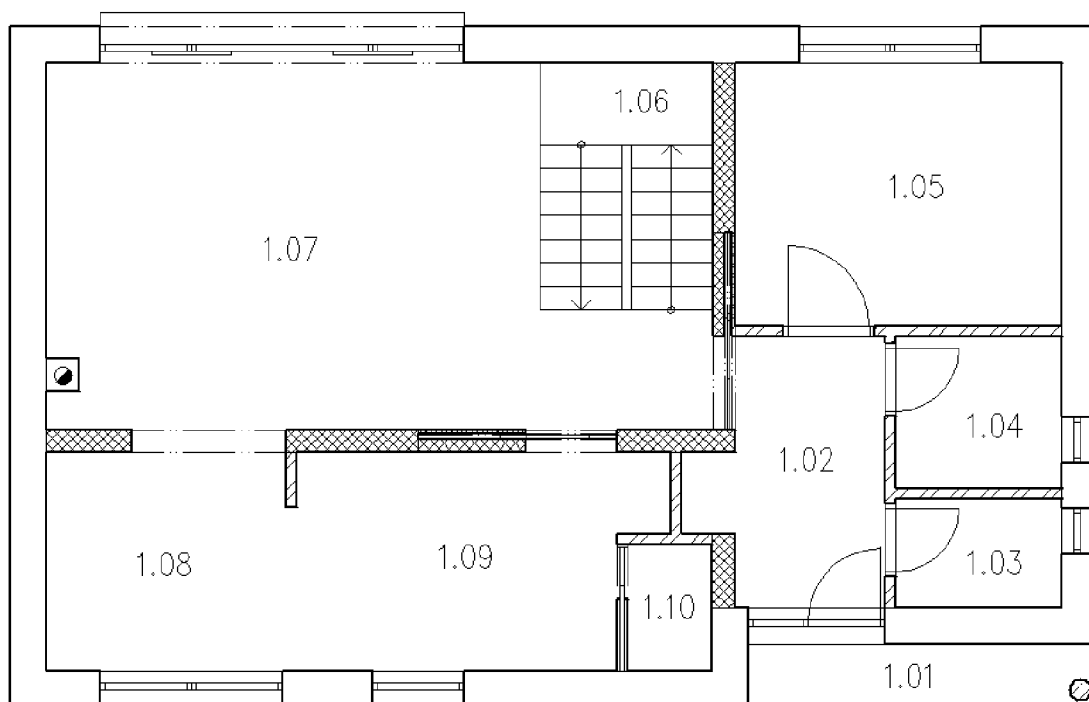
**Technickou místností** (kotelna) rozumíme samostatnou místnost, budovu, stavební objekt, přístavek, skříň nebo vyhrazený prostor, ve kterém je umístěn kotel (jeden nebo více) pro ústřední vytápění, ohřev teplé vody, pro výrobu technologického tepla. Provedení je dáno druhem paliva a způsobem jeho spalování. Prostor pro umístění zdroje musí zajistit jeho bezproblémovou instalaci a bezpečný provoz, stejně tak musí zabezpečit podmínky pro obsluhu i případný servis. [10]

### 3 Popis rodinného domu LION 3

Název rodinného domu je LION 3, jedná se o novostavbu, která leží v Drásově a má číslo popisné 1031/6, dokumentace je z roku 2015. Tato stavba je řešena jako samostatně stojící stavba, jež je určena pro bydlení pětičlenné rodiny. Půdorys domu má tvar obdélníku s ustupujícím zádveřím z čelní strany. Stavba je jednopodlažní s obytným podkrovím a není podsklepená. Prostor na půdě může být využitý jako skladovací prostor.

Obytná plocha celkem:	79,30 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha:	90,00 m <sup>2</sup>
Užitná plocha: - přízemí	68,99 m <sup>2</sup>
- poschodí	65,30 m <sup>2</sup>
celkem	133,30 m <sup>2</sup>

Při vstupu do objektu jako první vejde do chodby, z které se dostaneme do technické místnosti, WC, pokoje a obývacího pokoje, kde se nachází i schodiště. Obývací pokoj je propojený s jídelnou a kuchyní, jež je oddělená zasouvacími dveřmi. V kuchyni se nachází spíž pro uskladnění potravin. Viz obrázek číslo 7.



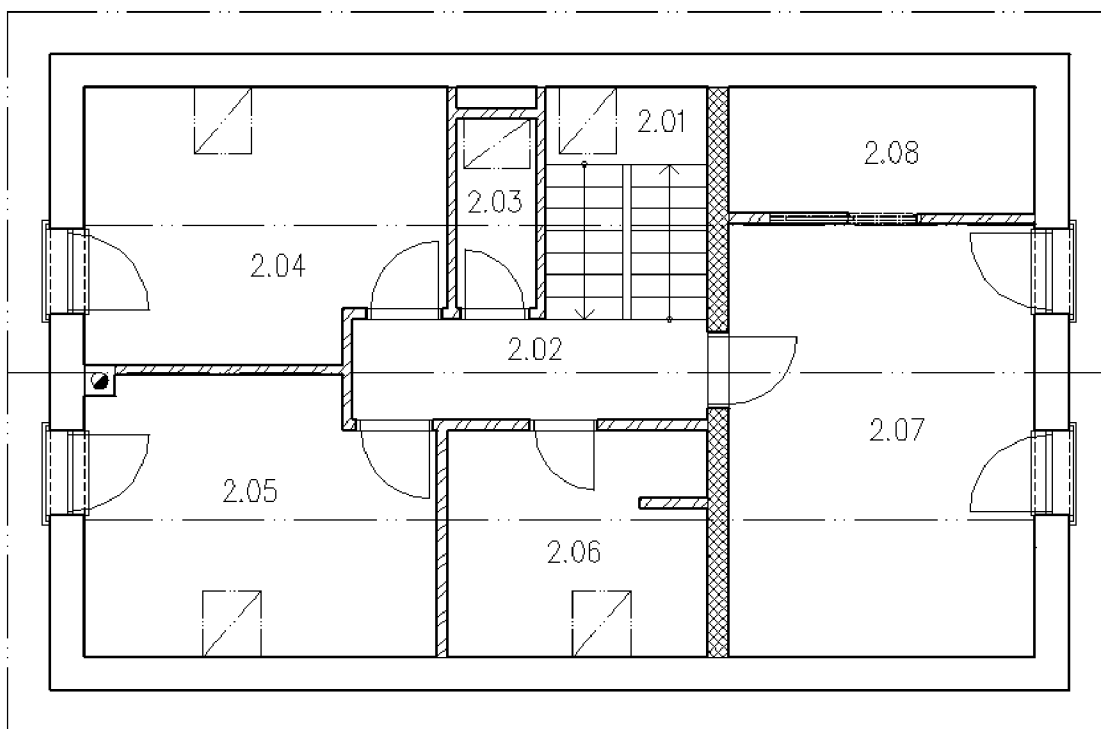
#### LEGENDA MÍSTNOSTÍ

1.01	ZÁDVEŘÍ	1.06	SCHODIŠTĚ
1.02	CHODBA	1.07	OBÝVACÍ POKOJ
1.03	TECHNICKÁ MÍSTNOST	1.08	JÍDELNA
1.04	WC	1.09	KUCHYŇ
1.05	POKOJ	1.10	SPIŽ

Obr. č. 7. Schéma rodinného domu – přízemí



Po schodišti vyjdeme na chodbu, z které se dostaneme na WC, dvou pokojů, koupelny a ložnice. V ložnici je udělaná oddělená šatna. Sklápěcí schodiště na půdu je umístěno na chodbě. Viz obrázek číslo 8.



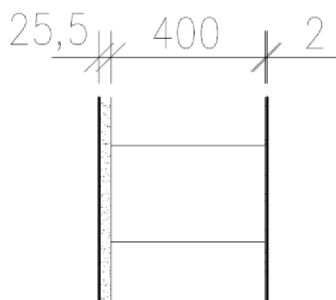
#### LEGENDA MÍSTNOSTÍ

2.01	SCHODIŠTĚ	2.05	POKOJ
2.02	CHODBA	2.06	KOUPELNA
2.03	WC	2.07	LOŽNICE
2.04	POKOJ	2.08	ŠATNA

Obr. č. 8. Schéma rodinného domu – poschodí

### 3.1 Obvodový plášť

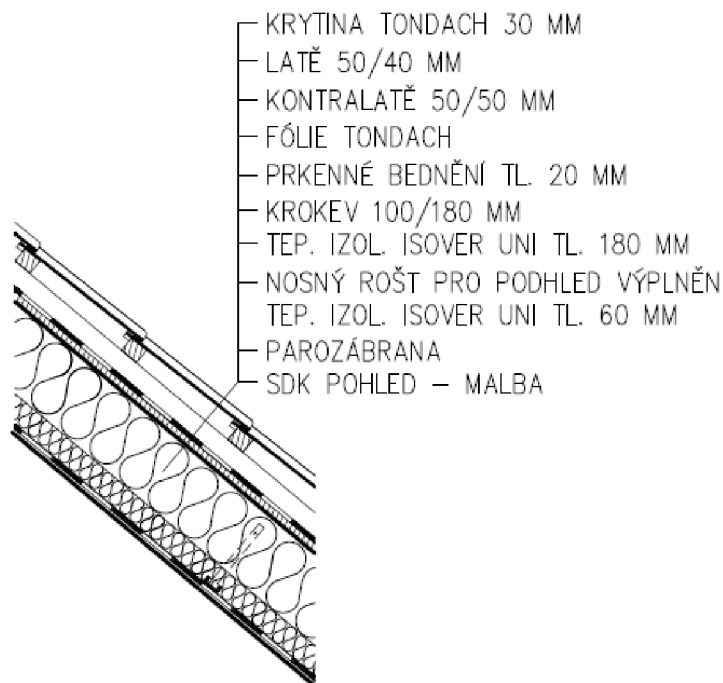
Vrstvy cihel se skládají z keramických cihelných bloků POROTHERM EKO + PROFI tloušťka 400 mm a dvou typů omítek o tloušťkách 2 mm a 25,5 mm. Vnější omítka je tenkovrstvá tloušťky 2 mm weber.pas.extraclean active pod kterou se dá podkladní nátěr weber.podklad A. Vnitřní omítka je od výrobce Cemix a skládá se z cementového postříku tloušťky 3 mm, jádrové omítky tloušťky 20 mm a štukovou hrubkou 2,5 mm. Viz obr. č. 9.



Obr. č. 9. Řez obvodového pláště

### 3.2 Střecha

Střecha má sedlový tvar a bude pokryta pálenou střešní taškovou krytinou Tondach. Sklon střechy je 40°. Plocha střechy je 144 m<sup>2</sup>. Na střeše je celkem pět oken, z toho čtyři o rozměrech 780 x 1180 mm, poslední okno 780 x 980 mm a jeden střešní výlez o velikosti 600 x 600 mm. Viz obrázek číslo 10.



Obr. č. 10. Řez střechou a její vrstvy

### 3.3 Podlaha v přízemí

Podlaha v přízemí je v přímém styku se zemí. Spodní vrstvy podlahy se skládají ze štěrkového lože tloušťky 100 mm, podkladního betonu CEMIX s tloušťkou 150 mm a vloženou kari sítí o rozměrech 150/150/6 mm a poslední vrstva je hydroizolace. Horní vrstvy podlahy jsou rozdělené do dvou typů se stejnou tloušťkou 150 mm. První typ se skládá z tepelné izolace Perimetr, 2 x dřevoštěpkové desky OSB tloušťky 25 mm a laminátové plovoucí podlahy. Druhý typ se skládá z tepelné izolace Perimetr, cementového potěru a dlažby přidělanou tmelem. Viz obrázek číslo 11.



Obr. č. 11. Řez podlahou v přízemí

## 4 Rozpočet

Důležitou součástí k projektové dokumentaci je rozpočet, ten slouží investorovi jako informace k budoucím nákladům na celou stavbu. Proto jsme jako první udělali celkový rozpočet, abychom zjistili náklady na danou stavbu. Posléze jsme vytvořili tři dílčí odlišné rozpočty, jejichž odlišnost spočívala v typu materiálu použitém k postavení hrubé stavby, kromě střechy, abychom zjistili, který materiál vychází cenově nejlépe a také jak se změní tepelné ztráty pro daný materiál. Kalkulace nákladů bude prováděna v programu BUILD POWER S.

### 4.1 Celkový rozpočet

Celkové náklady v rozpočtu převyšují dva a půl miliónu korun bez DPH. Hlavní stavební práce (HSV) činili přibližně dvě pětiny celkových nákladů a lehce přesáhli částku jednoho milionu korun. Oproti tomu pomocné stavební práce (PSV) nejvíce ovlivnily celkovou výši ceny. Jejich hodnota překročila částku jednoho a půl milionu korun. Nejmenší měrou ovlivnily cenu montáže (MON). Jejich výše činila bez mála sto tisíc, tedy je nutno podotknout, že v poměru k celkovým nákladům nedosahuje ani jednoho procenta. Konečná suma nákladů i s DPH vyšla přes tři milióny korun. Viz tabulka č. 1.

HSV	1 124 892 Kč
PSV	1 513 089 Kč
MON	80 150 Kč
Cena celkem	2 718 131 Kč
DPH	570 807 Kč
<b>Cena celkem s DPH</b>	<b>3 288 938 Kč</b>

*Tab. č. 1. Rozpis nákladů na stavbu*

Orientační hodnota stavby, která byla stanovena v technické zprávě, je 2,833 tis. Kč bez DPH. Tento předpoklad finančních nákladů na provedení díla byl stanoven propočtem ceny na m<sup>3</sup> obestavěného prostoru. Propočet nákladů stavby není součástí projektové dokumentace. Takže tento orientační propočet finančních nákladů slouží jen jako statistický údaj.

Výše nákladů, uváděných v technické zprávě, se téměř rovnala s výpočtem, jenž vychází z údajů z tabulky č. 2, dále podrobněji viz celý rozpočet v příloze č. 1.

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka [Kč]	Montáž [Kč]	Celkem [Kč]
1	Zemní práce	HSV	0	62 501	62 501
2	Základy a zvláštní zakládání	HSV	88 001	17 009	105 010
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	333 168	142 025	475 193
4	Vodorovné konstrukce	HSV	85 005	57 176	142 182
5	Komunikace	HSV	10 924	3 858	14 783
6	Úpravy povrchu, podlahy	HSV	25 937	18 222	44 159
61	Úpravy povrchů vnitřní	HSV	38 734	101 150	139 884
63	Podlahy a podlahové konstrukce	HSV	11 468	4 033	15 501
91	Doplňující práce na komunikaci	HSV	10 733	8 957	19 690
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	11 572	29 144	40 716
95	Dokončovací konstrukce na pozemních stavbách	HSV	125	7 428	7 553
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0	57 722	57 722
711	Izolace proti vodě	PSV	35 188	12 879	48 067
713	Izolace tepelné	PSV	82 401	15 360	97 760
720	Zdravotechnická instalace	PSV	0	126 000	126 000
728	Vzduchotechnika	PSV	0	18 000	18 000
731	Kotelny	PSV	13 754	26 246	40 000
736	Podlahové vytápění	PSV	0	180 096	180 096
762	Konstrukce tesařské	PSV	91 772	96 255	188 027
763	Dřevostavby	PSV	41 791	18 924	60 715
764	Konstrukce klempířské	PSV	14 000	5 837	19 837
765	Krytiny tvrdé	PSV	78 824	44 315	123 139
766	Konstrukce truhlářské	PSV	21 456	306 274	327 730
767	Konstrukce zámečnické	PSV	0	64 000	64 000
771	Podlahy z dlaždic a obklady	PSV	60 552	19 967	80 519
775	Podlahy vlysové a parketové	PSV	34 309	25 734	60 043
781	Obklady keramické	PSV	36 116	20 130	56 245
784	Malby	PSV	3 066	19 843	22 909
M21	Elektromontáže	MON	0	80 150	80 150
			<b>1 128 894</b>	<b>1 589 237</b>	<b>2 718 131</b>

Tab. č. 2. Rekapitulace stavebních dílů

## 4.2 Dílčí rozpočty

Dalším krokem pro porovnání míry výhodnosti daných materiálů bude zjištění finanční náročnosti k uskutečnění stavby. Budeme tedy porovnávat tři dílčí rozpočty, jejichž označení budou korespondovat s označením stavebních bloků pro obvodové stěny. Tyto systémy byly zvoleny kvůli jejich významnému rozdílu tepelně technických vlastností a ceně.

První rozpočet se bude nazývat systém Porotherm 40, který vychází z projektové dokumentace. Druhý rozpočet s názvem systém Porotherm 38 bude nepatrně odlišný, jelikož nahradíme pouze obvodové zdivo. Třetí rozpočet, jsme nazvali systém Ytong. Bude zcela jiný, jelikož nahrazuje keramiku pórobetonem.

#### 4.2.1 Systém Porotherm 40

V systému Porotherm 40 je veškerý materiál uváděný v projektové dokumentaci a bude zachován. Cena obvodového zdiva Porotherm 40 EKO + Profi (viz obr. č. 12), jakož i ceny ostatních cihelných bloků, byla vzata ze tří náhodně vybraných webových stránek. Důvodem je naše úvaha, kde bude zaujímat největší díl nákladů právě cena cihelných bloků. Ta se pohybuje v rozmezí hodnot 49,5 - 60,11 Kč/KS bez DPH. Součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu, bez omítek, je  $\lambda = 0,096$  W/mK. Celková plocha obvodového zdiva tohoto domu je 162,78 m<sup>2</sup> a s touto hodnotou budeme pracovat při výpočtu v rozpočtovacím programu, kde nám náklady vyšly na 231 309 Kč.



Obr. č. 12. Porotherm 40 EKO + Profi [11]

Pro skladbu vnitřních stěn byly použity broušené cihelné bloky. Prvním z nich byl Porotherm 25 AKU Z Profi, jehož cena se pohybuje 74,6 - 99,42 Kč/KS bez DPH a součinitel tepelné vodivosti, bez omítek, dosahuje hodnoty  $\lambda = 0,31$  W/mK. Plocha zdiva použita v celém objektu je 29,36 m<sup>2</sup> s cenou 52 268 Kč.

Druhým blokem je příčka Porotherm 11,5 P+D, jež lze pořídit v cenovém rozpětí 25,1 - 30,53 Kč/KS bez DPH. Její součinitel tepelné vodivosti, bez omítek, je  $\lambda = 0,34$  W/mK. Příčka v objektu má celkovou plochu 72,04 m<sup>2</sup>, jejíž celková cena, vycházející z rozpočtovacího programu, je rovna částce 39 477 Kč. Viz tabulka č. 3.

Druh	Tloušťka [mm]	$\lambda$ [W/mK]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Jednotková cena [Kč/KS] bez DPH	Cena [Kč] bez DPH
Porotherm 40 EKO + Profi	400	0,096	162,78	49,5 - 60,11	231 309
Porotherm 25 AKU Z Profi	250	0,31	29,36	74,6 - 99,42	52 268
Porotherm 11,5 P+D	115	0,34	72,04	25,1 - 30,53	39 477
					<b>323 054</b>

Tab. č. 3. Zdivo systému Porotherm 40

Dalšími položkami, které jsou uváděny v dílčím rozpočtu, byly překlady, věncovky a stropy. Překlady a věncovky mají v poměru k celé stavbě nejmenší plochu, proto byly pro počítání tepelných ztrát zanedbány. Z pohledu pořizovací ceny jsou ovšem velmi důležité. V naší stavbě byly použity dva druhy překladů. Překlad Porotherm plochý a Porotherm 7 vysoký, jež se lišily dle délky a šířky otvoru, pro něž je lze použít. Pro daný počet otvorů bylo použito celkem 9 kusů Porothermu plochého (cena celkem 2 620 Kč) a 52 kusů Porothermu 7 vysokého (cena celkem 26 113 Kč). Celkové náklady na svislé konstrukce činí 351 786 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 5.

K podstatnému omezení tepelných mostů obvodových stěn použijeme tepelný izolant v kombinaci s cihelným prvkem, který se nazývá věncovka s rozměry 70x330x238 mm, jejíž náklady byly 3 644 Kč bez DPH.

Stropy byly rozpočtovány pro dva druhy Porothermů, OVN 50 a OVN 62,5; jež se lišily v osové vzdálenosti nosníků (OVN) 500, 625 mm a také v tloušťce stropu a délce nosníků. V našem případě jsou to tloušťky 210 a 250 mm, kdy součinitel tepelné vodivosti stropu je  $\lambda = 0,24$  W/mK (tl. 210 mm) a  $\lambda = 0,29$  W/mK (tl. 250 mm). Strop Porotherm OVN 50 (tl. 210 mm) má celkovou plochu v objektu 20,5 m<sup>2</sup> a cenu 31 115 Kč bez DPH. Největší plochu má strop Porotherm OVN 62,5 tloušťky 210 mm a to 23,91 m<sup>2</sup> a cenu 33 768 Kč bez DPH. Poslední druh stropu, který má nejmenší plochu je Porotherm OVN 62,5 s tloušťkou 250 mm, která je 14,38 m<sup>2</sup> s cenou 21 011 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 4.

Druh	Tloušťka [mm]	$\lambda$ [W/mK]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Cena [Kč] bez DPH
Strop Porotherm OVN 50	210	0,24	20,50	31 115
Strop Porotherm OVN 62,5	210	0,24	23,91	33 768
Strop Porotherm OVN 62,5	250	0,29	14,38	21 011
				<b>85 894</b>

Tab. č. 4. Strop Porotherm

Celkové náklady pro rozpočet Porotherm 40 dosahovaly 441 325 Kč bez DPH, z čehož vodorovné konstrukce zaujímaly přibližně jednu pětinu z ceny a dosáhly až na hodnotu, bez mála, devadesáti tisíc, jak je uvedeno v tabulce č. 5. Podrobnější informace o položkách jsou uvedeny v příloze č. 2.

Číslo	Název	Typ	Dodávka [Kč] bez DPH	Montáž [Kč] bez DPH	Cena celkem [Kč] bez DPH
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	266 023	85 764	351 787
4	Vodorovné konstrukce	HSV	55 509	34 029	89 538
					<b>441 325</b>

Tab. č. 5. Rekapitulace dílů – systému Porotherm 40

#### 4.2.2 Systém Porotherm 38

Dalším porovnávaným stavebním systémem je Porotherm 38. Ten se liší pouze obvodovou zdí, kterou jsme vyměnili za Porotherm 38 T Profi s přidavkem minerální vaty, viz obr. č. 13. Cihelné bloky jsou tím pádem dražší než původní materiál, avšak v důsledku vyplnění vzduchových kapes minerální vatou vzrostl tepelný odpor, což se projeví menším prostupem tepla konstrukcí, protože není vyráběn v rozměru 400 mm, byly vybrány bloky o tloušťce 380 mm, jež je nejbližší nižší.



Obr. č. 13. Porotherm 38 T Profi [11]

Materiály použité pro stavbu ostatních konstrukcí byly zachovány, nejen proto, že z pohledu tepelných ztrát bychom získaly pouze nepatrně lepší výsledek, ale také proto, že výrobce vyrábí cihelné bloky plněné minerální vatou pouze pro vnější obvodové stěny.

Cena se pohybuje v rozmezí hodnot 74,6 - 81,48 Kč/KS bez DPH, jak bylo uváděno v předchozím případě, i tyto hodnoty byly brány ze tří náhodně vybraných webových stránek. Součinitel tepelné vodivosti, bez omítek,  $\lambda$  je rovna 0,075 W/mK. Celková plocha obvodového zdiva tohoto domu je 162,78 m<sup>2</sup> s náklady na stavbu 310 257 Kč bez DPH viz tabulka č. 6.

Druh	Tloušťka [mm]	$\lambda$ [W/mK]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Jednotková cena [Kč/KS] bez DPH	Cena [Kč] bez DPH
Porotherm 38 T Profi	380	0,075	162,78	74,6 - 81,48	310 257
Porotherm 25 AKU Z Profi	250	0,31	29,36	74,6 - 99,42	52 268
Porotherm 11,5 P+D	115	0,34	72,04	25,1 - 30,53	39 477
					<b>402 002</b>

Tab. č. 6. Zdivo systému Porotherm 38

Celkové náklady na zdivo vyšly v rozpočtu 402 002 Kč bez DPH plus cena za všechny překlady 28 733 Kč v součtu náklady na svislé konstrukce činily 430 735 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 7. Celkové náklady u rozpočtu Porotherm 38 T Profi jsou 520 273 Kč bez DPH, jak je uvedeno v příloze č. 3.

Číslo	Název	Typ	Dodávka [Kč] bez DPH	Montáž [Kč] bez DPH	Cena celkem [Kč] bez DPH
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	349 931	80 804	430 735
4	Vodorovné konstrukce	HSV	55 509	34 029	89 538
					<b>520 273</b>

Tab. č. 7. Rekapitulace dílů – systému Porotherm 38

### 4.2.3 Systém Ytong

Posledním systémem je ytong. Ten je naopak levnější než obě předešlé varianty. Kvůli tvarovým odlišnostem porobetonu a keramiky jsme nemohli vybrat tvárnice se stejnými rozměry (velikost pórobetonových tvárnice je prakticky dvojnásobná). Z toho důvodu byla volena tloušťka nejbližší nižší, abychom dosáhli alespoň podobného prostupu tepla stěnou a bylo možné snadnějšího porovnání tepelných ztrát na m<sup>2</sup> podlahové plochy resp. nákladů na vytápění. Na obvodové stěny byla použita tepelněizolační tvárnice Lambda YQ s rozměry 375x249x599 mm viz obr. č. 14. Cena se pohybuje v rozmezí 111,6 až 130,20 Kč bez DPH, taktéž brána ze tří náhodně vybraných webových stránek. Součinitel tepelné vodivosti, bez omítek, je  $\lambda = 0,077$  W/mK, tato hodnota je nejnižší ze všech tří porovnávaných materiálů pro obvodové zdivo. Jeho plocha je 162,78 m<sup>2</sup>. Náklady na stavbu obvodových stěn z ytongu vyšly 210 962 Kč bez DPH.



Obr. č. 14. Ytong Lambda YQ [15]

U vnitřního zdiva byly použity tvárnice Ytong hladký tloušťky 250 mm, cena se pohybuje od 72,0 do 95,22 Kč/KS bez DPH. Jeho součinitel tepelné vodivosti, bez omítek, je  $\lambda = 0,11$  W/mK. Plocha zdiva je 29,36 m<sup>2</sup> a cena vychází 26 986 Kč. Příčka z desek Ytong má tloušťku 125 mm, což je hodnota lehce vyšší než u cihelných bloků. A cena za jednu tvárnici se pohybuje okolo 43,9 - 50,40 Kč/KS bez DPH. Jeho součinitel tepelné vodivosti, bez omítek, je  $\lambda = 0,13$  W/mK. Plocha příčky v objektu je 72,04 m<sup>2</sup> a její cena vychází v programu 41 566 Kč. Viz tabulka č. 8.

Druh	Tloušťka [mm]	$\lambda$ [W/mK]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Jednotková cena [Kč/KS] bez DPH	Cena [Kč] bez DPH
Ytong Lambda YQ	375	0,077	162,78	111,6 - 130,20	210 962
Ytong hladký	250	0,11	29,36	72,0 - 95,22	26 986
Ytong	125	0,13	72,04	43,9 - 50,40	41 566
					<b>279 514</b>

Tab. č. 8. Zdivo systému Ytong

Překlady a věncovky jako u přechozích dvou rozpočtu jsme sice zahrnuly do pořizovací ceny, ale u výpočtu tepelných ztrát jsme je taktéž zanedbaly. Stejně jako u Porothermu jsou i u Ytongu dva druhy překladů. Nazývají se překlad nosný a plochý. Od porothermu se liší velikostí. Překlad nosný má šířku stejnou jako otvor, na který se navrhuje. Z toho důvodu není potřeba více překladů pro jeden otvor. Proto je použito méně překladů pro celou stavbu než u porothermu. U překladu plochého je to naopak. Je užší než u porothermu a pro otvor jsou potřeba dva překlady, aby pokryli jeho šířku. Cena všech plochých překladů je 7 720 Kč bez DPH (13 ks) a nosných překladů je 31 716 Kč bez DPH (12 ks). Náklady na svislé konstrukce vyšly 318 950 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 10.



Věncová tvárnice Ytong 125/250, která má rozměry 125x249x599 mm, je dvojnásobná oproti věncovce od porothermu a obsahuje izolaci, proto je věncovka u ytongu dražší než u porothermu, kde izolace není. Náklady na věncovku jsou 4 650 Kč bez DPH.

Strop jsme pro usnadnění sjednotili, a také proto, že ytong má jen jednu osovou vzdálenost nosníků a to 680 mm. Má skoro stejné velikosti stropu a to 250 a 200 mm. Strop tloušťky 200 mm je nepatrně menší, jelikož se u ytongu nedělá tloušťka 210 mm. Součinitel tepelné vodivosti pro obě tloušťky je  $\lambda = 0,137 \text{ W/mK}$ . Strop ytong Ekonom tloušťky 250 mm má plochu 14,38 m<sup>2</sup> a celková cena je 23 868 Kč bez DPH. Druhý typ stropu je dražší, jelikož má větší plochu, a to 44,41 m<sup>2</sup>, cena je 76 056 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 9.

Druh	Tloušťka [mm]	$\lambda$ [W/mK]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Cena [Kč] bez DPH
Strop Ytong, Ekonom	200	0,137	44,41	76 056
Strop Ytong, Ekonom	250	0,137	14,38	23 868
				<b>99 924</b>

Tab. č. 9. Strop Ytong

Celkové náklady vodorovných konstrukcí jsou 104 574 Kč bez DPH. Viz tabulka č. 10. Celkové náklady u rozpočtu Ytong Lambda YQ PDK vyšli 423 524 Kč bez DPH. Podrobněji v příloze č. 4.

Číslo	Název	Typ	Dodávka [Kč] bez DPH	Montáž [Kč] bez DPH	Cena celkem [Kč] bez DPH
3	Svislé a kompletní konstrukce	HSV	246 159	72 791	318 950
4	Vodorovné konstrukce	HSV	75 346	29 229	104 574
					<b>423 524</b>

Tab. č. 10. Rekapitulace dílů – systém Ytong

## 5 Tepelné ztráty

Původní tepelná ztráta byla vzata z technické zprávy a činí 6,89 kW pro oblastní zimní výpočtovou teplotu  $t_z = -17^\circ\text{C}$ . Jedná se o novostavbu, která se teprve staví, proto nás zajímalo, jak vychází tepelné ztráty s různými konstrukčními systémy, kdy ostatní konstrukce jsme nechali tak jak jsou navrženy.

Naším úkolem bylo zjistit, jaké jsou tepelné ztráty u rozdílných materiálů, posléze navrhnout dva druhy vytápění a zhodnotit, který materiál a jaký druh vytápění je nejefektivnější. Vzorový výpočet tepelných ztrát je předveden pro vytápěný pokoj 1.05 v 1.NP viz obr. č. 7 systémem Porotherm 40.

Vzorec pro výpočet tepelné ztráty:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{\text{prostupem}} + \dot{Q}_{\text{větráním}} \quad (1) \quad [16]$$

Kde:

$\dot{Q} \dots$	tepelná ztráta [W]
$\dot{Q}_{\text{prostupem}} \dots$	tepelná ztráta prostupem tepla [W]
$\dot{Q}_{\text{větráním}} \dots$	tepelná ztráta větráním [W]

### 5.1. Součinitel prostupu tepla U

Výpočet tepelných ztrát je odvislý od součinitele prostupu tepla. Ten udává množství tepla procházejícího konstrukcí při daném rozdílu teplot. Samotný součinitel se vypočítá jako převrácená hodnota tepelného odporu. [6]

$$U = \frac{1}{R} \quad (2) \quad [6]$$

Kde:

U...	součinitel prostupu tepla stavební částí [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]
R...	tepelný odpor [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]

Pokud je stěna složena z více vrstev, k vypočítání součinitele prostupu tepla je potřeba zjistit lambda (výpočtová tepelná vodivost materiálu) každého z materiálů, který se dané skladby týká. Z nichž se dále určuje tepelný odpor celé skladby, co by součet jednotlivých odporů.

$$R_{c,\text{stěna}} = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (3) \quad [6]$$

Kde:

$d_i \dots$	tloušťka konstrukce [mm]
$\lambda_i \dots$	součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ]

Po zjištění součinitelů přestupu tepla a s ním tepelného odporu se musí přihlídnout i k vlivu vzduchu, který konvektivními účinky pomáhá k ohřívání resp. ochlazení dané konstrukce. Ten se nazývá jako součinitel přestupu tepla  $\alpha$  a je daný rychlostí proudění vzduchu kolem konstrukce, tzn. při vyšších rychlostech dochází k většímu přenosu energie a tedy bude i nižší tepelný odpor. U vnitřního a venkovního vzduchu se tedy tepelný odpor zjistí jako převrácená hodnota součinitele  $\alpha$ .

$$R_{\text{vzduch}} = \frac{1}{\alpha} \quad (4) \quad [6]$$

Kde:

$\alpha \dots$  součinitel přestupu tepla [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]

Celkový součinitel prostupu tepla  $U$  zjistíme výpočtem z celkového tepelného odporu  $R$ , jenž je roven 4,406.

$$R = R_{\text{vzduch,int}} + R_{\text{c,stěna}} + R_{\text{vzduch,out}} \quad (5) \quad [6]$$

Součinitel přestupu tepla je uveden v tabulce č. 11 a je roven:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,406} = 0,227 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (2)$$

Porotherm 40 EKO + Profi				
skladba	tloušťka [m]	$\lambda/\alpha$	R [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]	U [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
venkovní vzduch	-	23,000	0,043	23,000
vnější omítka	0,002	0,800	0,003	400,000
zdivo	0,400	0,096	4,167	0,240
cem. postřík	0,003	0,820	0,004	273,333
jádrová omítka	0,020	1,020	0,020	51,000
štuk. omítka	0,003	0,770	0,003	308,000
vnitřní vzduch	-	6,000	0,167	6,000
Celkem			4,406	<b>0,227</b>

Tab. č. 11. Výpočet součinitele  $U$

## 5.2. Obálková metoda

Pomocí obálkové metody vypočítáme celkovou předběžnou tepelnou ztrátu. Jako první vypočítáme **tepelnou ztrátu prostupem tepla**. Základní tepelná ztráta prostupem jedné konstrukce o stejné hodnotě  $U$  je dána vztahem:

$$\Phi_{\text{prostupem}} = U \cdot A \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{out}}) \quad (6) \quad [16]$$

Kde:

$A \dots$  plocha stavební části [ $\text{m}^2$ ]

$t_{\text{int}} \dots$  vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_{\text{out}} \dots$  venkovní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Celkové ztráty prostupem doplníme o ztráty tepelnými mosty a vazbami ze vztahu (7), který je dále v tabulce nazýván tepelné vazby:

$$\Phi_{\text{TM}} = \sum A \cdot \Delta U \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{out}}) \quad (7) \quad [16]$$

Kde:

$\varnothing_{TM...}$  ztráta tepelnými mosty a vazbami [W]  
 $\Delta U...$  součinitel tepelné vodivosti – s mírným vlivem vazeb (běžné použití 0,05 dle normy)

Součtem tepelné vazby 502,84 W a všech ztrát prostupem tepla 2 431,26 W dostaneme celkovou hodnotu ztráty prostupem  $\varnothing_{\text{prostupem}}$ , která je 2 934,10 W. Viz tabulka č. 12.

V druhém kroku určíme **tepelnou ztrátu větráním**. Ta se zjistí jako maximální hodnota ze ztráty větráním infiltrací a minimálního hygienického množství vzduchu.

Začneme tedy ztrátou způsobenou ohřátím infiltrovaného vzduchu  $V_{\text{inf}}$ , který se vypočítá dle vztahu (8):

$$V_{\text{inf}} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad (8) \quad [16]$$

Kde:

$V_{\text{inf}}...$  infiltrace obvodovým pláštěm budovy - množství vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $V_m...$  objem vytápěných místností [ $\text{m}^3$ ]  
 $n_{50}...$  intenzita výměny vzduchu za hodinu [ $\text{h}^{-1}$ ] při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu, hodnota je rovna 4, kterou jsme zvolili dle normy  
 $e...$  stínící činitel, vybrali jsme dle normy a hodnota je 0,02  
 $\varepsilon...$  výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země; hodnota je 1, protože výška vytápěného prostoru nad úrovní země je v rozmezí 0 – 10 m dle normy

V rovnici je zaveden činitel 2, protože hodnota  $n_{50}$  je dána pro celou budovu. Výpočet musí uvažovat nejhorší případ, kdy všechen infiltrovaný vzduch vstupuje na jedné straně budovy. [16]

Druhý výpočet určuje tepelnou ztrátu vzniklou ohřátím množství vzduchu přiváděného z hygienických důvodů  $V_{\text{min}}$ . Vzorec je jednodušší oproti předchozímu, protože počítá pouze s objemem místnosti popř. objektu a minimální intenzitou výměny vzduchu:

$$V_{\text{min}} = V_m \cdot n_{\text{min}} \quad (9) \quad [16]$$

Kde:

$V_{\text{min}}...$  hygienické množství vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $n_{\text{min}}...$  minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [ $\text{h}^{-1}$ ]; hodnota je 0,5 (dle normy pro obytné místnosti)

Samotná ztráta větráním se počítá:

$$\varnothing_{\text{větráním}} = \max (V_{\text{inf}}; V_{\text{min}}) \cdot 0,34 \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{out}}) \quad (10) \quad [16]$$

**Celková ztráta budovy**  $\varnothing$  je součtem celkové ztráty prostupem tepla ( $\varnothing_{\text{prostupem}}$ ), která je rovna 2 934,10 W a celkové ztráty větráním ( $\varnothing_{\text{větráním}}$ ), která se rovná 3 210,69 W a tím pádem je výsledek předběžné tepelné ztráty 6 144,79 W. Viz tabulka č. 12.

Konstrukce	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Součinitel U [W/m <sup>2</sup> K]	Rozdíl teplot (t <sub>int</sub> - t <sub>out</sub> ) [°C]	Ztráta prostupem [W]
Okna střešní	4,806	1,30	32	199,93
Okna	8,25	0,90	32	237,60
Dveře	12,93	0,90	32	372,24
Stěny obvodové	138,82	0,23	32	1 008,35
Strop	38,19	0,13	26	125,29
Střecha	43,29	0,13	32	180,07
Podlaha	68,00	0,30	15	307,78
Celkem	314,27			2 431,26
Tepelné vazby $\phi_{TM}$				502,84
<b>Ztráty prostupem celkem <math>\phi_{prostupem}</math></b>				<b>2 934,10</b>
Množství vzduchu infiltrací V <sub>inf</sub> :				
Vm [m <sup>3</sup> ]	n <sub>50</sub>	e	$\epsilon$	V <sub>inf</sub> [m <sup>3</sup> /h]
590,2	4	0,02	1	94,432
Množství vzduchu přirozeným větráním V <sub>min</sub> :				
Vm [m <sup>3</sup> ]	n <sub>min</sub>			V <sub>min</sub> [m <sup>3</sup> /h]
590,2	0,5			295,1
<b>Ztráta větráním <math>\phi_{větráním}</math></b>				<b>3 210,69</b>
<b>Celková ztráta budovy <math>\phi</math></b>				<b>6 144,79</b>

Tab. č. 12. Obálková metoda

### 5.3. Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Podle normy EN 12831 jsme vypočítali tepelné ztráty. Pro Brno je stanovená venkovní teplota – 12 °C, a protože je naše stavba v okolí Brna tak jsme při výpočtu tepelných ztrát počítali s touto hodnotou. Vnitřní teploty byly stanoveny podle účelu místností např. pro pokoj, jídelnu, kuchyň a záchod 20 °C, pro chodbu a schodiště 15 °C a pro koupelnu 24 °C.

$$\phi_{prostupem} = (H_V + H_N + H_Z + H_{VYT}) \cdot (t_{int} - t_{out}) \quad (11) \quad [16]$$

Kde:

- H<sub>V</sub>... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí budovy [W/K]  
H<sub>N</sub>... součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]  
H<sub>Z</sub>... součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [W/K]  
H<sub>VYT</sub>... součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

### 5.2.1. Součinitel tepelné ztráty $H_V$

Součinitel tepelné ztráty z vytápěné místnosti přímo do venkovního prostředí. Tento součinitel jsme počítali pro danou konstrukci pláště a následně i pro další dva typy zdiva. Součinitel tepelné ztráty  $H_V$  se počítá podle vzorce:

$$H_V = \sum_K A_K \cdot U_K \cdot e_K \quad (12) \quad [16]$$

Kde:

$A_K \dots$  je plocha stavební části v  $[m^2]$   
 $U_K \dots$  součinitel prostupu tepla stavební částí  $[W/m^2 \cdot K]$   
 $e_K \dots$  korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům (základní hodnota součinitele je rovna 1,0 dle normy)

$$H_{V, \text{ pokoj}} = (A_{\text{stěna}} \cdot U_{\text{stěna}} + A_{\text{okno}} \cdot U_{\text{okno}}) \cdot e_K$$

$$H_{V, \text{ pokoj}} = (14,19 \cdot 0,23 + 3 \cdot 0,9) \cdot 1$$

$$H_{V, \text{ pokoj}} = 5,92 \frac{W}{K}$$

### 5.2.2. Součinitel tepelné ztráty $H_N$

Tepelná ztráta z vytápěné místnosti do nevytápěného prostoru. Vypočítaná hodnota součinitele tepelných ztrát do nevytápěných prostor byla nejmenší, jelikož nevytápěných místností je nejvíce v celém domě. V celém domě se nachází pouze dvě nevytápěné místnosti a to, spíž a prostor, jež bude využíván jako technická místnost. Dalším nevytápěným prostorem je podkroví, ovšem toto není bráno jako samostatná místnost, ale pouze jako prostor, který nebude vytápěn a nebude nijak člověkem využíván.

$$H_N = \sum_K A_K \cdot U_K \cdot b_u \quad (13) \quad [16]$$

Kde:

$b_u \dots$  teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl teplot nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty, který se vypočítá:

$$b_u = \frac{t_{\text{int}} - t_u}{t_{\text{int}} - t_{\text{out}}} \quad (14) \quad [16]$$

Kde:

$t_u \dots$  teplota nevytápěného prostoru  $[^{\circ}C]$

$$b_u = \frac{20 - 10}{20 - (-12)} = 0,31$$

Ukázka výpočtu jedné části:

$$H_{N \text{ 1.03, příčka}} = 0 \cdot 1,38 \cdot 0,31$$

$$H_{N\ 1.03, \text{ příčka}} = 0 \frac{W}{K}$$

V Našem případě tento pokoj nesousedí s žádnou nevytápěnou místností, a proto výsledná tepelná ztráta z vytápěné místnosti do nevytápěného prostoru je rovna 0.

### 5.2.3. Součinitel tepelné ztráty $H_Z$

Tepelná ztráta do přilehlé zeminy. Dům není podsklepený, proto se celé 1.NP dotýká zeminy. Je navržený pro stavbu na rovném prostranství, tím pádem bylo lehčí vypočítat parametr  $B'$ , který je nutné jako první zjistit. Charakteristický parametr  $B'$  se vypočítá jako podíl uvažované podlahové plochy v  $m^2$  a poloviny obvodu uvažované podlahové konstrukce v m. Vypočítanou hodnotou  $B' = 3,8$  a hodnotou  $U_{\text{podlahy}} = 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  jsme podle tabulky v normě zjistili  $U_{\text{equiv,k}}$ , jež je rovno 0,3.

$$H_Z = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_K U_{\text{equiv,k}} \cdot A_K) \cdot G_W \quad (15) \quad [16]$$

Kde:

$f_{g1} \dots$  korelační činitel, který je rovný 1,45 dle normy  
 $f_{g2} \dots$  teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou  
 $U_{\text{equiv,k}} \dots$  ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]  
 $G_W \dots$  korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Pokud je vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů větší než 1m je roven korelační činitele  $G_W = 1$  dle normy.

$$f_{g2} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{m,out}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{out}}} \quad (16) \quad [16]$$

Kde:

$t_{\text{m,out}} \dots$  venkovní roční průměrná teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$f_{g2} = \frac{20 - (-12)}{20 - 4} = 2$$

Výpočet tepelné ztráty do přilehlé zeminy je:

$$H_{Z, \text{ pokoj}} = 1,45 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 10,5 \cdot 1$$

$$H_{Z, \text{ pokoj}} = 9,135 \frac{W}{K}$$

### 5.2.4. Součinitel tepelné ztráty $H_{VYT}$

V našem zvoleném pokoji vznikla tepelná ztráta do šatny, která se nachází ve druhém patře. Kdy v pokoji počítáme s návrhovou teplotou  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a v šatně  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tedy uvažujeme rozdíl, z něhož jsou ztráty mezi místnostmi počítány,  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . V ostatních sousedících místnostech s tímto pokojem již žádná tepelná ztráta nevzniká, v důsledku nulového teplotního rozdílu.

$$H_{VYT} = \sum_K f_{i,j} \cdot A_K \cdot U_K \quad (17) \quad [16]$$

Kde:

$f_{i,j} \dots$  redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty:

$$f_{i,j} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{vsp}}}{t_{\text{int}} - t_{\text{out}}} \quad (18) \quad [16]$$

Kde:

$t_{\text{vsp}} \dots$  teplota vytápěného sousedního prostoru [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Jako první je nutné vypočítat tento teplotní činitel mezi místnostmi. V našem případě mezi pokojem v 1.NP a šatnou (2.08) v 2.NP.

$$f_{\text{pokoj, 2.08}} = \frac{20 - 15}{20 - (-12)} = 0,156$$

$$H_{\text{VYT, pokoj}} = (0,156 \cdot 5,35 \cdot 0,46)$$

$$H_{\text{VYT, pokoj}} = 0,39 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Celková ztráta prostupem, jak bylo uvedeno výše, se bude rovnat:

$$\Phi_{\text{prostupem}} = (H_V + H_N + H_Z + H_{\text{VYT}}) \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{out}}) \quad (11)$$

$$\Phi_{\text{prostupem, pokoj}} = (5,92 + 0 + 9,135 + 0,39) \cdot (20 - (-12))$$

$$\Phi_{\text{prostupem, pokoj}} = 494,10 \text{ W}$$

## 5.4. Výpočet tepelných ztrát větráním

Metodika výpočtu rozlišuje objekty s přirozeným větráním a objekty s větracím systémem. V našem případě jde o objekt s přirozeným větráním, u kterého se započítává přírodní vzduch s tepelně technickými parametry platnými pro venkovní vzduch.

Takže u stavby bez větracího systému se objemový tok vzduchu stanoví jako vyšší z hodnot větráním infiltrací a minimálního hygienického množství vzduchu. První si vypočítáme **větrání infiltrací**:

$$V_{\text{inf, pokoj}} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e \cdot \varepsilon \quad (8)$$

$$V_{\text{inf, pokoj}} = 2 \cdot 27,72 \cdot 4 \cdot 0,02 \cdot 1$$

$$V_{\text{inf, pokoj}} = 4,44 \text{ [m}^3/\text{h]}$$



Jako druhý vypočítáme nejmenší požadované **množství vzduchu z hygienických důvodů**:

$$V_{\min, \text{ pokoj}} = V_m \cdot n_{\min} \quad (9)$$

$$V_{\min, \text{ pokoj}} = 27,72 \cdot 0,5$$

$$V_{\min, \text{ pokoj}} = 13,86 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Hodnota výměny vzduchu vytápěného prostoru pro výpočet návrhového součinitele tepelné ztráty je maximum z výměny vzduchu infiltrací  $V_{\text{inf}}$  a minimální výměny vzduchu  $V_{\min}$  požadované z hygienických důvodů.

$$\Phi_{\text{větráním, pokoj}} = \max (V_{\text{inf}}; V_{\min}) \cdot 0,34 \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{out}}) \quad (10)$$

$$\Phi_{\text{větráním, pokoj}} = \max (4,44; 13,86) \cdot 0,34 \cdot (20 - (-12))$$

$$\Phi_{\text{větráním, pokoj}} = 150,80 \text{ W}$$

## 5.5. Výpočet celkové tepelné ztráty

Celková ztráta vzorového vytápěného pokoje (1.05) vypočítaná součtem tepelné ztráty prostupem tepla a větráním je vyjádřena pro systém Porotherm 40:

$$\Phi = \Phi_{\text{prostupem}} + \Phi_{\text{větráním}} \quad (1)$$

$$\Phi, \text{ pokoj} = 494,10 + 150,80$$

$$\Phi, \text{ pokoj} = 644,9 \text{ W}$$

Ztráty jednotlivých místností vychází pro oba systémy porothermu velmi podobně, až na pár výjimek, kde je rozdíl větší (1.05, 1.07). Ovšem pro objekt s takovou tepelnou ztrátou jsou rozdíly opravdu téměř zanedbatelné. U místnosti (2.02) vzniká tepelný zisk prakticky o stejné hodnotě. Je to způsobeno nulovou plochou stěny sousedící s venkovním prostorem a kladným tepelným tokem z okolních místností.

Systém ytong vychází nejlépe z pohledu celkových ztrát. Tepelné ztráty jsou výrazně nižší než u systému porotherm 40. Oproti tomu systém ytong a porotherm 38 jsou u některých místností ztráty velmi blízké (např. 1.05, 1.07 - je to opak případu obou porothermů).

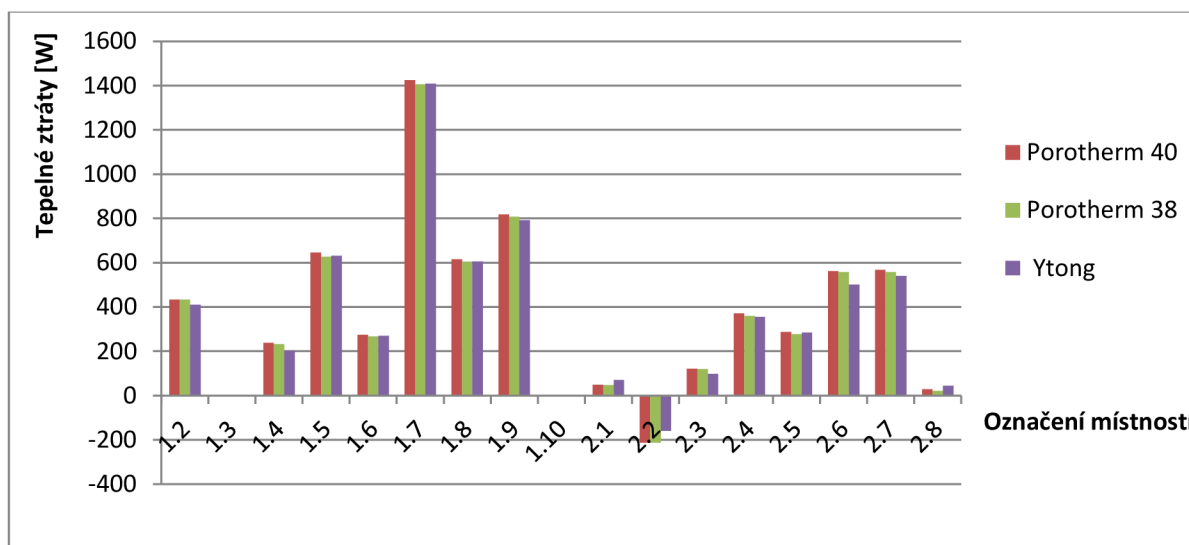
Z mého pohledu jsou nejzajímavějšími místnostmi místnosti 2.1 a 2.8, kde vzniká největší ztráta u systému ytong, který má nejnižší prostup tepla oproti systémům porotherm. Je to způsobeno právě dobrými tepelně technickými vlastnostmi zdiva. Tyto místnosti jsou z velké části obklopeny okolními místnostmi, vytápěnými na vyšší teplotu, tudíž jsou z těchto stěn místnosti dotovány teplem. Stěny do venkovních prostor mají naopak malou plochu a celkově je místnost vytápěna na nižší teplotu tzn. menší rozdíl teplot. Stejně tak je tomu i u místnosti 2.02, kde ze stejného důvodu je zjištěn menší tepelný zisk u ytongu než porothermu.

Celkové ztráty pro danou stavbu vychází velmi podobně (s rozdílem menším než tři procenta). Kdy systém ytong vychází nejlépe a to na 6 054 W a nejhůře vychází systém porotherm 40 (6 221 W), který je uvedený v projektové dokumentaci. Viz tabulka č. 13.

Označení místnosti	Tepelné ztráty $\Sigma$ [W]	Tepelné ztráty $\Sigma$ [W]	Tepelné ztráty $\Sigma$ [W]
	Porotherm 40	Porotherm 38	Ytong
1.2	434	433	410
1.3	0	0	0
1.4	238	233	203
1.5	645	627	631
1.6	274	267	269
1.7	1 425	1 405	1 409
1.8	615	603	605
1.9	818	808	791
1.10	0	0	0
2.1	49	47	71
2.2	-213	-213	-160
2.3	121	119	99
2.4	371	360	354
2.5	287	277	285
2.6	562	558	500
2.7	568	557	540
2.8	28	21	45
	<b>6 221</b>	<b>6 102</b>	<b>6 054</b>

Tab. č. 13. Celkové tepelné ztráty pro všechny systémy

Z obrázku č. 15 je patrné, že rozdíl tepelných ztrát mezi prvním a druhým patrem je taktéž docela značný. Největší ztráta vzniká v obývacím pokoji (1.7), který je spojený se schodištěm. Je to největší místností v prvním patře, tedy i velká plocha podlahy (ztráta do zeminy) a obvodových zdí, ve kterých je dokonce umístěno francouzské okno (ztráta do venkovních prostor). Za to nejmenší ztráta vzniká v druhém patře na schodišti (2.1) a šatně (2.8). Ve dvou místnostech nevytápíme, protože nejsou obytné (technická místnost - 1.3 a spíž - 1.10). U naší stavby vzniká jen jeden tepelný zisk (chodba - 2.2).



Obr. č. 15. Graf tepelné ztráty jednotlivých místností

## 6 Vytápění

V této části se budeme zabývat vytápěním daného objektu. Jak správně dimenzovat otopná tělesa, ale také jak správně vybrat potřebný kotel. Tyto úkony jsou důležité z pohledu efektivnosti využití zdroje energie pro vytápění. Budeme porovnávat dvě varianty systémů, z nichž jedna by měla být použita spíše pro nízkoteplotní vytápění (kondenzační kotel) a druhá je universální (elektrokotel). Z obecného pohledu je pro uchování a získání energie vhodnější pracovat s nižšími teplotami, proto jsme tedy volili variantu, která s nimi uvažuje.

### 6.1. Otopná tělesa

Na základě zjištěných tepelných ztrát jsme navrhli pro jednotlivé místnosti otopná tělesa, bez ohledu na druh materiálu použitého pro stavbu, protože navrženými radiátory jsme pokryli ztráty jak pro systémy porothermu tak i pro systém ytong. Skutečný výkon otopného tělesa by měl být navržen vždy vyšší než tepelná ztráta, aby bylo možné pokrýt i ztráty, vzniklé ve dnech kdy venkovní teplota klesne pod návrhovou teplotu.

Otopná tělesa byla navržena tak, aby všechna měla stejnou výšku. Takto jsme činili čistě proto, aby působila vkusně a designově. Měnili se pouze délky radiátorů, a to na základě délky oken, pod které se radiátory nejčastěji umísťují. U takto umístěných těles je možné bez problému dosáhnout tepelného toku, jenž je uváděný výrobcem. Při umístění radiátoru jinam než k venkovní stěně resp. stěně s nevyšší hodnotou tepelného toku dojde ke změně proudění teplého vzduchu a otopná tělesa budou dosahovat nižších výkonů, stejně tak jako, kdyby byla umístěna za překážku popřípadě příliš blízko ke stěně či podlaze.

Radiátory se také lišily typem. Vybíraly jsme radiátory od firmy KORADO. Volily jsme RADIK VK typ 11, 21, 33. Celkové náklady za radiátory vyšly na 67 215 Kč a potrubí jsme počítali 15 % z nákladů na otopná tělesa, což činí 10 082 Kč. Pro konkrétnější přehled otopných těles slouží tabulka č. 14, pro umístění pak výkresy příloh č. 9 a č. 10.

Označení místnosti	Vnitřní teplota $t_{int}$ [°C]	Tepelné ztráty [W]	Typ otopného tělesa	Skutečný výkon tělesa teplotní spád 55/45 °C	Cena s DPH [Kč]
		Porotherm 40			
1.2	20	434	Radik VK Typ 33 – 600 x 500 mm	628	5 922
1.3	-	0	-	0	0
1.4	20	238	Radik VK Typ 11 – 700 x 500 mm	305	3 166
1.5	20	645	Radik VK Typ 21 – 1 400 x 500 mm	787	5 363
1.6	20	274	Radik VK Typ 21 – 600 x 500 mm	337	3 751
1.7	20	1425	Radik VK Typ 33 – 1 600 x 500 mm	1 674	9 415
1.8	20	615	Radik VK Typ 21 – 1 400 x 500 mm	787	5 363
1.9	20	818	Radik VK Typ 33 – 1 000 x 500 mm	1 046	7 319
1.10	-	0	-	0	0
2.1	15	49	Radik VK Typ 11 – 400 x 500 mm	214	2 674
2.2	15	-213	-	0	0
2.3	20	121	Radik VK Typ 11 – 400 x 500 mm	174	2 674
2.4	20	371	Radik VK Typ 11 – 1 000 x 500 mm	435	3 659
2.5	20	287	Radik VK Typ 11 – 1 000 x 500 mm	435	3 659
2.6	24	562	Radik VK Typ 33 – 800 x 500 mm	689	6 620
2.7	20	568	Radik VK Typ 21 – 1 200 x 500 mm	675	4 956
2.8	15	28	Radik VK Typ 11 – 400 x 500 mm	214	2 674
<b>Celkem</b>				<b>8 400</b>	<b>67 215</b>

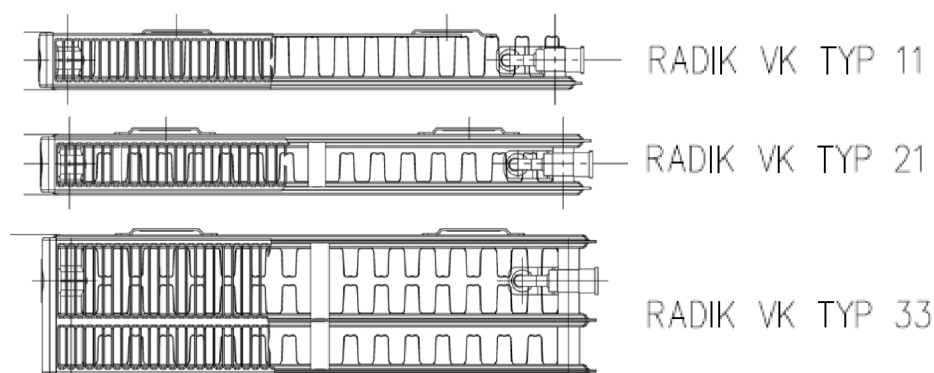
Tab. č. 14. Přehled navržených otopných těles

Radiátory Radik VK jsou desková otopná tělesa v provedení VENTIL KOMPAKT, který umožňuje pravé spodní připojení na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Výšky se pohybují od 300 do 900 mm. U délek je větší rozsah, a to od 400 do 3 000 mm. Hloubka se liší pouze podle typu vybraného radiátoru. [17]

Do šesti místností jsme navrhli radiátor Radik VK Typ 11 (3 x délka 400 mm v 2.NP, 2 x délka 1 000 mm taktéž 2.NP a jeden s délkou 700 mm v 1.NP). Skládá se z otopné desky a konvektivního plechu.

Dále jsme použili radiátor Radik VK Typ 21 a to celkem čtyřikrát (2 x délka 1 400 mm v 1.NP, jeden radiátor délky 600 mm také v 1.NP a jeden radiátor délky 1 200 mm v 2.NP). Tento radiátor se skládá z konvektivního plechu vloženého mezi dvě otopné desky.

Ve zbylých čtyřech místnostech jsme použili silnější radiátor, a to Radik VK Typ 33 (s délkami 600, 1 000, 1 600 mm v 1.NP a jeden s délkou 800 mm ve 2.NP). Radiátor se skládá ze tří otopných desek a se třemi konvektivními plechy vloženými mezi desky. Viz obr. č. 16.



Obr. č. 16. Druhy radiátoru [17]

## 6.2. Kotle

Součtem tepelných výkonů navržených otopných těles jsme zjistili potřebnou celkovou energii, kterou musíme dodat do celého objektu vhodně zvoleným kotlem. Rozhodli jsme se porovnávat dva druhy kotlů. Plynový a elektrický od výrobce Thermona. Kotle jsme navrhovali pro celkový skutečný výkon těles, který je 8 400 W. Výkony potřebné pro vytápění domu v jednotlivých dnech v roce pro jednotlivé systémy jsme uvedli v příloze č. 5, 6, 7.

Co se týká technické místnosti, liší se právě použitím určitého kotle. V našem případě u plynového kotle je potřeba odvádět spaliny. Proto bylo z nutné zajistit odvod spalin z místnosti kde je kotel umístěn. Tohoto jsme docílili kouřovodem, který byl veden mimo dům a nebyla tak snížena užitná podlahová plocha jak v technické místnosti, tak i v místnosti nad ní (viz příloha č. 8). V druhém případě u elektrického kotle nevzniká potřeba odvádět spaliny, jelikož se žádné netvoří, tím pádem není potřeba kouřovod (viz příloha č. 9).

### 6.2.1 Plynový kotel

Vybrali jsme závěsný kondenzační kotel THERM 14 KD. A (viz obr. č. 17), který má rozsah tepelného výkonu na vytápění 2 400 – 14 600 W.



Obr. č. 17. THERM 14 KD. A [18]

Kondenzační kotle se vyznačují vysokou účinností při ohřevu vody na nižší teploty, protože využívají teplo z kondenzace vlhkosti ve spalinách. Toto je také hlavní důvod proč byly radiátory navrhovány pro teplotní spád 55/45 °C. Je možné jej použít i pro vyšší teploty. Při vyšších teplotách se jejich účinnost snižuje a vrací se na hodnotu atmosférických plynových kotlů. Tento kotel dosahuje účinnosti v rozmezí 98 až 106 % a dle technických a výkonových parametrů je dostačující pro uspokojení potřeby tepla dodávaného v topné sezóně do našeho objektu otopnými tělesy. Cena plynového kotle činí 36 179 Kč s DPH. Viz tabulka č. 15.

Rozměry: výška / šířka / hloubka	725 / 430 / 300 mm
Hmotnost kotle	32 kg
Průměr kouřovodu	60/100, 80/125, 2x80 mm
Palivo	zemní plyn
Spotřeba plynu	0,26 - 1,46 m <sup>3</sup> /h
Třída sezónní energetické účinnosti topení	A
Max. tepelný příkon	13,8 kW
Min. až max. tepelný výkon na vytápění	2,4 – 14,6 kW
Max. tepelný příkon	80 °C
Účinnost kotle	98 – 106 %
Jmenovité napájecí napětí/frekvence	230/50 ~ V/Hz
Pomocná el. energie při jmenovitém tepelném výkonu	63 W

Tab. č. 15. Technické údaje THERM 14 KD. A [18]

Následně jsme přistoupili k dalšímu kroku, dle mého názoru jednomu z nejdůležitějších. V této části jsme totiž počítali roční náklady na provoz daného domu při použití plynového kotle. Výsledné hodnoty jsou zapsány v tabulce č. 16, dále pak ukázka vzorového výpočtu (19), který znázorňuje přepočet tepelné ztráty pro konkrétní venkovní teplotu daného dne.

Porovnávali jsme různé venkovní podmínky resp. tepelné ztráty vztažené k dané denní teplotě. Z českého hydrometeorologického ústavu jsme si stáhli data pro jeden konkrétní rok, který jsme použili při výpočtu spotřeby energie. Pracovali jsme s naměřenými hodnotami resp. s denními minimy a maximy z nichž jsme navíc ještě udělali průměr, dále jsou tyto hodnoty označovány jako MIN, MAX a AVR.

Na základě těchto konkrétních údajů jsme vypočetli roční spotřeby plynu se zohledněním účinnosti kotle. Samozřejmě bylo uvažováno pouze se dny, kdy byla venkovní teplota nižší než teplota domu, pro niž jsme uvažovali dvacet stupňů. V tomto případě bylo uvažováno s tepelnou ztrátou domu jako s celkem. A to navzdory faktu, že v určitých místnostech byla výpočtová teplota různá. Výsledná spotřeba byla počítána jako výkon, v našem případě tepelná ztráta každého dne, kdy je teplota nižší, který bude muset být dodáván určité množství času (24 hodin), následně pak přepočtena dle ceníku E-ON, kde cena za 1MWh činila 705 Kč bez DPH.

Dále jsme pracovali pouze s průměrnou hodnotou spotřeby energie a její ceny. Tento počín byl opodstatněný jak rozdílem ceny, který byl při jiném teplotním označení (max, min, avr) stěží patrný, tak právě i z pohledu denního vývoje teplot, který se v průběhu dne vyvíjí a dalo by se říci, že se blíží námi volené průměrné teplotě. Po takto vypočítaném ročním nákladu jsme ještě připočetli DPH (pro plyn jde o vyšší sazbu dosahující hodnoty 21%) s výsledkem 14 209 Kč.

Průměrná tepelná ztráta pro den 1. ledna se počítá:

$$AVR_{ztr} = \frac{\phi}{(avr\ t_{int} - avr\ t_{out,1.1})} \cdot (avr\ t_{int} - avr\ t_{out,1.1}) \quad (19)$$

$$AVR_{ztr,1.1} = \frac{6,22}{(20 - (-12))} \cdot (20 - (-2,9))$$

$$AVR_{ztr,1.1} = 4,44\ kW$$

Kde:

AVR<sub>ztr...</sub> průměrná tepelná ztráta pro konkrétní den  
 avr t<sub>int...</sub> průměrná vnitřní teplota, je 20 °C  
 avr t<sub>out,1.1...</sub> průměrná venkovní teplota pro 1. ledna je -2,9 °C; hodnota je brána s českého hydrometeorologického ústavu

<b>Porotherm 40</b>	<b>Účinnost</b>	<b>Spotřeba pro MIN [MWh]</b>	<b>Spotřeba pro MAX [MWh]</b>	<b>Spotřeba pro AVR [MWh]</b>	<b>Cena za MWh plynu bez DPH</b>
	1,06	25,1	12,6	17,7	705 Kč
Plynový kotel		23,7	11,9	16,7	
Cena za topení bez DPH		16 723,3 Kč	8 389,1 Kč	11743,2 Kč	
Cena za topení s DPH		20 235 Kč	10 151 Kč	14 209 Kč	

Tab. č. 16. Cena za vytápění plynovým kotlem pro systém Porotherm 40

Náklady u jednotlivých systémů vytápěné plynovým kotlem vyšly velice podobně a to proto, že podobně vyšly i tepelné ztráty. Viz tab. č. 17.

Systém	Cena s DPH
Porotherm 40	14 209 Kč
Porotherm 38	13 939 Kč
Ytong	13 828 Kč

Tab. č. 17. Cena za vytápění plynovým kotlem pro všechny systémy

## 6.2.2 Elektrický kotel

Vybrali jsme elektrokotel THERM EL 9 (viz obr. č. 18), který má jmenovitý tepelný výkon 9 000 W.



Obr. č. 18. THERM EL 9 [18]

Výhodou elektrických kotlů je jejich vysoká účinnost. U veškerých elektrických zařízení dosahuje prakticky sta procent, protože přeměňují elektrickou energii přímo na energii požadovanou, ať už (v našem případě) na tepelnou nebo u elektromotorů (např. čerpadla) na mechanickou. Další předností je bezproblémový chod a snadná údržba. To je zapříčiněno jednoduchou konstrukcí a minimem pohyblivých mechanických částí v zařízení. Hlavními částmi elektrokotle jsou totiž jen topné tyče o patřičném výkonu, termostatické spínací a pojistné prvky a v neposlední řadě oběhové čerpadlo využívané k nucenému oběhu topné vody.

Tyto přednosti jsou bohužel kompenzovány vyššími cenami elektrické energie a traduje se obecný předpoklad nevýhodnosti použití elektrického vytápění. Nemusí to být ovšem pravidlem. Nízká pořizovací cena a vysoká životnost zařízení mohou, za určitých okolností hrát, do karet právě elektrokotlům a vůbec elektrickému vytápění jako takovému, což je důvod proč jsme si zvolili tento kotel, coby zdroj tepla pro otopná tělesa. Tento kotel je svými výkonovými parametry dostačující pro náš celkový potřebný výkon otopných těles. Cena elektrokotle je 24 079 Kč s DPH. Viz tabulka č. 18.

Rozměry: výška / šířka / hloubka	638 / 475 / 238 mm
Hmotnost kotle	27 kg
Třída sezónní energetické účinnosti topení	D
Účinnost kotle	99,5 %
Jmenovitý tepelný výkon	9 kW
Min. regulační stupeň výkonu	1 000 W
Jmenovitý proud	13 (39) A
Max. jmenovitý proud	3 x 14 (1 x 42) A
Jmenovité napájecí napětí/frekvence	3 x 400/230 + N + PE/50 ~ V/Hz
Max. teplota otopné vody	80 °C
Vodní objem kotle	6 l
Objem expanzní nádoby	7 l

Tab. č. 18. Technické údaje THERM EL 9 [18]

U elektrického kotle byl postup úplně stejný jako v předchozím případě při výpočtu ročních nákladů za vytápění. Cena za MWh je však u elektrického proudu prakticky dvakrát vyšší. Činí 1 299 Kč/MWh pro odběr od společnosti E-ON. Dokonce i účinnost elektrokotle byla horší než u kondenzačního kotle. Stejně jako v předchozím případě jsme uvažovali s různými denními teplotami (MAX, MIN, AVR), avšak jejich ceny resp. jejich rozdíly cen za vytápění pro jednotlivé systémy byly podobně malé jako v předchozím případě. Pro systém porotherm 40 byly roční náklady na vytápění elektrokotlem 27 892 Kč s DPH. Viz tabulka č. 19.

<b>Porotherm 40</b>	<b>Účinnost</b>	<b>Spotřeba pro MIN [MWh]</b>	<b>Spotřeba pro MAX [MWh]</b>	<b>Spotřeba pro AVR [MWh]</b>	<b>Cena za MWh plynu bez DPH</b>
	0,995	25,14	12,6	17,7	1 299 Kč
Elektrokotel		25,3	12,7	17,7	
Cena za topení bez DPH		32 826,5 Kč	16 467,2 Kč	23 050,9 Kč	
Cena za topení s DPH		39 720 Kč	19 925 Kč	27 892 Kč	

Tab. č. 19. Cena za vytápění elektrokotlem pro systém Porotherm 40

U plynového kotle, i u elektrického kotle vyšli celkové provozní náklady za rok u všech systému velmi podobně. Jak už bylo zmíněno, je to z důvodu velmi podobných tepelných ztrát. Viz tab. č. 20.

<b>Systém</b>	<b>Cena s DPH</b>
Porotherm 40	27 892 Kč
Porotherm 38	27 361 Kč
Ytong	27 142 Kč

Tab. č. 20. Cena za vytápění elektrokotlem pro všechny systémy



## 7 Porovnání

V této části se budeme zabývat porovnáváním již vypočítaných hodnot, jež byly zmíněny v předchozích kapitolách. Nejdříve se tedy podívejme na pořizovací cenu daných systémů. Pohybuje se v rozmezí 510 000 až 630 000 Kč. Přičemž nejnižší cenu má samozřejmě systém Ytong. Nejvyšší má naopak systém Porotherm 38. Je to způsobeno stěnou obvodového pláště, kde jsou vzduchové mezery uvnitř cihelných bloků vyplněny minerální vatou, která způsobuje značné navýšení ceny. Největší rozdíl pořizovací ceny je tedy mezi systémem Ytong a Porotherm 38 viz tabulka č. 21.

Systém	Pořizovací náklady v Kč s DPH	Rozdíl Porotherm 40	Rozdíl Porotherm 38	Rozdíl Ytong
Porotherm 40	534 003	0	95 527	-21 539
Porotherm 38	629 530	-95 527	0	-117 066
Ytong	512 464	21 539	117 066	0

Tab. č. 21. Pořizovací náklady systémů a rozdíly mezi nimi

K pořizovacím nákladům patří i náklady na koupi kotlů. V našem případě jsme porovnávali pouze elektrokotel a jeden typ plynového kotle. Ceny jednotlivých zařízení se různí jak podle výrobce, tak podle účelu, zpracování a i dalších kritérií. Abychom předešli různým komplikacím při výběru, volili jsme oba kotle od stejného výrobce. Dále jsme hleděli na maximální výkon, který neměl příliš převyšovat výkon potřebný k vytápění. Další přídatné funkce jsme nevyhledávali a snažili se vybrat kotel i v přijatelné cenové relaci. Cena elektrokotle byla tedy 24 079 Kč s DPH a plynového kotle 36 179 s DPH, tedy byl o 12 100 Kč dražší.

Navzdory velkým rozdílům pořizovacích cen jednotlivých systémů byly výsledné tepelné ztráty prakticky srovnatelné a pohybovali se lehce nad 6000 wattů. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 22. Ve fázi návrhu jsme odhadovali, že systém Porotherm 38, kde je přidána minerální vata, bude mít teplenou ztrátu nejnižší. Naše očekávání však nebylo naplněno a nejnižší teplenou ztrátou se mohl pyšnit systém Ytong. Tento fakt byl způsoben strukturou materiálu. Tedy tím, že jeho součinitel prostupu tepla lambda byl velice nízký u všech stavebních dílců.

Systém	Tepelná ztráta [W]
Porotherm 40	6 221
Porotherm 38	6 103
Ytong	6 054

Tab. č. 22. Tepelné ztráty systémů

Roční provozní náklady na vytápění vychází pro všechny systémy velmi podobně. Cena za vytápění plynovým kotlem dosahuje maximálně hodnoty 14 209 Kč s DPH, avšak cenové rozdíly se pohybují pouze v řádech stokorun, viz tabulka č. 23.

System	Roční cena vytápění plynovým kotlem v Kč s DPH	Rozdíl Porotherm 40	Rozdíl Porotherm 38	Rozdíl Ytong
Porotherm 40	14 209	0	270	382
Porotherm 38	13 939	-270	0	112
Ytong	13 828	-382	-112	0

Tab. č. 23. Provozní náklady na vytápění plyn. kotlem a rozdíly mezi nimi

Naopak u vytápění elektrokotlem jsou roční provozní náklady skoro dvojnásobné oproti plynovému kotli, pohybují se kolem 27 000 Kč s DPH. Je to způsobeno cenou elektrické energie za MWh, která je mnohem dražší než u plynu. Avšak rozdíly cen za vytápění mezi jednotlivými systémy jsou taktéž srovnatelné viz tab. č. 24.

System	Roční cena vytápění elektrickým kotlem v Kč s DPH	Rozdíl Porotherm 40	Rozdíl Porotherm 38	Rozdíl Ytong
Porotherm 40	27 892	0	530	749
Porotherm 38	27 361	-530	0	219
Ytong	27 142	-749	-219	0

Tab. č. 24. Provozní náklady na vytápění el. kotlem a rozdíly mezi nimi

Celkové pořizovací náklady se skládají z celkové ceny materiálů daných systémů, ceny kotle, celkové ceny otopných těles a ceny za potrubí.

Nejdříve se podíváme, jak vycházejí pořizovací náklady při použití plynového kotle. Cena je v rozmezí od 625 000 do 744 000 Kč. Oproti tomu provozní náklady jsou o 98 % menší a to v rozmezí od 13 800 až 14 300 Kč viz tabulka č. 25.

System	Pořizovací náklady	Roční provozní náklady	Celkové roční náklady
Porotherm 40	647 479 Kč	14 209 Kč	661 688 Kč
Porotherm 38	743 006 Kč	13 939 Kč	756 945 Kč
Ytong	625 940 Kč	13 828 Kč	639 768 Kč

Tab. č. 25. Náklady s použitím plynového kotle

V případě použití elektrického kotle byli pořizovací náklady od 613 000 do 73100 Kč. Naopak provozní náklady vyšli o 96 % nižší a vychází kolem 27 000 Kč, viz tabulka č. 26.

System	Pořizovací náklady	Roční provozní náklady	Celkové roční náklady
Porotherm 40	635 379 Kč	27 892 Kč	663 271 Kč
Porotherm 38	730 906 Kč	27 361 Kč	758 267 Kč
Ytong	613 840 Kč	27 142 Kč	640 982 Kč

Tab. č. 26. Náklady s použitím elektrického kotle

V dalším roce už nejsou žádné pořizovací náklady a zajímají nás jen provozní náklady. Takže i když se nám zdá, že se celkové náklady v prvním roce vyrovnali, nehledě na způsob vytápění, je to právě kvůli rozdílům cen kotlů a také kvůli odlišné ceně za MWh. V dalších letech je však zřejmé, že větší investice do plynového kotle je velmi výhodná.

## 7.1. Návratnost

Po dokončení výpočtů veškerých nákladů jsme se pokusili zhodnotit, který systém pro nás bude výhodnější a zda vlastně bude záležet na zvoleném způsobu vytápění. V první řadě jsme hodnotili návratnost kotle. Rozhodovali jsme se mezi investicí do elektrokotle nebo do plynového kotle. Elektrokotel byl cenově příznivější, ovšem elektrická energie nutná pro chod zařízení není zrovna dvakrát levná. Oproti tomu pořízení plynového kotle bylo o poznání finančně náročnější, leč následně jeho provoz byl levnější kvůli příznivé ceně plynu.

Porovnávali jsme tedy rozdíly nákladů na vytápění jednotlivých systémů při použití obou kotlů. Z nich jsme určili, za jak dlouho bude investice do dražšího plynového kotle stejná jako investice do elektrokotle, tady vlastně dobu od které se nám plynový kotel vyplatí a my budeme mít šetrnější a ekonomičtější provoz. Z logiky věci vyplývá, že čím větší ztrátu mám, tím více protopím, bude větší rozdíl provozních nákladů a tím pádem i kratší čas návratnosti. Kvůli tvaru objektu, návrhovým teplotám v místnostech a použitém materiálu byla tepelná ztráta srovnatelná. To mělo za následek i prakticky stejné ceny za vytápění a velmi blízké hodnoty návratnosti investice do kotle, která dosahovala prakticky jednoho roku, viz tabulka č. 27.

Systém	Rozdíl cen za vytápění	Návratnost investice na kotel [rok]
Porotherm 40	13 682 Kč	0,88
Porotherm 38	13 422 Kč	0,90
Ytong	13 315 Kč	0,91

Tab. č. 27. Návratnost kotlů

Dále jsme se zabývali hodnocením těchto systémů za použití obou způsobů vytápění. Pracovali jsme s provozními i pořizovacími náklady. Jak je vidět v tabulce č. 28, nejlepších výsledků dosáhnul systém Ytong s plynovým vytápěním, jemuž se žádný systém nemohl rovnat. Nejhůře dopadl systém Porotherm 38 vytápěný elektricky. Přičemž je nutno podotknout, že zde elektrické vytápění nebylo vůbec vhodné ani v jednom případě. Systém Porotherm 40 by vzhledem k jeho nízké ceně mohl bez problémů konkurovat Porothermu 38, kde rozdíl pořizovacích a provozních nákladů při stejném způsobu vytápění dosahoval minimálně 180 let. Pouze když jsme srovnávali systémy využívající elektrické vytápění s plynovým, bylo možné systému Ytong konkurovat.

Systémy	Porotherm 40 - e	Porotherm 38 - e	Ytong - e	Porotherm 40 - p	Porotherm 38 - p	Ytong - p
<b>Porotherm 40 - e</b>	0,00	180,20	-28,75	0,88	7,71	-0,67
<b>Porotherm 38 - e</b>	180,20	0,00	-534,27	-6,34	0,90	-7,76
<b>Ytong - e</b>	-28,75	-534,27	0,00	2,60	9,78	0,91
<b>Porotherm 40 - p</b>	0,88	-6,34	2,60	0,00	353,71	-56,43
<b>Porotherm 38 - p</b>	7,71	0,90	9,78	353,71	0,00	-1048,73
<b>Ytong - p</b>	-0,67	-7,76	0,91	-56,43	-1048,73	0,00

Tab. č. 28. Návratnost při použití různých systémů a vytápění

\*\* Kladná hodnota značí dobu, po kterou se nám vyplatí systém provozovat, rest. od které je druhý systém výhodnější (např. systém Porotherm 40 – e při výměně za systém Porotherm 38 – e se vyplatí až po 180). Je-li hodnota záporná, výměna systému nemá smysl, provoz i pořízení je dražší.

\*\*\* e = elektřina / p = plyn

## 8 Závěr

Naším úkolem bylo zhodnotit rodinný dům z pohledu použití různých materiálů. Pracovali jsme se změnami materiálů zdi, překladů, stropů a věncovek. Zabývali jsme se rozdílností mezi klasickými a pórobetonovými bloky a to ve třech variantách nazvaných dle použitého obvodového zdiva.

První varianta byla nazvána Porotherm 40 a zůstala zachována přesně tak, jak bylo uváděno v projektové dokumentaci.

Druhá varianta dostala název Porotherm 38, jak již bylo řečeno, podle cihelného bloku použitého na stavbu obvodové zdi. Prakticky byl měněn pouze tento cihelný blok, který je vyplněn minerální vatou pro dosažení lepších tepelně technických vlastností. Ostatní prvky byly zachovány.

Poslední varianta dostala název Ytong. Jelikož zde byl použit úplně jiný materiál, musely být prvky přepracovány a prakticky vše bylo změněno do povahy pórobetonu.

Nejprve jsme se u našich systémů zabývali pořizovací cenou. Ta je důležitá převážně z pohledu dostupnosti stavby, ale může být i indikátorem výše provozních nákladů. Nejvyšší pořizovací náklady měl systém Porotherm 38, kde se částka vyšplhala až na 629 530 Kč s DPH. Cena dosahuje takovéto výše právě pro použití cihelných bloků vyplněných minerální vatou. Jedná se o bloky, které se provozují teprve krátce a proto je jejich cena prozatím docela vysoká. Cena u systému Porotherm 40 byla druhá nejnižší a její hodnota dosahovala výše 534 003 Kč s DPH. U systému Ytong byly pořizovací náklady nejnižší. Dosahovali pouze 512 464 Kč s DPH. Z pohledu nákladů na materiály se mohou zdát rozdíly poměrně značné, jelikož dosahovali rozdílu 120 000 Kč, avšak při srovnání s náklady na pořízení celého domu, rozdíl už není tolik markantní.

Následně jsme se zabývali tepelnou ztrátou u daného objektu. Tento údaj je pro nás taktéž velmi důležitý, abychom mohli správně navrhnout otopná tělesa a kotel a abychom mohli dále vyčíslit i provozní náklady.

U systému Porotherm 40 byla tepelná ztráta největší, dosahovala hodnoty 6 221 W, a to právě proto, že již součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  byl největší s porovnáním s ostatními materiály. Systém Porotherm 38 má druhou nejnižší vypočtenou hodnotu tepelné ztráty 6 103 W. Této hodnoty bylo dosaženo kvůli lepším izolačním vlastnostem minerální vaty oproti vzduchovým mezerám u systému Porotherm 40. Nejlepších hodnot dosáhl systém Ytong, čemuž se ani nemůžeme divit, protože měl nejnižší součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Hodnota jeho tepelné ztráty byla 6 054 W. Ovšem opět z celkového pohledu na tepelné ztráty jsou rozdíly mezi jednotlivými systémy velmi nepatrné.

Po dopočítání tepelných ztrát nebyl návrh otopných těles vůbec složitý. Vybírali jsme otopná tělesa tak, aby jejich výkon uspokojil potřeby celého domu nehledě na použitý systém, a to při teplotním spádu 55/45 °C. Celkový výkon použitých radiátorů byl 8 400 W a díky tomu pokrývá nároky na vytápění při venkovní teplotě -12°C a průměrné vnitřní teplotě 20°C a při této návrhové vnitřní teplotě dovede obstarat tepelnou pohodu i při snížení venkovní teploty na cca -23°C, popřípadě vytvořit teplotní rozdíl 43K. Konečná cena otopných těles byla 67 215 Kč s DPH. Cena potrubí vyšla na 10 082 Kč a je stejná pro všechny systémy. Na základě skutečného výkonu těles jsme navrhovali dva druhy kotlů plynový a elektrický.

Požizovací náklady na plynový kotel jsou sice větší než na elektrický kotel, ale zato provozní náklady na rok jsou o polovinu nižší než u elektrokotle. Cena elektrokotle vychází na 24 079 Kč s DPH a cena plynové kotle je 36 179 Kč s DPH.

Po dokončení návrhu kotle jsme mohli začít vyčíslovat provozní náklady, které mají značný vliv na chod domácnosti. Samozřejmě by provozní náklady měly být mnohem nižší než náklady na pořízení a to se povedlo i v našem případě. Největší rozdíly v provozních

nákladech měl samozřejmě výběr kotle, ale nutno říci, že se při použití jednoho typu kotle skoro nelišili.

Pro systém Porotherm 40 u plynového kotle vycházely provozní náklady na 14 209 Kč s DPH, zato u elektrokotle vycházela skoro o polovinu větší, přesněji 27 892 Kč s DPH. Provozní náklady u systému Porotherm 38 vychází velmi podobně jak u předchozího systému. Roční provozní náklady u plynového kotle byli 13 939 Kč s DPH a u elektrokotle jsou 27 361 Kč s DPH. U posledního systému Ytong roční provozní náklady s použitím plynového kotle byly 13 828 Kč s DPH a pro elektrokotel je to 27 142 Kč s DPH.

Opravdu je dobře vidět, velký rozdíl mezi vytápěním plynovým kotlem a elektrokotlem. Tento fakt je způsoben velkým rozdílem cen za MWh elektřiny a plynu a pro tuto budovu bych použití elektřiny vůbec nedoporučovala a byla bych pro vytápění plynovým kotlem. Nutno ovšem říci, že náklady na vytápění budou nižší, protože do výpočtu spotřeby nebyly započítány tepelné zisky vzniklé osluněním, použitou elektronikou, která je v každé domácnosti přítomná v hojném počtu (PC, televize, pračky, myčky, atd.), a ani tepelné zisky z osob nacházející se v obytných prostorách. Zisky z každého jednoho člověka v klidovém režimu jsou totiž přibližně 100 W a jsou přítomny v době, kdy je největší tepelná ztráta, tedy od večera do rána a tedy pomáhají ulehčit otopné soustavě. Taktéž nebyl zohledněn elektrický chod plynového kotle, který je při nominálním výkonu 63 wattu a to z toho důvodu, že u elektrokotle nebyl tento údaj uveden, přesto pro výtop je elektrická energie nutná nejen z pohledu ohřevu topné vody, ale taktéž pro pohon oběhového čerpadla a řídicí elektroniky.

Z našich výsledků vychází nejlépe systém Ytong. Jeho pořizovací náklady, tepelná ztráta a z toho plynoucí provozní náklady byly nejnižší. Rozdíly mezi Porothermy, vzaty z globálního hlediska, jsou oproti tomu docela velké, protože při použití standardních dutých cihelných bloků byly menší pořizovací a větší provozní náklady než u cihelných bloků plněných minerální vatou. Tento rozdíl se nám ovšem vyrovná až po závratných 180 letech při použití elektrokotle.

Samozřejmě je nutné vědět, co od daného objektu očekáváme, protože oba materiály mají jak své výhody, tak i nevýhody. Cihelné bloky mají sice horší nasákavost, vysoká odolnost proti požáru, velmi vysokou pevnost v tlaku a velmi dobrou tepelnou izolaci. Nevýhodou je ovšem velká objemová hmotnost oproti pórobetonu, větší pracnost při stavbě a také horší opracovatelnost. Oproti tomu Ytong velmi dobře izoluje teplo, taktéž má velmi vysokou požární odolnost a také se výborně zpracovává a má malou objemovou hmotnost. Jeho nevýhodou je právě až několikanásobně menší pevnost v tlaku oproti keramice a taktéž je materiál velmi nasákavý a absorbuje i vzdušnou vlhkost.

Měli bychom se proto rozhodnout jaká vlastnost je pro nás nejdůležitější, jak velkou stavbu si hodláme pořídit, co se od ní bude očekávat a hlavně jaký materiál upřednostňujeme. Protože jak je vidět nedá se řídit pouze pořizovacími nebo provozními náklady, anebo módními trendy. Je nutné si uvědomit, že žádné šetření není zadarmo a není důležité se bezhlavě hnát za snižováním tepelných ztrát, protože ušetřením několika wattů bychom mohli prohospodařit nemalé peníze. Je tedy nutné se spíše zamyslet nad správným výběrem způsobu vytápění, kde jsou rozdíly z dlouhodobého hlediska mnohem markantnější.

## 9 Seznam použité literatury

- [1] Doc. Ing. L. Hačkajlová, CSc., *Stavební ekonomika: Doplnkové skriptum (Část III)*, Vydání: První, S33-HAČ, Praha: ČVUT, 1996.
- [2] Doc. Ing. A. Tichá, Ph.D., Doc. Ing. L. Marková, Ph.D., Doc. Ing. B. Puchýř, CSc. *CENY VE STAVEBNICTVÍ I: Rozpočtování a kalkulace*. Brno: VUT, 1999.
- [3] Doc. Ing. J. Novák, CSC., Doc. Ing. L. Hačkajlová, CSc., Ing. J. Nováková. *Ekonomika a management: Pro studenty bakalářského studia v programu SI*, Vydání: První, S33-NOV, Praha: ČVUT, 2004.
- [4] Doc. Ing. A. Tichá, Ph.D. a kol. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě: Díl 1*. Brno: CERM, 2004.
- [5] Doc. Ing. L. Marková, Ph.D. a kol. *Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě: Díl 2*. Brno: CERM, 2004.
- [6] Ing. M. Počinková. *TZB II - Vytápění budov: Tepelné ztráty budov, MODUL 1*. Brno, 2006, Opora.
- [7] Co je tepelná ztráta objektu a výpočet potřeby tepla na vytápění. Revitalizace [online]. 2011 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <http://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/>
- [8] *TZB-info* [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/>
- [9] Ing. M. Počinková. *TZB II - Vytápění budov: Otopná tělesa, MODUL 2*. Brno, 2006, Opora.
- [10] Ing. M. Počinková. *TZB II - Vytápění budov: Zdroje tepla - kotelny, MODUL 5*. Brno, 2006, Opora.
- [11] Wienerberger cihlářský průmysl, a. s. [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://wienerberger.cz/>
- [12] Stavebniny DEK a.s. [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/pobocka-brno/>
- [13] STAVEBNINY JOSEF VALA [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://stavebniny-levne.cz/>
- [14] SENESTA CZ s.r.o. [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.senesta.cz/>
- [15] Společnost Xella, Ytong [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/>

[16] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: ČNI, 2005.

[17] KORADO, a.s. [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/>

[18] THERMONA, spol. s r.o. [online]. 2017 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/>

[19] 2K Energy s.r.o.: Kondenzační kotle – princip [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.2kenergy.cz/novinky/jak-funguje-kondenzacni-kotel-9.html>

[20] Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>

[21] E.ON Česká republika, s.r.o. [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/>

## 10 Seznam použitých obrázků a tabulek

*Obr. č. 1. Struktura souhrnných nákladů výstavbového projektu*

*Obr. č. 2. Průběh pořizovacích nákladů*

*Obr. č. 3. Fáze životního cyklu stavby*

*Obr. č. 4. Fáze výstavbového projektu*

*Obr. č. 5. Vymezení obálky objektu*

*Obr. č. 6. Graf průběhu teplot v konstrukci*

*Obr. č. 7. Schéma rodinného domu – přízemí*

*Obr. č. 8. Schéma rodinného domu – poschodí*

*Obr. č. 9. Řez obvodového pláště*

*Obr. č. 10. Řez střechou a její vrstvy*

*Obr. č. 11. Řez podlahou v přízemí*

*Obr. č. 12. Porotherm 40 EKO + Profi*

*Obr. č. 13. Porotherm 38 T Profi*

*Obr. č. 14. Ytong Lambda YQ*

*Obr. č. 15. Graf tepelné ztráty jednotlivých místností*

*Obr. č. 16. Druhy radiátoru*

*Obr. č. 17. THERM 14 KD.A*

*Obr. č. 18. THERMEL 9*

*Tab. č. 1. Rozpis nákladů na stavbu*

*Tab. č. 2. Rekapitulace stavebních dílů*

*Tab. č. 3. Zdivo systému Porotherm 40*

*Tab. č. 4. Strop Porotherm*

*Tab. č. 5. Rekapitulace dílů – systému Porotherm 40*

*Tab. č. 6. Zdivo systému Porotherm 38*

*Tab. č. 7. Rekapitulace dílů – systému Porotherm 38*

*Tab. č. 8. Zdivo systému Ytong*

*Tab. č. 9. Strop Ytong*

*Tab. č. 10. Rekapitulace dílů – systém Ytong*

*Tab. č. 11. Výpočet součinitele U*

*Tab. č. 12. Obálková metoda*

*Tab. č. 13. Celkové tepelné ztráty pro všechny systémy*

*Tab. č. 14. Přehled navržených otopných těles*

*Tab. č. 15. Technické údaje THERM 14 KD.A*

*Tab. č. 16. Cena za vytápění plynovým kotlem pro systém Porotherm 40*



*Tab. č. 17. Cena za vytápění plynovým kotlem pro všechny systémy*

*Tab. č. 18. Technické údaje THERM EL 9*

*Tab. č. 19. Cena za vytápění elektrokotlem pro systém Porotherm 40*

*Tab. č. 20. Cena za vytápění elektrokotlem pro všechny systémy*

*Tab. č. 21. Pořizovací náklady systémů a rozdíly mezi nimi*

*Tab. č. 22. Tepelné ztráty systémů*

*Tab. č. 23. Provozní náklady na vytápění plyn. kotlem a rozdíly mezi nimi*

*Tab. č. 24. Provozní náklady na vytápění el. kotlem a rozdíly mezi nimi*

*Tab. č. 25. Náklady s použitím plynového kotle*

*Tab. č. 26. Náklady s použitím elektrického kotle*

*Tab. č. 27. Návratnost kotlů*

*Tab. č. 28. Návratnost při použití různých systémů a vytápění*

## **11 Seznam příloh**

Příloha č. 1. Celkový rozpočet

Příloha č. 2. Rozpočet – systém Porotherm 40

Příloha č. 3. Rozpočet – systém Porotherm 38

Příloha č. 4. Rozpočet – systém Ytong

Příloha č. 5. Graf: průběh tepelné ztráty po dobu 1 rok – systém Porotherm 40

Příloha č. 6. Graf: průběh tepelné ztráty po dobu 1 rok – systém Porotherm 38

Příloha č. 7. Graf: průběh tepelné ztráty po dobu 1 rok – systém Ytong

Příloha č. 8. Výkres – 1.NP návrh otopné soustavy (plynový kotel)

Příloha č. 9. Výkres – 1.NP návrh otopné soustavy (elektrický kotel)

Příloha č. 10. Výkres – 2.NP návrh otopné soustavy