

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Michal Krpec

© 2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Krpec

Technologická zařízení staveb

Název práce

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Název anglicky

Energy demand of renovated buildings

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena zhodnocení tepelně technických vlastností budov, jejich energetickou náročností a posouzení možnosti vhodné rekonstrukce. Práce zahrnuje posouzení tepelné bilance budovy a vyhodnocení realizace provedené rekonstrukce na základě vlastního výpočtu a měření.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Pohoda prostředí; spotřeba energie; tepelná bilance; tepelná izolace

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubínová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Tywniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 12. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Energetická náročnost rekonstruovaných budov" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2020

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za odborné konzultace, a také svým prarodičům, kteří poskytli prostory pro naměření hodnot.

Energetická náročnost rekonstruovaných budov

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je navržení vhodného zateplení budovy, a tím snížení energetické náročnosti vybraného objektu. Budova byla vystavena z cihel okolo roku 1906 v přilehlé části Olomouce zvané Chomoutov. V teoretické části je popsán princip tepelných izolací a jejich aplikační technologie. Je popsáno použité zařízení pro měření a v praktické části je objekt analyzován, současně je vypočten součinitel prostupu tepla, který je srovnán s normou pro rok 2020. Dále je navrženo vhodné zateplení pro získání dotací, vypočtená spotřeba a ekonomické zhodnocení rekonstrukce. Závěr je opatřen souhrnem informací zjištěných při analýze domu a také rozhodnutím, zdali je výhodné daný dům rekonstruovat.

Klíčová slova: analýza domu, návrh zateplení, tepelná izolace, tepelná pohoda

Energy efficiency of renovated buildings

Abstract

The aim of this thesis is design of the suitable of insulation building connected with the lower energy efficiency of the selected object, which was built in 1906 of bricks near the Olomouc in Chomoutov. In the theoretical part of this thesis is described principle heat isolations their types and then equipment used for measurement in the practical part is the object analysed and then calculated heat transfer coefficient which is compared with the norm for year 2020. Then is designed appropriate thermal insulation of the house for obtaining subsidies in the highest level of price and economical evaluation of construction. The conclusion of the thesis is provided summary information collected during analysing house and decided, if is conveniently this house for reconstruction.

Keywords: analysis of the house, heat insulation, insulation design, thermal comfort

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika	2
2.1 Cíl práce	2
2.2 Metodika	2
3 Současný stav sledované problematiky	3
3.1 Historie bydlení a zateplování.....	3
3.2 Tepelný komfort.....	4
3.3 Princip prostupu tepla zdí.....	4
3.4 Trendy v zateplování.....	5
3.4.1 Zateplení fasády pěnovým polystyrenem	6
3.4.2 Zateplení fasády minerální vlnou	7
3.5 Systémy zateplování.....	8
3.5.1 Kontaktní zateplovací systémy	8
3.5.2 Větrané zateplovací systémy	9
4 Metodika práce.....	11
4.1 Popis domu	11
4.2 Popis měřících přístrojů	12
4.2.1 Dataloger ALMEMO 2690-8A.....	13
4.2.1.1 Měření vlhkosti zdiva	14
4.2.1.2 Měření rosného bodu a prostředí.....	15
4.2.1.3 Měření teploty	15
4.2.2 Comet LOGGER.....	16
4.3 Výpočetní metody	17
4.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukci.....	17
4.3.1.1 Definice součinitele prostupu tepla	17
4.3.1.2 Výpočet součinitele prostupu tepla pomocí teplot	17
4.3.1.3 Výpočet součinitele prostupu tepla pomocí odporů	18
4.3.1.4 Výpočet tepelného odporu jedné vrstvy	18
4.3.2 Výpočet spotřeby tepla	19
4.3.2.1 Výpočet tepelného toku	19
4.3.2.2 Výpočet teploty pro výpočet spotřeby energie.....	19
4.3.2.3 Příkon nutný pro vytápění místností.....	19
4.3.2.4 Celková spotřeba za rok	20

4.3.2.5	Ušetřená energie za rok	20
Výsledky a diskuse		21
4.4	Analýza naměřených hodnot.....	21
4.4.1	Měření vlhkosti.....	21
4.4.2	Místa měření vlhkosti	21
4.4.3	Vyhodnocení měření vlhkosti	22
4.4.4	Měření teploty obvodových zdí podle nákresu.....	23
4.4.5	Místa měření teploty v průběhu několika dní	24
4.4.6	Graf průběhu teplot v místnosti	27
4.5	Energetické výpočty.....	28
4.5.1	Výpočet součinitele prostupu tepla - momentální situace	28
4.5.2	Výpočet chybějícího tepelného odporu podle normy	28
4.5.3	Výpočet tloušťky izolace z tepelného odporu	29
4.5.3.1	Výpočet tloušťky polystyrénu	29
4.5.3.2	Výpočet minerální vaty	29
4.5.4	Spotřeba energie	30
4.5.4.1	Průměrná teplota v Olomouckém kraji.....	30
4.5.4.2	Výpočet spotřeby energie	31
4.6	Ekonomické úvahy.....	32
4.6.1	Nová zelená úsporám.....	32
4.6.2	Cena spotřebované energie	33
4.6.3	Výpočet ceny materiálu a práce na zateplení.....	34
4.6.3.1	Polystyrén.....	34
4.6.3.2	Minerální vata.....	35
4.6.4	Návratnost investice.....	36
5 Závěr a doporučení		38
6 Seznam použitých zdrojů		39
7 Přílohy.....		41

Seznam obrázků

- Obr. 1 Průběh teplot v nezaizolovaném a izolovaném zdivu; T = rosný bod
- Obr. 2 Skladba kontaktního zateplovacího systému
- Obr. 3 Skladba větraného zateplovacího systému
- Obr. 4 Povodeň v Chomoutově v roce 1997
- Obr. 5 Dataloger ALMEMO 2690-8A
- Obr. 6 Příslušenství k měření vlhkosti
- Obr. 7 Příslušenství k zařízení ALMEMO 2690-8A – Digitální snímač vlhkosti, teploty a tlaku
- Obr. 8 Měření teploty
- Obr. 9 Comet LOGGER
- Obr. 11 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení
- Obr. 13 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení
- Obr. 14 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení
- Obr. 15 Fotografie s označením
- Obr. 16 Dotace od Zelené úsporám

Seznam tabulek

- Tab. 1 Seznam materiálů a jejich škodlivost
- Tab. 2 Naměřené hodnoty vlhkosti zdiva
- Tab. 3 Tabulka hodnot vlhkosti dle normy ČSN P 73 0610
- Tab. 4 Naměřené hodnoty teplot vnějších a vnitřních povrchů zdí
- Tab. 5 Vypočtené hodnoty spotřeby energie a jejich následný rozdíl
- Tab. 6 Ceny spotřeby za rok dle cen z minulého fakturačního období
- Tab. 7 Ceník materiálů za m² včetně doložených cen za celkovou plochu zateplení polystyrénem
- Tab. 8 Ceník materiálů za m² včetně doložených cen za celkovou plochu zateplení minerální vatou
- Tab. 9 Návrh návratnosti investice s dotací a bez dotace

1 Úvod

Trendem dnešní doby je ekologie a zdražování energií, aby však bylo možné tyto skupiny řešit, je třeba se první zaměřit z jakého důvodu, je spotřeba energií natolik vysoká, nebo z jakého důvodu se energie zdražují.

Tato práce je věnována v první řadě snižování spotřeby energií, a to na základě změny hodnot součinitele prostupu tepla na základě zateplování obvodových zdí domu. Tato metoda je však velice populární, a po její aplikaci dochází zpravidla o snížení spotřeby, a tím tedy i o ušetření na celoroční spotřebě energie, a tím pádem navrácení části investice, která byla vyložena pro aplikaci tepelného izolantu.

Úspory na vytápění mohou dosáhnout několika tisíc ročně a za přispění dotací se rapidně snižuje hranice pro návratnost dané investice.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je vyhodnocení momentálního stavu budovy a návrhu řešení nového zateplení budovy dle aktuální normy. Další částí je zaměření se především na materiály nejčastěji používané v praxi, a jejich srovnání vlastností, ceně materiálu, dokonce i v náročnosti aplikace fasádního systému.

Na konci práce je uvedené ekonomické zhodnocení návrhu včetně vytvoření grafu, který graficky zhodnocuje výsledky výpočtu.

2.2 Metodika

Bakalářská práce je rozdělena do teoretické a praktické části. V teoretické části je čtenář seznámen se základními pojmy a konstrukčními systémy zateplování obvodového zdiva.

V části praktické je navrženo zateplení pomocí kontaktního systému od společnosti Saint-Gobain. Navržení je počítáno pomocí teplot získaných během měření, které se uskutečnilo za účelem zhodnocení stavu nemovitosti. Poté je spočítána celková spotřeba a výše dotace, jenž se promítne ve výsledku na návratnosti investice.

3 Současný stav sledované problematiky

3.1 Historie bydlení a zateplování

Již z historie je známo, že lidé od počátku věků hledali místa vhodná pro jejich přežití v nepříznivých podmínkách. Důkazem nám mohou být malby v některých jeskyních.

S dobou se však měnil i způsob života. Lidé s technologickým pokrokem začali používat nové a zdokonalené nástroje, které jim umožnili začít pěstovat plodiny a chovat dobytek pro svůj užitek. To se podepsalo na domovech, které se z jeskyní a mobilních přístřešků změnilo na stavěné příbytky. Tyto domovy mohly být už více uzpůsobené komfortu člověka oproti bývalým jeskyním nebo mobilním domům.

S vylepšováním domů se měnila dokonce i energetická náročnost budovy, což ve výsledku vedlo k představení první normy ČSN 1450:1949 z roku 1949, jenž formulovala technické požadavky. Například na výpočet tepelných ztrát budovy při navrhování ústředního vytápění. (Tepelná ochrana budov, 2008)

Další normou však byla od roku 1955 do března 1963 ČSN 73 0020:1958, která platila závazně pro navrhování tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí.

Další normou, která byla vydána v roce 1962 a začala platit od dubna 1963 byla ČSN 73 0540:1962 Navrhování stavebních konstrukcí z hlediska tepelné techniky, avšak ta byla v roce 1964 zrevidována a začala platit od října 1965. (Tepelná ochrana budov, 2008)

V březnu 1977 však byla vydána další norma ČSN 73 0540:1977, která byla na svou dobu natolik přísná, že se jí lidé začali zabývat, až když přišla energetická krize. (Tepelná ochrana budov, 2008)

Poté už přicházely pouze dodatky k této normě, které byly vydané v roce 1980, 1983, 1986 a poslední v roce 1992. V dalších letech docházelo ještě k dalším dodatkům. (Tepelná ochrana budov, 2008)

V listopadu roku 2002 přišla norma ČSN 73 0540-2:2002, která již měla být spojena s podrobnějšími požadavky Evropské komise pro normalizaci, avšak její znění nebylo úplně dostačující, a proto vycházely další normy jako třeba z roku 2005 a 2007. (Tepelná ochrana budov, 2008)

3.2 Tepelný komfort

Tepelný komfort je pojem, o kterém se v dnešní době hodně spekuluje, avšak tato záležitost není příliš nová. Poprvé se tepelným komfortem zabývali již ve Starověkém Řecku.

„Již Sokrates se zabýval myšlenkou, jak stavět domy, aby v nich byla zajištěna pohoda prostředí pro člověka. Bohužel v praxi měly jeho návrhy jen minimální vliv. Až do průmyslové revoluce totiž nebyla tepelná pohoda skutečným problémem, protože v té době bylo jen velmi málo nástrojů, jak tepelnou pohodu ovlivnit.“ (Centnerová, 2000)

Nyní je však období, ve kterém je k dispozici dostatečné vybavení, a tudíž je lidstvo schopno danou tematiku studovat a řešit.

Tepelný komfort neboli tepelná pohoda jsou definovány různými způsoby a v každé literatuře se definice může drobně lišit.

V literatuře autora p. Cihelky je možné dohledat, že tepelná pohoda je definována jako dosažení takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo člověk se zkrátka cítí příjemně. (Vytápění a větrání, 1975)

Tepelná pohoda je naštěstí v dnešní době měřitelná. Přesný typ analýzy prostředí nám udává norma ČSN EN ISO 7726, kterou vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Tato norma popisuje informativní specifikace pro měření teploty vzduchu, střední teploty sálání, teploty sálání plochy, absolutní vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu, povrchové a operativní teploty. (Ergonomie tepelného prostředí - Přístroje pro měření fyzikálních veličin, 2002)

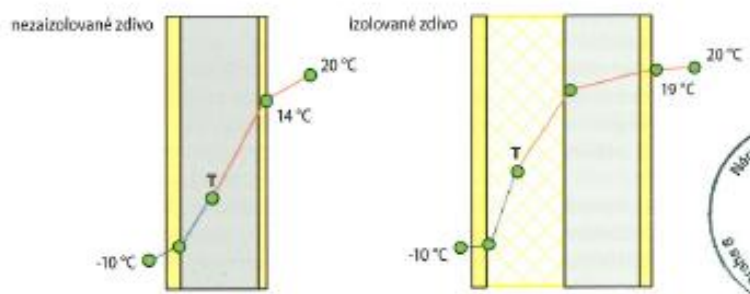
3.3 Princip prostupu tepla zdí

„V termokinetické terminologii rozlišujeme vedení tepla stěnou, přestup tepla ze stěny do tekutiny, naopak a prostup tepla stěnou“ (Adamovský, 2003)

V této práci se bude klást největší důraz na prostup tepla stěnou, tedy z jedné tekutiny do tekutiny druhé skrz stěnu jednovrstvou, nebo vícevrstvou stěnu rovinnou.

Jev prostupu tepla zdí lze jednoduše popsat na několika příkladných obrázcích, které poslouží, jako ukázka chování se zdiva zaizolovaného a nezaizolovaného.

Obr. 1 Průběh teplot v nezaizolovaném a izolovaném zdivu; T = rosný bod



Zdroj: (Stempel, 2014)

Na obrázku uvedeném výše je vidět, jakým principem prochází teplo zdí. Pokud vnější teplota dosahuje se ze vnějšku nachází teplota -10 °C a ve vnitřním prostředí 20 °C , funguje zeď jako izolant mezi dvěma prostory. Musí docházet k vyrovnání teplot, které závisí na vlastnostech každého materiálu zdiva, kterou skrz dané teplo prochází.

Jak lze vidět na obrázku v levé části nezaizolovaného zdiva, které postupně přechází z teplot -10 °C na 20 °C a rosný bod označený písmenem „T“ se nachází uvnitř nosné konstrukce celého domu. To může být příčinou navlhání zdiva, a tím pádem snížení tepelného odporu, tedy snížení účinnosti izolantu mezi prostředními. Do budoucna může vést k narušení statiky celého domu.

V druhém případě izolovaného zdiva prochází teplo v podstatě stejným principem, avšak rosná teplota se nachází už v tepelné izolaci aplikované na nosné konstrukci pomocí fasádního systému. Dochází zde ke kondenzaci vody, a tím pádem snižování účinnosti zateplení, avšak nemá vliv na nosnou konstrukci, která je díky tomu suchá a nemusí se již vypořádávat s tak velkým teplotním rozdílem a spotřeba je ve výsledku nižší než u varianty první.

Pokud by se to mělo celé shrnout, zdivo u nezaizolovaného a u zaizolovaného zdiva funguje jako prostředek prostupu tepla, tedy jako přechodová oblast mezi prostředím teplejším a chladnějším.

3.4 Trendy v zateplování

Lidstvo se nachází v období, kdy vládne Průmysl 4.0 a technologie se neustále zdokonalují, to je také důvodem, proč je možné potkat na trhu takové množství nových materiálů, avšak ne všechny mají zdaleka stejné vlastnosti a parametry.

Níže je uvedena tabulka s alespoň některými materiály, jež jsou dostupné na českém trhu.

Tab. 1 Seznam materiálů a jejich škodlivost

<i>Izolace</i>	<i>Uvolňování škodlivých látek při použití</i>	<i>Uvolňování škodlivých látek v průběhu životnosti</i>
<i>Sypaný keramzit</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Sypaná celulóza</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Desky z měkkých vláken</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Korek</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Desky z minerální vaty</i>	<i>Možné</i>	<i>Ano</i>
<i>Polystyrenové desky</i>	<i>Ano</i>	<i>Ano</i>
<i>Polyuretanové desky</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Ovčí vlna</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Desky z pěnového skla</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Rákosové desky</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>
<i>Desky ze slámy</i>	<i>Ne</i>	<i>Ne</i>

Zdroj: (Stempel, 2014)

Tato tabulka uvádí základní seznam materiálů pro zateplování budov a jejich škodlivost, avšak mělo by být vyzdviženo, že jedním z nejdůležitějších parametrů je ještě cena a jejich tepelná vodivost.

3.4.1 Zateplení fasády pěnovým polystyrenem

Nejčastěji je možné se setkat právě s pěnovým polystyrénem, který má vhodné vlastnosti pro celkové použití na zateplovacích systémech. Jeho použití je široké, používá se jak pro zateplení stěn, tak i pro zateplení střech nepochůzných a podle skupiny a jeho upravených vlastností pro střechy pochůzná.

Konkrétně se bavíme o skupinách EPS 70 až EPS 150. Do střech nepochůzných se využívá například typu EPS 100 a EPS 150 pro střechy pochůzná. Jeho výroba se provádí z polystyrenových perlí, jenž jsou vnapěněny, ty se mohou velikostně lišit, a to v intervalu cca od 0,63 mm do 3,15 mm. (Polystyrenové izolace, 1999)

Tepelná izolace je však důležitá pro energetickou náročnost budov svými vlastnostmi, kterými posouvá rosnou teplotu do místa izolace a tím odlučuje kondenzovanou vodu od zdiva, které se po navlhnutí stává lepším vodičem tepla a působí větší ztráty.

Typů polystyrénu je na trhu o mnoho více druhů:

- Expandovaný polystyren (bílý)
- Expandovaný polystyren (grafitový)
- Expandovaný polystyren – rozvolněný
- Expandovaný polystyren vyráběný do forem (perimetr)
- Extrudovaný polystyren – XPS
- Vysokopevnostní polystyren (kompaktní)

(Polystyrenové izolace, 1999)

Každý z výše uvedených typů polystyrenů má své speciální užití v praxi a vyniká svými specifickými vlastnostmi.

Součinitel tepelné vodivosti λ se u těchto typů materiálu pohybuje od $0,030 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ do $0,060 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a vyniká svou nízkou hodnotou objemové hmotnosti. (Polystyrenové izolace, 1999)

3.4.2 Zateplení fasády minerální vlnou

Volná minerální vlna byla dodávána v těsně uzavřených pytlicích obsahujících $12,0 \text{ kg} \pm 10 \%$ materiálu. Podle deklarovaného, zamýšleného použití se tento materiál používá jako izolace odvětrávaných plochých střech, stropů nad suterénem, větraných a rámových stěn. Používá se také jako sekundární výplň nevytápěných prostorů, např. šikmých střech. Tento tepelně izolační materiál je charakterizován koeficientem tepelné vodivosti $0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ při objemové hustotě $60\text{--}70 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ za podmínek ustáleného stavu. (Kosiński, 2020)

Minerální izolaci můžeme rozdělit podle výroby a typu na několik skupin.

- Kamenná vlna (desky nebo role)
- Skelná vlna (desky nebo role)
- Kamenná vlna (rozvlákněná)
- Skelná vlna (rozvlákněná)

(Minerální izolace, 2001-2020)

Celkově se hodnoty vodivosti materiálu pohybují od $0,030 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ do $0,050 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ podle typu materiálu a objemová hmotnost $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ až $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

3.5 Systémy zateplování

V dnešní době je známo více variant zateplení, například do následujících skupin a ty jsou:

- Kontaktní zateplovací systém
- Větráný zateplovací systém

Systém je třeba vybírat dle kritérií oblasti, v níž se objekt nachází, a zároveň dle vlastností zdiva a její problematiky.

3.5.1 Kontaktní zateplovací systémy

Fasádní systém znám pod zkratkou ETICS (External Thermal Insulation Contact System) je kontaktní systém užívaný jako levnější varianta fasádního systému v České republice.

Systém ETICS je dán normou ČSN 73 2901, která popisuje provádění prací s těmito materiály. Dále je nutné se řídit pokyny výrobce a dodavatele, aby bylo dosaženo co nejvyšších energetických úspor po realizaci systému. (Stempel, 2014)

Výhodami kontaktního systému jsou již dlouhodobě známé vlastnosti systému dané dlouholetými zkušenostmi, souvislé zateplení bez tepelných mostů, a také se jedná o levnější variantu než-li větráné systémy. (Fasádní zateplovací systémy, 2019)

Na obrázku uvedeném níže je možné vidět vrstvy ideálního kontaktního fasádního systému od společnosti Saint-Gobain. Systémy se mohou lišit dle výrobce, avšak neustále se dodržuje skladba bez vzduchové mezery a izolační materiál se lepí lepidlem na obvodové zdivo kontaktně.

Obr. 2 Skladba kontaktního zateplovacího systému



Zdroj: (Fasádní zateplovací systémy, 2019)

3.5.2 Větrané zateplovací systémy

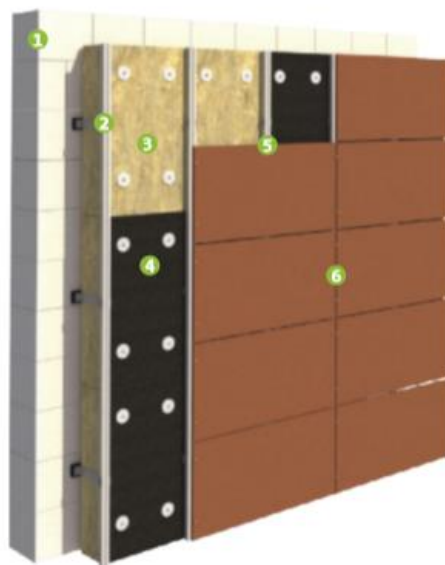
Jedná se o vícevrstvou vnější stavební konstrukci, jejíž vnější část funguje jako ochrana proti vnějším povětrnostním a srážkovým vlivům, a právě tato vrstva je od nosné konstrukce oddělena vzduchovou mezerou, jenž má právě izolační funkci. (Stempel, 2014)

Výhody větrané fasády jsou v neustálém odsychání vlhkosti kondenzující v tepelné izolaci, a tím zabraňuje snižování účinnosti tepelné izolace, díky vodivostním vlastnostem vody. Mezi další výhody patří nenáročnost aplikace zateplení, použití minerálních vat, jenž mají vyšší tepelnou účinnost než pro systémy kontaktní, dále jsou akusticky účinnější a také se řadí mezi elegantnější a opticky hezčí zateplení. (Fasádní zateplovací systémy, 2019)

Na tento systém zateplení je vytvořena norma DIN 18156-1, která popisuje skladbu fasádního systému.

Systém se skládá z vnějšího obložení konstrukce, provětrávací zóny, tepelné izolace a spodního nosného roštu. Celá skladba je zobrazena na schématu skladby fasádního systému uvedeném níže. (Stempel, 2014)

Obr. 3 Skladba větraného zateplovacího systému



1 původní stěna • 2 nosný svislý rost • 3 tepelný izolant
4 kašir či dodatečná hydroizolační folie • 5 větraná mezera
6 vnější obložení

Zdroj: (Fasádní zateplovací systémy, 2019)

4 Metodika práce

4.1 Popis domu

Objekt, který je zde analyzován, byl postaven pravděpodobně po roce 1909, což také dokládají situační nákresy, které sloužily jako první formální dokumenty odevzdané a potvrzené technickou kanceláří pro povolení výstavby.

Můžeme se tedy domnívat, že pozemek byl předtím prázdný, a právě po tomto roce se začala stavět cihelná novostavba, jenž byla rozdělena průjezdem, jak je vidět na výkresu obsaženém v příloze.

Průjezd rozděluje dům na dvě obytné části, avšak obyvatelný byl v minulosti pouze v přízemí a jeho horní část byla používána pouze jako skladiště pro zrna a slámu. Později však došlo k rekonstrukci domu a k rozšíření obytné části do prvního patra, a to po roce 1974.

Při rekonstrukci bylo zjištěno, že původní stropy byly zalité škvárobetonem, v němž byly usazeny kari sítě. Nahrazeny byly stropovým systémem hurdis, který věrně slouží dodnes.

Dalším milníkem byl rok 1997, kdy přišla povodeň dosahující svou výškou až po úroveň půlky oken. Následkem povodně bylo bourání domů ve velkém, avšak měřený objekt byl statikem ušetřen.

Po povodni byla v pravé části započata rekonstrukce, která nebyla dokončena, a tudíž je do dnešních dní neobyvatelná, od té doby je obývána pouze část levá.

Obr. 4 Povodeň v Chomoutově v roce 1997



Zdroj: <https://olomoucky.denik.cz/galerie/povodne-na-olomoucku-v-roce-1997.html?photo=41>

Díky povodním, které měly v roce 1997 katastrofální dopad na celou Olomouc a její okolí, začal být budován hrázový systém, jenž měl ušetřit tyto oblasti od dalších živelních pohrom. Avšak v roce 2006 se v mnohem menším rozsahu udála další živelní katastrofa a tou byla povodeň.

Celková zastavěná plocha domu nyní činí 212,3 m², avšak jak již bylo dříve zmíněno, je nyní využívána pouze část o zastavěné ploše 100 m².

Dům je vybaven sedlovou střechou s půdním prostorem, který není využíván, a je možné zateplit izolací loženou na strop obývaného prostoru.

Dům je momentálně vytápěn plynovým kotlem od společnosti Junkers již po dobu 15 let s výkonem 32 kW.

Ohřev vody je užíván pomocí solárních trubíc během sezóny a mimo sezónu je napojený systém na plynový kotel.

4.2 Popis měřících přístrojů

Aby bylo možné zpracovávat data, která se týkají vybraného objektu, je třeba tato data první naměřit. K tomuto měření byly vybrány následující zařízení, která jsou uvedena níže.

Je nutno podotknout, že na trhu se objevuje více typů zařízení pro zde požadované měřené hodnoty.

4.2.1 Dataloger ALMEMO 2690-8A

Společnost Ahlborn Mess – und Regelungstechnik GmbH uvedla v roce 2015 dataloger ALMEMO 2690-8A. Přístroj na první pohled zaujme svým pryžovým obalem, který minimalizuje škody v případě pádu tohoto zařízení z výšky na zem.

První dojem udělá velký grafický displej, jenž zobrazuje přehledně informace dle použitého příslušenství. Jedná se o multifunkční zařízení, které má velikou škálu využitelnosti a závisí pouze na požadavcích uživatele a jeho finančních možnostech.

„Zařízení obsahuje celkem 5 vstupů pro ALMEMO-konektory galvanicky oddělených, do kterých se dají zapojit v této práci použité příslušenství, jež jsou uvedena v dalších podkapitolách. Paměť dokáže pojmout až celkem 200 000 naměřených hodnot.

„(ALMEMO Univerzální měřicí přístroje, 2013)

„Pro získání naměřených dat je třeba propojit dataloger k počítači přes ethernetový datový kabel, anebo kabel analogového výstupu.“ (ALMEMO Univerzální měřicí přístroje, 2013)

V této bakalářské práci bylo dané zařízení využito na měření vlhkosti, teploty, teploty rosného bodu a celkové měření prostředí.

Avšak jak již bylo zmíněno námi použité zařízení by mohlo být použito na více měření.

V dalších podkapitolách je uveden popis příslušenství, které bylo použito k naměření zde uvedených hodnot.

Obr. 5 Dataloger ALMEMO 2690-8A



Zdroj: https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/ALMEMO%202690-8A_2015bc.pdf

4.2.1.1 Měření vlhkosti zdiva

Příslušenství využívající se na měření vlhkosti betonu, papíru anebo dřeva. Jedná se o kontaktní metodu, při níž se po přiložení kovové části čidla připojeného k zařízení ALMEMO 2690-8A ukážou tři hodnoty podle materiálu, který měříme.

Hodnoty byly zapsány a jsou uvedeny v tabulce včetně plánu měření přiloženého v příloze této práce.

Konkrétně byl v této práci použit komponent snímač Ahlborn Almemo FHA 696 MF, který měří průměrnou vlhkost až do 3 cm hloubky materiálu.

Obr. 6 Příslušenství k měření vlhkosti



Zdroj: <https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/fha696mf.pdf>

4.2.1.2 Měření rosného bodu a prostředí

Na tento druh měření bylo použito příslušenství k zařízení dataloger ALMEMO 2690-8A. Jedná se o doplněk měřící primárně teplotu prostředí, relativní vlhkost, rosný bod a atmosférický tlak. Volitelně lze nastavit měření absolutní vlhkosti, tlaku páry a entalpie.

Příslušenství bylo propojeno se zařízením ALMEMO 2690-8A a digitální snímač vlhkosti vzduchu, teploty a tlaku vzduchu byl umístěn do požadovaných měřených místností a je nutné ho nechat několik minut snímat prostředí. Dané hodnoty se poté zapisují a uvádí v tabulkách přílohy této bakalářské práce.

Obr. 7 Příslušenství k zařízení ALMEMO 2690-8A – Digitální snímač vlhkosti, teploty a tlaku



Zdroj: <https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/FHAD46Cxx.pdf>

4.2.1.3 Měření teploty

Měření bylo provedeno příslušenstvím, jenž je kompatibilní se zařízením Datalogger ALMEMO 2690-8A. Jedná se o typ FIA 260-MV pracující s infračerveným zářením ve tvaru kužele měřící v intervalu od -18 °C do 260 °C s odchylkou $\pm 0,1$ K.

Obr. 8 Měření teploty



Zdroj: autor

Zapnuté příslušenství se namíří na požadovanou plochu a z určité vzdálenosti měří hodnoty plochy, na který dopadá měřící paprsek. Podle vzdálenosti se mění přesnost a velikost plochy měřené.

4.2.2 Comet LOGGER

Zařízení je na první pohled nenápadné, avšak jeho funkce mohou překvapit. Jedná se o zařízení pro intervalové měření teploty a relativní vlhkosti v dané místnosti.

Interval měření je možné nastavit v aplikaci Datalog na 10 sekund až 24 hodin. Zařízení se nechá ležet na požadovaném místě a zapne se pomocí startovacího magnetu, poté se rozblíká led žárovka, která označuje funkčnost přístroje. Konec měření se provádí stejným způsobem jako start, tedy přiložením magnetu a kontrolou zhasnutí led žárovky.

Všechna data se dají poté vyexportovat ve formátu XLM a jsou zobrazitelné v programu Excel. Data se poté dají upravovat a zpracovávat pro pozdější analýzu měřených prostorů.

„Měřicí rozsah zařízení pro teplotu je od -30 do 80 °C s přesností $\pm 0,4$ °C a rozlišením 0,1 °C, pro relativní vlhkost jsou hodnoty 0 ÷ 100 % s přesností $\pm 2,5$ % a rozlišením 0,1 % při měření relativní vlhkosti od 5 do 95 % při 23 °C. Celková kapacita paměti je až 32 000 hodnot v necyklickém záznamu.“ (COMET R3120, 1991)

Obr. 9 Comet LOGGER



Zdroj: <https://www.cometsystem.cz/pdf/R3120>

4.3 Výpočetní metody

Pro zpracování naměřených hodnot je nutno uvést několik vzorců, jenž byly vyjádřeny tak, aby vypočítaly požadovanou hodnotu.

4.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukci

4.3.1.1 Definice součinitele prostupu tepla

„Od listopadu 2002 nahradil „součinitel prostupu tepla“, jenž má značku U (dříve k), předtím užívanou veličinu „tepelný odpor konstrukce R “. Součinitel prostupu tepla v sobě na rozdíl od tepelného odporu zahrnuje i vliv přestupů tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce, není tedy jen vlastností konstrukce.

Součinitel přestupu tepla je definován pro konstantní teploty vzduchu v nenarušených přilehlých prostředích. Mezi prostředím a konstrukcí přitom dochází k přestupu tepla, který se nyní vyjadřuje odporem při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, které se pro většinu normových výpočtů podél celé konstrukce předpokládají konstantní.“ (Tepelná ochrana budov, 2008)

4.3.1.2 Výpočet součinitele prostupu tepla pomocí teplot

Součinitel prostupu tepla je uveden v následujícím vzorci jako „ k “. Je vyjádřen tak, aby bylo možné dopočítat hledané hodnoty pro budoucí analýzu.

$$t_{si} = t_{ai} - U (t_{ai} - t_e) R_i \quad (1)$$

Kde: t_{ai} je výpočtová teplota vnitřního vzduchu, °C

- t_e je výpočtová teplota vnějšího vzduchu, °C
 t_{si} teplota vnitřního povrchu stěny, °C
 U je součinitel prostupu tepla konstrukce, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
 R_i odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Níže je uveden vyjádřený vzorec pro hledaný součinitel prostupu tepla konstrukce.

$$U = - \frac{t_{si} - t_{ai}}{(t_{oi} - t_a) R_i} \quad (2)$$

(Řehánek, 2002)

4.3.1.3 Výpočet součinitele prostupu tepla pomocí odporů

Dále je možné pro ukázkou uvést další možnost výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukce. Jak je vidět jedná se o součet odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (3)$$

- kde: R_i je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
 R_e je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

(Řehánek, 2002)

4.3.1.4 Výpočet tepelného odporu jedné vrstvy

Výpočet tepelného odporu jedné vrstvy je možné pomocí vzorce uvedeného níže.

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (4)$$

- Kde: R_j Tepelný odpor jednotlivé vrstvy konstrukce, $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
 d_j je tloušťka j-té vrstvy, m
 λ_j je tepelná vodivost j-té vrstvy, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

(Řehánek, 2002)

4.3.2 Výpočet spotřeby tepla

4.3.2.1 Výpočet tepelného toku

Pro výpočet spotřeby je první nutné vypočítat tepelný tok, ze kterého je možné se nadále dopočítat k následujícím hodnotám.

Vzorec vypadá následovně:

$$Q_t = U_{em} \cdot S \quad (5)$$

kde: Q_t tepelný tok, $W \cdot K^{-1}$
 U_{em} je součinitel prostupu tepla, $m^2 \cdot W \cdot K^{-1}$
 S je plocha objektu, m^2

(Adamovský, 2003)

4.3.2.2 Výpočet teploty pro výpočet spotřeby energie

Pro spotřebu je nejprve nutné určit teplotu vnitřní a poté teplotu vnější, avšak pokud je žádána spotřeba za celý rok, je možné teplotu určit dle Hydrometeorologického ústavu jako teplotu průměrnou.

$$\Delta t = t_{ai} - t_e \quad (6)$$

kde: Δt teplota pro výpočet spotřeby energie, $^{\circ}C$
 t_{ai} teplota interiéru, $^{\circ}C$
 t_{ep} teplota průměrná venkovní, $^{\circ}C$

(Adamovský, 2003)

4.3.2.3 Příkon nutný pro vytápění místností

Vypočtený příkon může odpovídat zařízení, které by bylo třeba pro vytopení prostoru obehnanými zdmi o počítané prostupnosti tepla.

$$P = Q_t \cdot \Delta t \quad (7)$$

kde: Δt teplota pro výpočet spotřeby energie, $^{\circ}C$
 Q_t tepelný tok, $W \cdot K^{-1}$
 P příkon nutný pro vytopení místnosti na danou teplotu, kW

(Adamovský, 2003)

4.3.2.4 Celková spotřeba za rok

Pro výpočet celkové spotřeby energie je nutné vynásobit počtem hodin a dní obsažených v roce.

$$Q_c = \frac{P \cdot 24 \cdot 365}{1000} \quad (8)$$

Kde: Q_c celková spotřeba za rok, kW·h·rok⁻¹

P příkon nutný pro vytopení místnosti na danou teplotu, kW

(Adamovský, 2003)

4.3.2.5 Ušetřená energie za rok

Pro získání určitého měřítka úspěšnosti zateplení je nutné provést rozdíl hodnot spotřeb po celém roce.

$$\Delta Q = Q_{cm} - Q_{cn} \quad (9)$$

Kde: Q_{cm} celková spotřeba momentální za rok, kW·h·rok⁻¹

Q_{cn} celková spotřeba normová za rok, kW·h·rok⁻¹

ΔQ rozdíl spotřeb, kW·h·rok⁻¹

Výsledky a diskuse

4.4 Analýza naměřených hodnot

4.4.1 Měření vlhkosti

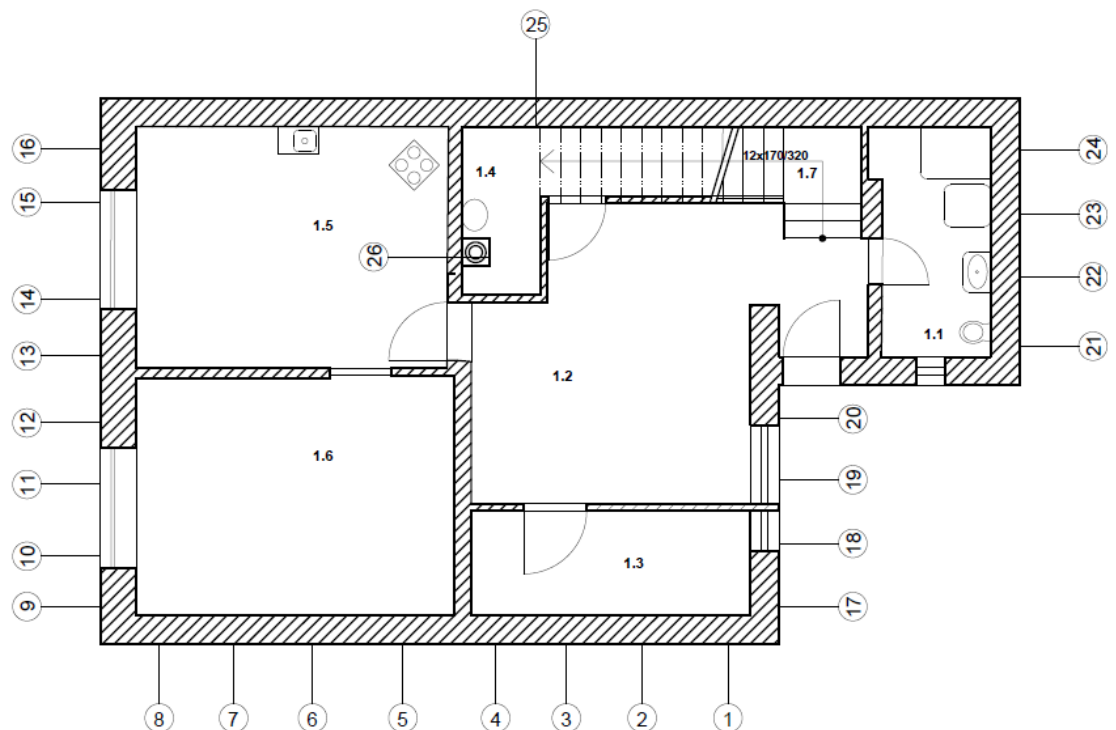
K měření bylo použito zařízení Almemo 2690-8A s příslušenstvím pro měření vlhkosti zdiva pomocí vodivosti. Zařízení vykazalo tři hodnoty, jež jsou uvedeny pro tři druhy materiálů beton, dřevo a papír.

Vysoká vlhkost zdiva je nepříznivým jevem, protože voda funguje jako vodivostní element a snižuje izolační schopnost zdiva. To zapříčiňuje zvýšenou spotřebu energií na vytápění.

4.4.2 Místa měření vlhkosti

Pro měření vlhkosti obvodového zdiva bylo vyznačeno na výkresu uvedeném v příloze 2 této práce co bylo vyznačeno. Místa jsou označena čísly, na kterých bylo provedeno měření ve výšce 300 mm a 1800 mm od země pro větší objektivnost dat.

Obr. 11 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení



Zdroj: autor

Tato čísla jsou později uvedena v tabulce naměřených hodnot vlhkosti a jsou vyhodnocena.

4.4.3 Vyhodnocení měření vlhkosti

Měření bylo provedeno pouze uvnitř stavební konstrukce, při němž byly zjištěny odpovídající hodnoty uvedené v tabulce , která je uvedena níže.

Tab. 2 Naměřené hodnoty vlhkosti zdiva

Místo měření	Uvnitř (% hm.)	
	Dole	Nahoře
1	5,8	4,7
2	5,9	5,6
3	5,0	6,2
4	6,0	5,3
5	6,0	4,9
6	6,2	5,7
7	4,8	5,7
8	5,4	5,9
9	5,1	5,4
10	4,1	5,9
11	4,6	6,4
12	7,0	5,4
13	5,8	5,3
14	5,6	5,0
15	6,1	5,0
16	7,0	5,1
17	5,3	5,9
18	5,8	5,0
19	6,0	7,3
20	8,4	5,6
21	12,3	5,7
22	5,9	5,2
23	14,3	5,0
24	5,7	4,9
25	18,0	5,0
26	7,1	X

Zdroj: autorovo měření

Dle naměřených hodnot se v některých místech jedná o nízkou až zvýšenou vlhkost dle klasifikační tabulky uvedené v normě ČSN P 73 0610.

Tab. 3 Tabulka hodnot vlhkosti dle normy ČSN P 73 0610

hodnocení vlhkosti	vlhkost zdiva [% hm.]
velmi nízká vlhkost	$w < 3$
nízká vlhkost	$3 < w < 5$
zvýšená vlhkost	$5 < w < 7,5$
vysoká vlhkost	$7,5 < w < 10$
velmi vysoká vlhkost (zamokření)	$w > 10,0$

Zdroj: (Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení, 2000)

Vlhkost může být zapříčiněna špatnou hydroizolací, popřípadě kondenzováním vody ve stěně zapříčiněné rosnou teplotou nacházející se v místě zdiva. Tomuto jevu by se také dalo předejít zaizolováním stěny, a tím posunutím rosné teploty do místa izolace, kde má o mnoho menší vliv na ztráty tepla.

4.4.4 Měření teploty obvodových zdí podle nákresu

Dalším měřením bylo měření teplot zdí ze vnějšku i zevnitř, aby bylo možné dopočítat součinitel prostupu tepla uvedený v následující kapitole. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce a je s nimi dále pracováno, aby je bylo možné dosadit do vzorců uvedených v kapitole energetické výpočty.

Tab. 4 Naměřené hodnoty teplot vnějších a vnitřních povrchů zdi

Místo	Uvnitř (°C)		Vně (°C)	
	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře
1	10,9	12,4	8,7	9,4
2	11,6	12,8	8,6	9,4
3	11,6	13,0	9,2	8,4
4	11,9	12,9	9,4	9,4
5	15,1	15,8	9,8	10,6
6	15,9	16,7	10,2	9,9
7	15,7	16,1	10,3	10,3
8	15,2	16,0	9,5	10,4
9	15,3	17,4	8,8	9,7
10	17,7	18,1	9,3	9,3
11	19,8	17,9	9,4	9,4
12	17,3	17,8	9,1	9,1
13	17,8	17,7	9,0	9,1
14	18,3	18,4	9,0	9,3
15	17,1	18,5	9,4	9,4
16	15,6	17,3	8,8	9,8
17	11,7	12,7	8,5	8,5
18	12,7	12,9	8,6	8,7
19	14,1	14,9	9,4	9,3
20	13,4	13,6	10,1	9,3
21	14,3	14,4	12,9	13,1
22	14,2	14,1	10,7	11,3
23	13,1	14,1	11,0	11,0
24	11,8	12,6	10,1	10,2

Zdroj: autorovo měření

Z měření je evidentní rozdíl teplot sousedních prostor. Například prostorem vytápěným, popřípadě temperovaným s prostorem, jenž je přímo nevytápěn.

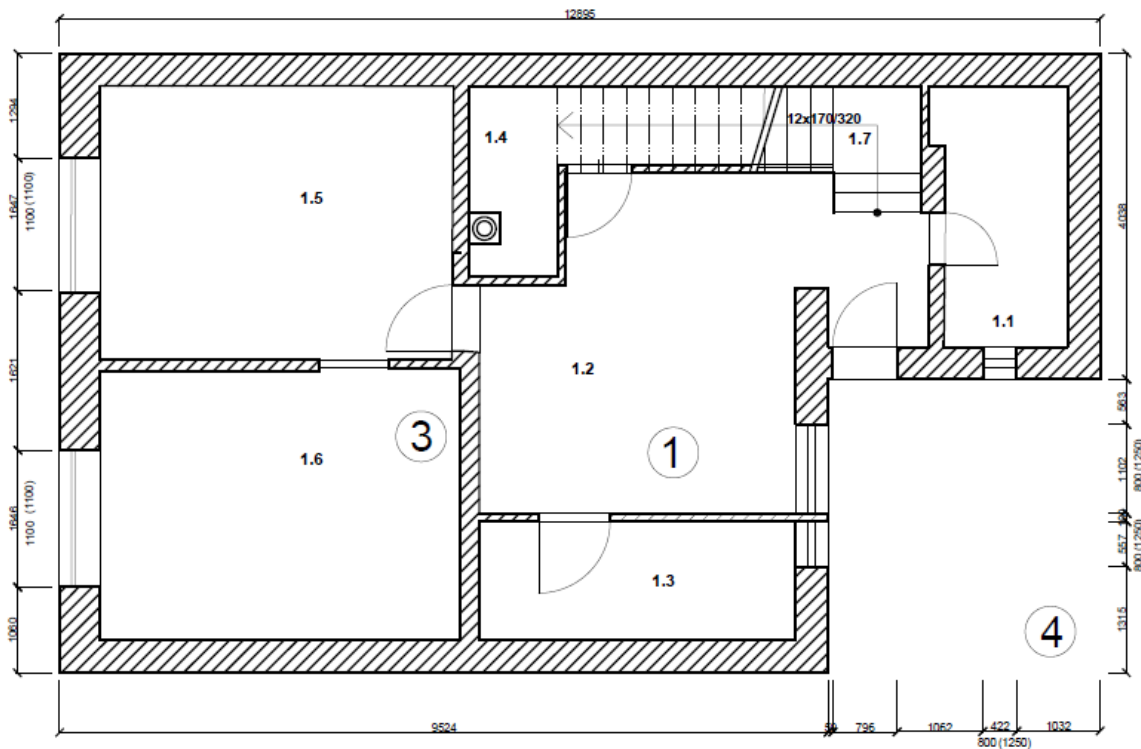
4.4.5 Místa měření teploty v průběhu několika dní

Aby bylo možné dostat data pro pozdější zpracování, bylo nutné první hodnoty naměřit. Stalo se tak pomocí zařízením uvedeném v teoretické části této práce.

Pro měření prostředí pro delší intervaly dat, byl použit dataloger COMET, který nám poskytl data jako je teplota, čas, datum, rosný bod a vlhkost prostředí v němž byl daný přístroj umístěn.

Umístěny byly čtyři kusy tohoto zařízení do chodby, ložnice, obývacího pokoje a poslední ven pod přístřešek pro získání dat nejen vnitřních ale i vnějších. Místnosti jsou uvedeny níže a jsou označeny v nákrese čísla od 1 do 4.

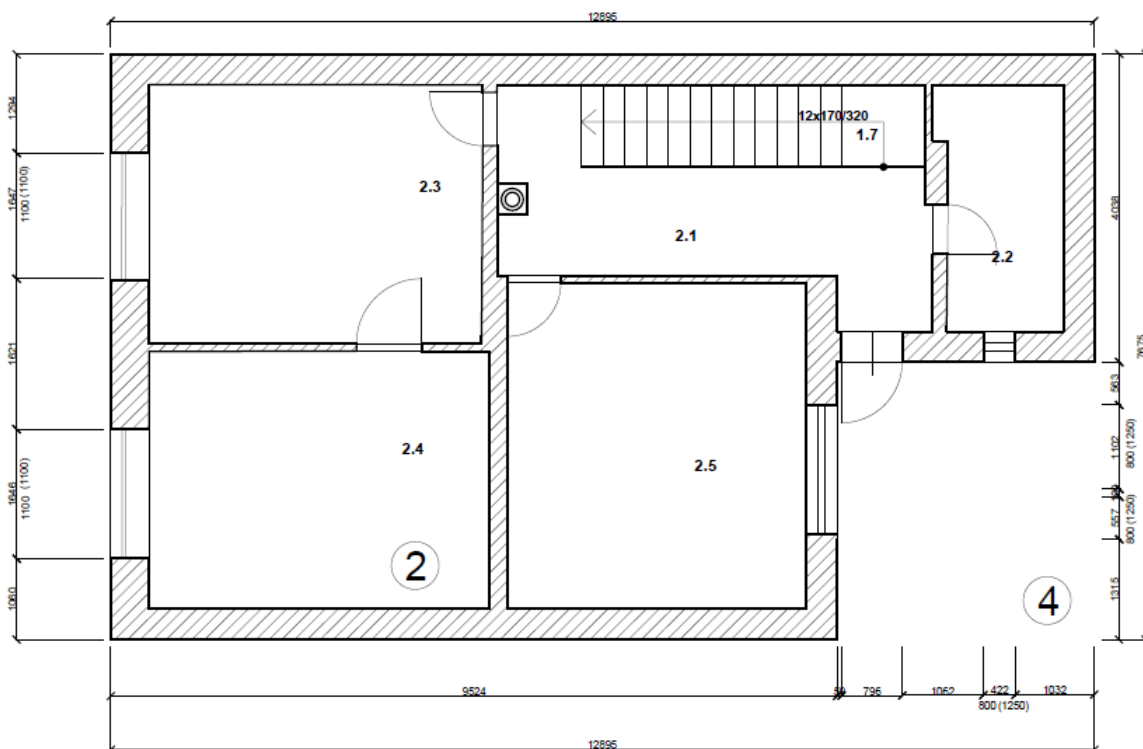
Obr. 13 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení



Zdroj: autor

kde: Číslo 1 bylo přiřazeno měřicímu zařízení nacházejícímu se na chodbě.
 Číslo 3 pro měření v obývacím pokoji.
 Číslo 4 pro umístěné zařízení venku, pro zjištění momentální teploty mimo dům.

Obr. 14 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení



Zdroj: autor

kde: Číslo 2 je uvedeno pro zařízení umístěné v ložnici

Číslo 4 pro umístěné zařízení venku, pro zjištění momentální teploty mimo dům.

Na výkresech jsou místnosti označené čísly, pod stejnými čísly jsou uvedeny i na fotkách uvedených níže.

Obr. 15 Fotografie s označením míst měření



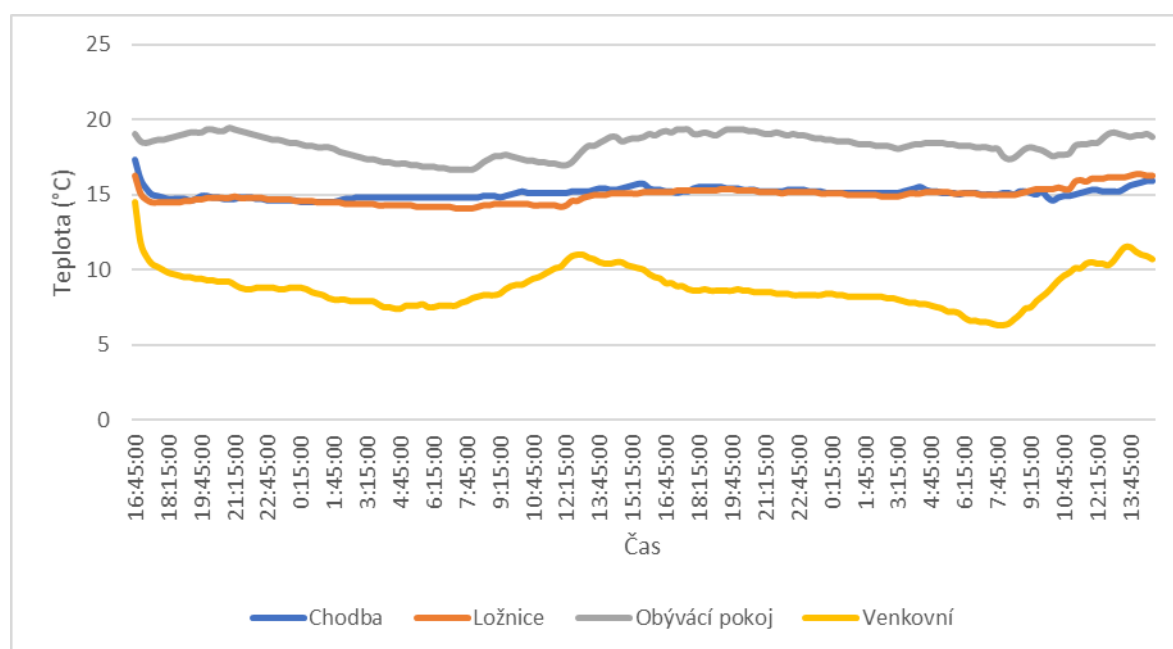
Zdroj: autor

Dále na obrázku není uvedeno označení místa pro měření venkovní teploty. Měřící zařízení bylo umístěno na dvoře pod přístřešek, aby nedošlo k jeho poškození. Je nutné, aby zařízení dokázalo snímat co nejlepší hodnoty venkovního prostředí, bylo tedy umístěno na místo, které je nejméně ovlivňováno okolními objekty.

4.4.6 Graf průběhu teplot v místnosti

Po naměření hodnot byla data vyexportována do excelu a následně z nich byl pořízen graf, který je uveden níže.

Graf 1 Měření teploty v přízemí domu a rozmístění zařízení



Na uvedeném grafu je názorný začátek měření, kdy byla zařízení aktivována ve stejné místnosti, a poté roznesena. Několik málo minut trvalo, než-li se zařízení adaptovala na dané prostředí a začala měřit reálné hodnoty prostředí. Žlutou křivkou je označena proměnná venkovní teplota a zbytek se pohybuje dle uživanosti prostředí.

Zbytek křivek se evidentně pohybuje ve vyšších teplotách, a to z důvodu, že se vyskytují uvnitř měřené budovy.

Nejvyšší teploty se vyskytovaly u měření v obývacím pokoji, v němž obyvatelé domu spí a přebývají, tudíž se v něm nejvíce topí. Zároveň je důležité podotknout, že je obývací pokoj spojen otvorem v příčce bez dveří s kuchyní, která se vařením vytápí a díky absenci dveří také i obývací pokoj.

Ložnice je momentálně nevyužívána je tedy vidět, že se její teplota téměř shoduje s teplotou na chodbě, kde taktéž není užívané topení.

4.5 Energetické výpočty

V této kapitole jsou použity výpočetní metody a jsou do nich dosazeny faktické hodnoty materiálů a naměřených hodnot, jenž se nacházejí v příloze.

4.5.1 Výpočet součinitele prostupu tepla - momentální situace

Bylo provedeno měření teplot zdí a prostředí, aby bylo možné dosadit do vzorce uvedeného v kapitole výpočet součinitele prostupu tepla pomocí teplot. Vyjádřený vzorec tedy zní:

$$U = - \frac{t_{si} - t_{ai}}{(t_{ni} - t_e)R_i} \quad (10)$$

Po dosazení teplot z tabulky naměřených teplot bylo dosazeno za teplotu vnitřního vzduchu $t_{ai} = 18,3 \text{ }^\circ\text{C}$, za teplotu vnějšího vzduchu $t_e = 8,7 \text{ }^\circ\text{C}$ pro teplotu vnitřního povrchu stěny $t_{si} = 15,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a poslední odpor přestupu tepla R_i byl vyhledán v knize Tepelně technické a energetické vlastnosti budov odpor přestupu tepla $0,125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, k němuž nebyla připočtena žádná přírážka, protože dle měření vlhkosti zdiva nedocházelo v průběhu měření ke kondenzaci vody.

$$U = - \frac{t_{si} - t_{ai}}{(t_{ni} - t_e)R_i} = - \frac{15,5 - 18,33}{(18,33 - 8,7) \cdot 0,125} = 2,35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \quad (11)$$

Výsledkem je $2,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, což nevyhovuje dnešním normám a je tedy nutné tomuto faktu předejít správným zateplením, aby bylo dosaženo menších tepelných ztrát.

4.5.2 Výpočet chybějícího tepelného odporu podle normy

Aby bylo možné zjistit, jakou tloušťku izolace je potřeba pořídit pro měřenou zeď, je nutné spočítat odpor potřebné izolace.

Právě tento výpočet je možný, pokud známe normu součinitele prostupu tepla pro daný rok.

Norma ČSN 73 0540-2:2011 uvádí, že pro stěnu a strop vytápěného prostoru k nevytápěnému prostoru je požadována hodnota součinitele prostupu tepla označovaná jako $U_{N,20} = 0,60 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, avšak doporučené hodnoty označované $U_{rex,20} = 0,40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ a pro pasivní domy je hodnota $U_{pas,20} = 0,30 \div 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Pro zde uvedený výpočet byla použita hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20} = 0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

$$U_{norma} = \frac{1}{R_{mom} + R_{izolace}} \rightarrow R_{izolace} = \frac{1 - U_{norma} \cdot R_{mom}}{U_{norma}} = \frac{1 - 0,25 \cdot \frac{1}{2,35}}{0,25}$$

(12)

Z výpočtu vyšlo, že odpor tepla konstrukce je momentálně $3,574 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-2}$.

4.5.3 Výpočet tloušťky izolace z tepelného odporu

V této části se vyskytuje výpočet konkrétní tloušťky tepelné izolace potřebné k zateplení dle normy.

4.5.3.1 Výpočet tloušťky polystyrénu

Pro první variantu zateplení byl vybrán polystyrén se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,031 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Jedná se o typ EPS GreyWall Plus nabízený společností Isover.

Jedná se o izolační polystyrenové desky s grafitem pro profesionální zateplovací systémy ETICS. Plus ve svém jméně obsahuje z důvodu přidání aditiv a speciálních surovin pro výrobu. (Isover EPS GreyWall Plus, 2020)

$$R_{izolace} = \frac{d_{izolace}}{\lambda_{izolace}} \rightarrow d_{ps} = R_{izolace} \cdot \lambda_{ps} = 3,574 \cdot 0,031 = 0,111 \text{ m} \rightarrow 111 \text{ mm}$$

(13)

Výpočtem bylo zjištěno že tloušťka izolace by měla být 120 mm.

4.5.3.2 Výpočet minerální vaty

Pro výpočet byla použita minerální vlna Isover NF 333 z důvodu své univerzálnosti, dobré manipulovatelnosti a vlastnostem, jako je například ohyb izolačních desek. Součinitel prostupu tepla pro námi zvolený typ materiálu je $\lambda = 0,041 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. (Isover NF 333, 2020)

$$R_{izolace} = \frac{d_{izolace}}{\lambda_{izolace}} \rightarrow d_{mv} = R_{izolace} \cdot \lambda_{mv} = 3,574 \cdot 0,041 = 0,147 \text{ m} \rightarrow 147 \text{ mm}$$

Výsledkem výpočtu bylo zjištěno, že potřebná tloušťka tepelné izolace minerální vlny je 150 mm.

4.5.4 Spotřeba energie

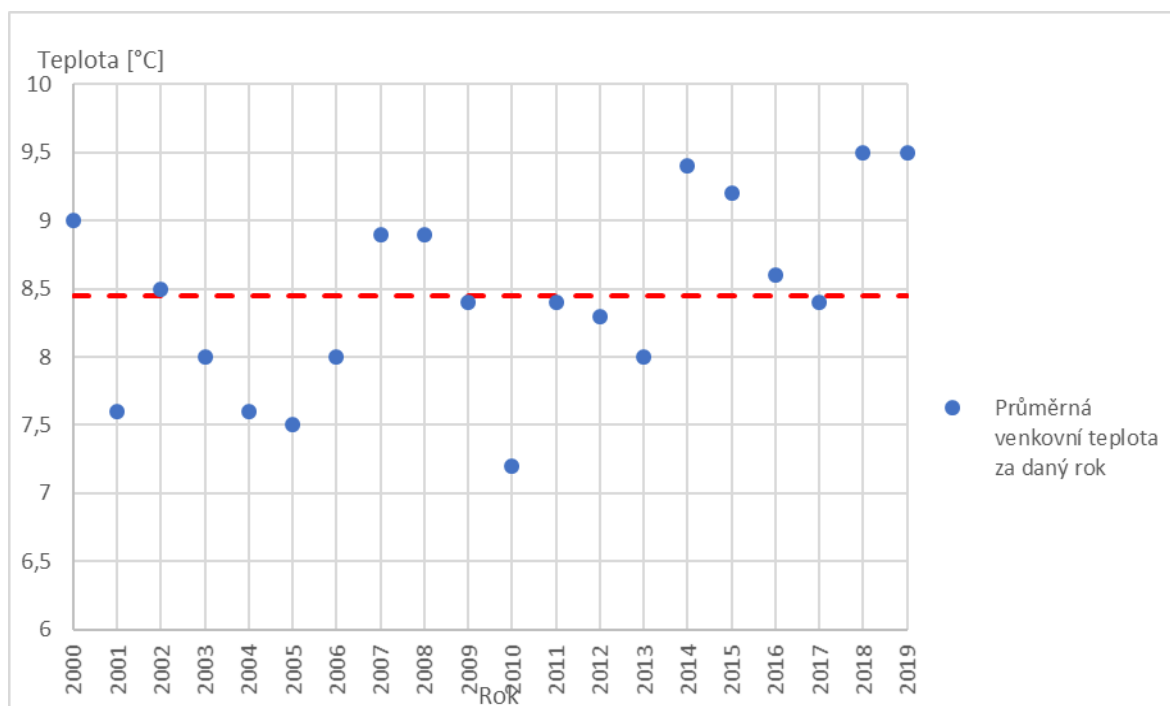
Aby bylo možné porovnat výsledky před zateplením a po zateplení, je nutné najít společnou hodnotu, na které bude možné tyto situace poměřit.

4.5.4.1 Průměrná teplota v Olomouckém kraji

Aby bylo možné dopočítat co nejpravděpodobnější teploty vyskytující se v oblasti v níž se daný objekt nachází, bylo nutné dohledat hodnoty z minulých let.

Tyto hodnoty byly nalezeny na portálu Českého hydrometeorologického ústavu, jenž nám poskytl data od roku 2000.

Graf 2 Hodnoty graficky zpracované od roku 2000 do 2019 a jejich zprůměrování



Zdroj: Zpracováno autorem (Český hydrometeorologický ústav, 1954)

Jak je již vidět z grafu průměrná hodnota za posledních dvacet let je 8,4 °C, což také naznačuje červená čára, kolem níž jsou vyznačeny body, označující průměrné teploty v daných letech. Je tedy nanejvýš pravděpodobné, že i nadále bude průměrná hodnota velice blízká právě této hodnotě.

4.5.4.2 Výpočet spotřeby energie

V této kapitole se propočítává průměrná spotřeba energie a vyhodnocuje, kolik energie je možné ušetřit správným zateplením.

Dosazeny jsou pouze hodnoty momentální, protože druhý sloupec se počítá obdobně. Obsah plochy k zateplení byl dle výkresů vložených do příloh a situace domu dopočítán na hodnotu 101 m².

$$Q_t = U_{em} \cdot S = 2,241 \cdot 101 = 226,343 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \quad (15)$$

Ve výše uvedeném vzorci je vypočtena velikost tepelného toku procházejícím plochou povrchu.

Dalším výpočtem je příkon, ke kterému je potřeba nejprve zjistit průměrnou teplotu prostředí, v němž se měřený objekt nachází. Tomuto tématu již byla věnována kapitola průměrné teploty v Olomouckém kraji.

Vzorec pro výpočet teploty, dosaditelného do vzorce pro příkon se vypočítá jako rozdíl teploty vnitřní a venkovní. Výpočet vypadá tedy následujícím způsobem.

$$\Delta t = t_{ai} - t_{ep} = 20 - 8,4 = 11,6 \text{ }^\circ\text{C} \quad (16)$$

Nyní je možné přistoupit k výpočtu příkonu.

$$P = Q_t \cdot \Delta t = 226,343 \cdot 11,6 = 2625,579 \text{ W} = 2,625579 \text{ kW} \quad (17)$$

Dalším bodem výpočtu je celková spotřeba za celý rok musí být tedy hodnota vynásobena 365 dny a 24 hodinami.

$$Q_c = \frac{P \cdot 24 \cdot 365}{1000} = \frac{2625,579 \cdot 24 \cdot 365}{1000} = 23000,07 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (18)$$

Po dopočítání celkových spotřeb je nutné vyjádřit hodnotu ušetřené energie za celý rok, aby bylo možné dopočítání celkové návratnosti spotřeby nacházející se v ekonomické části této práce.

$$\Delta Q = Q_{cm} - Q_{cn} = 23000,07 - 2565,804 = 20434,266 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (19)$$

Všechny uvedené výpočty byly aplikovány dvakrát, jednou pro momentální situaci a podruhé pro situaci danou normou. Hodnoty jsou přehledně uvedeny v tabulce, aby bylo možné je v průběhu výpočtů pozorovat, o kolik se zrovna liší.

Celá tabulka je ukončena výsledným rozdílem energií spotřebovaných za celkový rok. Tato hodnota je poté použita pro další ekonomické výpočty.

Tab. 5 Vypočtené hodnoty spotřeby energie a jejich následný rozdíl

	Momentální situace	Norma
Δt [°C]	11,6	11,6
S [m ²]	101	101
U_m [W·m ⁻² ·K ⁻¹]	2,241	0,25
Q_t [W·K ⁻¹]	226,343	25,25
P [W]	2625,579	292,9
Q_{cx} [kW·h·rok ⁻¹]	23000,070	2565,804
	Úspora energie kW·h·rok⁻¹	20434,266

Zdroj: autor

Jak je vidět na tabulce číslo 5, hodnoty se velice liší. Jedná se o velké uniky tepla, které jsou potřeba pro vytápění obytného prostoru.

4.6 Ekonomické úvahy

4.6.1 Nová zelená úsporám

Nová zelená úsporám je instituce, zastřešující udělování dotací za snižování emisí v České republice, pomocí snižování energetické náročnosti budov.

Přídělované dotace se rozdělují do několika skupin podle částí domu u kterého je třeba zateplit například obvodové zdi, střechy, stropy, podlahy, výměny dveří a oken, anebo zelených střech. (Rodinné domy - zateplení, 2018)

V této práci je tedy hlavním tématem zateplení obvodových stěn, které se dále dělí do čtyř skupin dle plochy zateplení, kolik opatření se bude dělat na daném objektu a také podle toho, jakou částku ve výsledku daná organizace vyplatí, protože maximální celková částka nabývá 550000 Kč.

Obr. 16 Dotace od Zelené úsporám

Typ konstrukce	A.0 a A.1 (Kč/m ²)	A.2 (Kč/m ²)	A.3 (Kč/m ²)
Obvodové stěny, obvodové konstrukce obytných zimních zahrad, lehké obvodové pláště, střechy, stropy, podlahy nad exteriérem a ostatní konstrukce	500	600	800

Zdroj: (Rodinné domy - zateplení, 2018)

Dle kritérií uvedených výše, je možné uvažovat, že se rekonstrukce uvedená v této práci bude zařazovat do kategorie A.0, poněvadž se jedná pouze o zateplení části objektu, a ne celého a dále se nejedná o žádné další investiční akce.

Celková dotace by tedy měla být:

$$Dotace = A.0 \cdot S = 500 \cdot 102,326 = 51163 \text{ Kč} \quad (20)$$

Celková dotace tedy činí 51163 Kč.

4.6.2 Cena spotřebované energie

Cena energie na trhu je ovšem proměnlivá a není tedy možné předpovídat její nárůst, nebo naopak pokles. Je možno vycházet z faktur z minulých období, které mohou poskytnout informace o vývoji cen, a tedy prakticky pracovat s reálnými daty.

Za minulý rok byla fakturována spotřeba pro celý dům na rok 14898,63 kWh s tím, že cena bez DPH byla 1,03 Kč·kWh⁻¹.

Cena byla účtována na celkových 18 524,34 Kč včetně DPH k tomu je zapotřebí započítat ještě cenu za odběr a cenu za pronájem plynoměru to dělá měsíčně 232,06 Kč/měsíc bez DPH. Celková cena za nájem a odběr je tedy 3369,46 Kč včetně DPH.

Celková útrata je tedy celkem 21 893,8 Kč. Je nutné podotknout, že jsou momentálně využívané pouze dvě místnosti a tato cena je tedy mírně odlišná od výpočtu, včetně spotřeby.

Faktická spotřeba činí dle výpočtů uvedených výše až o polovinu vyšší hodnotu spotřeby energie. Z tohoto důvodu je potřeba danou útratu za celý vytápěný obytný prostor přepočítat, zjistit momentální cenu spotřeby a následně možnou návrhovou cenu spotřeby.

Uvažujme tedy, že by se cena teoreticky nezměnila a zůstala by i tento rok stejná, i přestože tato možnost není na českém trhu možná. Ceny by vypadaly následovně.

Tab. 6 Ceny spotřeby za rok dle cen z minulého fakturačního období

	Momentální situace	Norma
Průměrná jednotková cena bez DPH [kč/kWh]	1,03	1,03
Qc [kWh/rok]	23000,070	2565,804
Cena celkem bez DPH [kč]	23690,07	2642,78
Cena celkem s DPH [kč]	28664,99	3197,76
Poplatky za odběr a nájem bez DPH [kč/měsíc]	232,06	232,06
Poplatky za odběr a nájem za rok bez DPH [kč]	2784,72	2784,72
Poplatky za odběr a nájem za rok s DPH [kč]	3369,51	3369,51
Vyúčtování [Kč]	32034,50	6567,27
	Úspora ročně [kč]	25467,226

Zdroj: autorovo zpracování

Jak lze vidět během roku je možné ušetřit, až 25467,226 Kč, je ale nutné podotknout, že jsou ceny pouze teoretické.

4.6.3 Výpočet ceny materiálu a práce na zateplení

Tabulky uvedené níže jsou pouze orientačními cenami produktů pro daný systém. Není uvedena cena za práci, protože není možná stanovit dopředu, mohli bychom ji tedy pouze odhadovat na částku okolo 450 Kč/m².

Cena by byla v našem případě vynásobena plochou, jež je nutná zateplit.

$$Cena\ za\ práci = cena\ za\ m^2 \cdot S = 450 \cdot 102,326 = 46046,7\ Kč \quad (21)$$

Celkové náklady za práci a za zateplení dosahují tedy 46046,7 Kč.

4.6.3.1 Polystyrén

V této kapitole je uveden shrnutý výpočet orientační ceny pro montáž fasádního systému od společnosti Weber. Celá tabulka respektuje nařízení společnosti pro dodržení kvality zateplovacího systému.

Podrobnější přehled cen a konkrétních výrobků je uveden v příloze.

Tab. 7 Ceník materiálů za m² včetně dopočtené ceny za celkovou plochu zateplení polystyrénem

č.	Název	Plocha [m ²]	Cena za jednotku [kč/m ²]	Cena za celek [kč]
1	Lepící hmota	102,326	94,02	9621,10
2	Izolační desky	102,326	186,22	19055,15
3	stěrková hmota	102,326	460,77	47148,55
4	talířové hmoždinky	102,326	71,08	7272,86
5	Skleněná síťovina	102,326	30,49	3120,12
6	podkladní nátěr	102,326	12,41	1270,34
7	omítka	102,326	75,40	7714,97
		Celkem	930,39	95203,09

Zdroj: zpracování autorem (Isover EPS GreyWall Plus, 2020; Weber saint-gobain, 2016)

4.6.3.2 Minerální vata

Níže je uvedena tabulka uvádějící rozpočet na zateplení fasádním systémem pomocí tepelné izolace z minerální vaty. Ceny se mohou však mírně lišit, pokud by se jednalo o nákup odborných firem.

Je nutno podotknout, že jde pouze o vybraný systém s vybranými prvky a nejedná se pouze o jednu variantu tohoto zateplení.

Tab. 8 Ceník materiálů za m² včetně dopočtené ceny za celkovou plochu zateplení minerální vatou

č.	Název	Plocha [m ²]	Cena za jednotku [kč/m ²]	Cena za celek [kč]
1	Lepící hmota	102,326	94,02	9621,10
2	Izolační desky	102,326	441,12	45138,05
3	stěrková hmota	102,326	460,77	47148,55
4	talířové hmoždinky	102,326	71,08	7272,86
5	Skleněná síťovina	102,326	30,49	3120,12
6	podkladní nátěr	102,326	12,41	1270,34
7	omítka	102,326	75,40	7714,97
		Celkem	1185,29	121285,98

Zdroj: zpracování autorem (Isover NF 333, 2020; Weber saint-gobain, 2016)

Jak je již vidět z porovnání obou tabulek pro zateplení pomocí polystyrénu nebo minerální vaty, systém zůstává stejný a mění se pouze tepelná izolace.

Je nutné podotknout, že rozdíl ceny materiálu tedy závisí pouze na tepelné izolaci.

4.6.4 Návratnost investice

Aby byl celý projekt smysluplný je nutné také brát v potaz dobu návratnosti investice. Je však nutné rozdělit tabulku na dva případy.

Prvním případem je návratnost investice bez udělení dotace a druhým případem je návratnost investice s přidělenou dotací úrovně A.0, tedy 500 Kč/m².

Tab. 9 Návratnost investice s dotací a bez dotace

Materiál	Polystyrén	Minerální vata
Náklady na materiál [kč]	95203,09	121285,98
Cena za práci [kč]	46046,7	46046,7
Cena celkem za realizaci	141249,79	167332,68
Úspora po zateplení [kč]	25801,58	25801,58
Návratnost [roků, let]	5,47	6,49
Dotace A.0 (500 Kč/m ²)	51163	51163
Návratnost včetně dotace [roků, let]	3,49	4,50

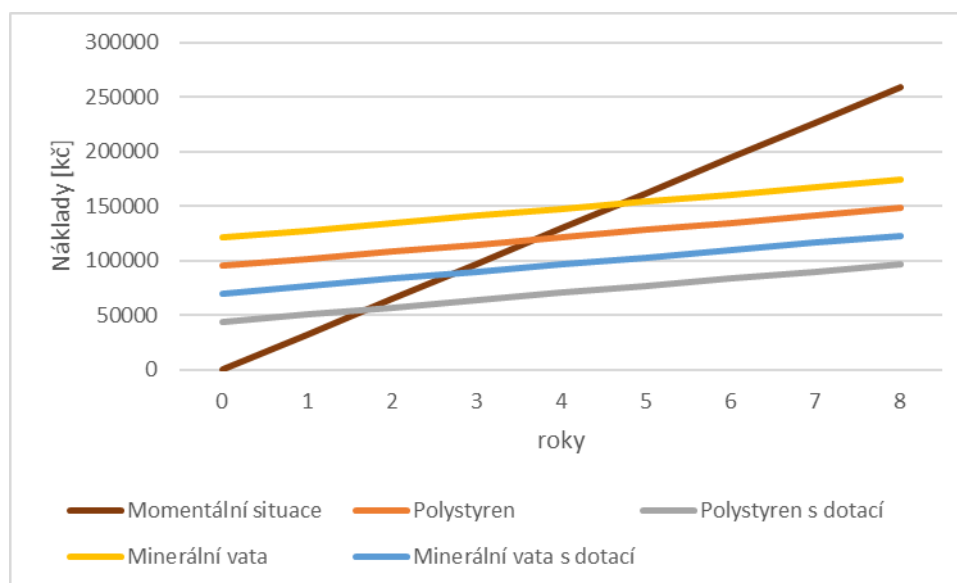
Zdroj: autor

Jak lze vidět na tabulce, doba návratnosti investice je bez udělení dotace pro polystyrén 5,47 let a pro minerální vlnu 6,49 let.

Pokud by byla uvažována situace, v níž by bylo dosaženo požadavků na udělení dotace, byla by doba zkrácena na 3,49 let pro polystyren a 4,5 let pro minerální vlnu což je až třetinové zvýhodnění.

Pro lepší představu návratnosti poslouží grafické zobrazení hodnot.

Graf 3 Grafické znázornění návratnosti investice



Zdroj: autor

Jak lze vidět návratnost investice bez dotace je o hodně vyšší než-li s dotací.

Návratnost je vždy zřejmá v bodě ve kterém se stýká momentální křivka spotřeby s křivkou spotřeby nově vypočítané podle normy a počáteční investice.

5 Závěr a doporučení

Z výpočtů a posouzení zateplení vyplynulo, že zateplení má smysl, jakožto investice do budoucna. Jedná se o rapidní snížení tepelných ztrát a ušetření a na energii potřebné pro vytápění celé obytné části objektu.

Dle měření se v domě nenachází žádné riziko vysokých vlhkostí a není tedy nutné na domě provádět sanaci zdiva injektážemi. Pouze by však stačilo obkopání domu a pomocí patřičné technologie odvést přebytečnou vlhkost ze zeminy mimo nosnou konstrukci, a tím by došlo ke zlepšení tepelných vlastností objektu.

Dále je nutno podotknout, že dle výpočtů bylo doporučeno zateplení pomocí tepelných izolantů polystyrenu a minerální vaty dle jejich vlastností na tloušťky 120 a 150 mm. Dané hodnoty odpovídají potřebám normované budovy a její spotřebě, a tím pádem splnění požadavků pro udělení dotací od Nové Zelené Úsporám.

Zajímavostí je, že při použití kontaktního fasádního systému ETICS, se s použitím odlišných izolačních materiálů struktura a ani cena nemění, pouze však dle zvoleného tepelně izolačního materiálu. To však závisí na zvoleném tepelném izolačním materiálu

Návratnosti se pohybují v relativně krátkém čase a liší se dle zvolené technologie a také podle toho, zda-li byla dotace udělena, nebo nikoliv.

Pokud by byla dotace udělena, návratnost investice se pohybuje mezi čtyřmi až pěti lety.

6 Seznam použitých zdrojů

1. ADAMOVSKEÝ, Radomír a Pavel NEUBERGER. *Termomechanika II*. Praha, 2003. Skripta. Česká zemědělská univerzita v Praze.
2. *ALMEMO Univerzální měřicí přístroje* [online]. Německo: Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, 2013 [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/MA2690-8A_CZ.pdf
3. CENTNEROVÁ, Lada. Tepelná pohoda a nepohoda. In: *Tzbinfo* [online]. Praha 6: Topinfo, 2000, 13.12.2000 [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitřni-prostředí/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
4. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha 4-Komořany: ČHMÚ, 1954 [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/kraje/olomoucky>
5. *COMET R3120* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, 1991 [cit. 2020-01-30]. Dostupné z: <https://www.cometsystem.cz/pdf/R3120>
6. Dataloger ALEMO 2690-8A. *AHLBORN* [online]. Praha 4: AHLBORN měřicí a regulační technika, 2015 [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/ALMEMO%202690-8A_2015bc.pdf
7. *Ergonomie tepelného prostředí - Přístroje pro měření fyzikálních veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002.
8. *Fasádní zateplovací systémy* [online]. Praha 8: Saint-Gobain construction products CZ, 2019 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/fasady-5-2019.pdf>
9. *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. 58539. Hradec Králové: TECHNOR Hradec Králové, 2000.
10. *Isover EPS GreyWall Plus* [online]. Praha 8: Saint Gobain Construction Products CZ, 2020 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-greywall-plus>
11. *Isover NF 333* [online]. Praha 8: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2020 [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/o-nas/kontakty>
12. KOSIŃSKI, Piotr, Przemysław BRZYSKI a Barbara DULIASZ. Moisture and wetting properties of thermal insulation materials based on hemp fiber, cellulose and mineral wool in a loose state. *Journal of Natural Fibers*. 2020, **17**(2), 199-213. DOI: 10.1080/15440478.2018.1477086. ISSN 1544-0478. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2018.1477086>
13. *Minerální izolace* [online]. Praha: TZB-info, 2020 [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
14. *Polystyrenové izolace* [online]. Praha: TZB-info, c2001-2020 [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>

15. *Přenos tepla* [online]. Praha: Fyzikální olympiáda, 2002 [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/texttz.pdf>
16. ŘEHÁNEK, Jaroslav. *Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-7169-582-3.
17. *Rodinné domy - zateplení* [online]. Praha 4: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zatepleni/>
18. STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.
19. *Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6.
20. *Vytápění a větrání*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1975. ISBN 0-07-019915-9.
21. *Weber saint-gobain* [online]. Praha 10: Saint-Gobain Construction, 2016 [cit. 2020-02-27]. Dostupné z: <https://www.poptej-weber.cz/>

7 Přílohy

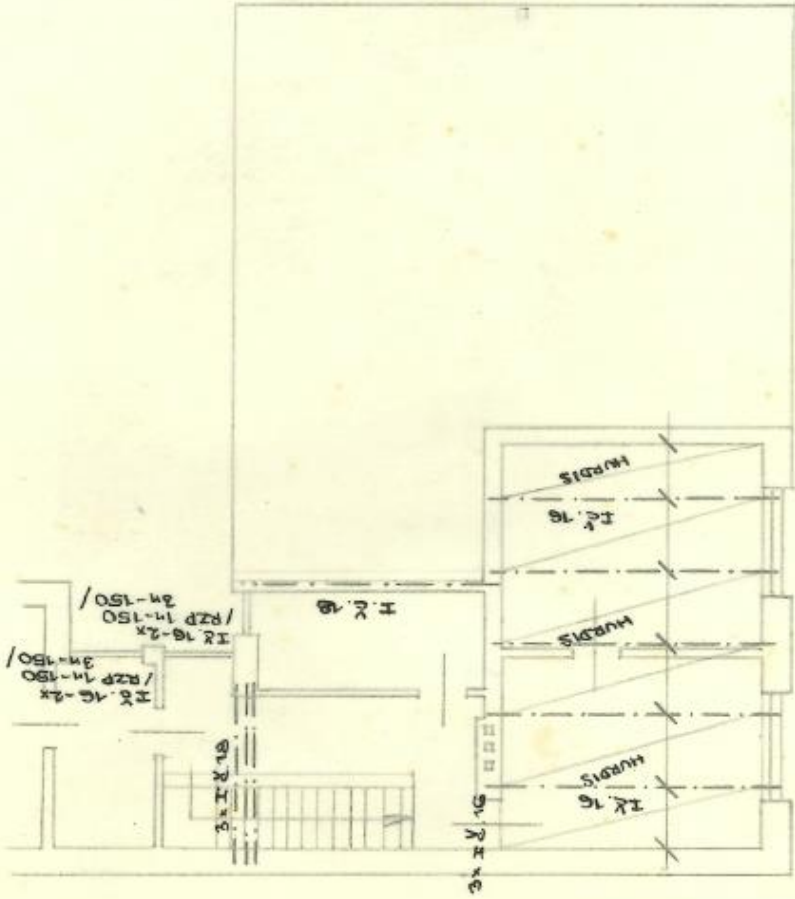
Příloha 1 – Nákres řešení stropů po rekonstrukci

Příloha 2 – Místa měření a půdorys užívané části domu přízemí

Příloha 3 – Místa měření a půdorys užívané části domu 1. NP

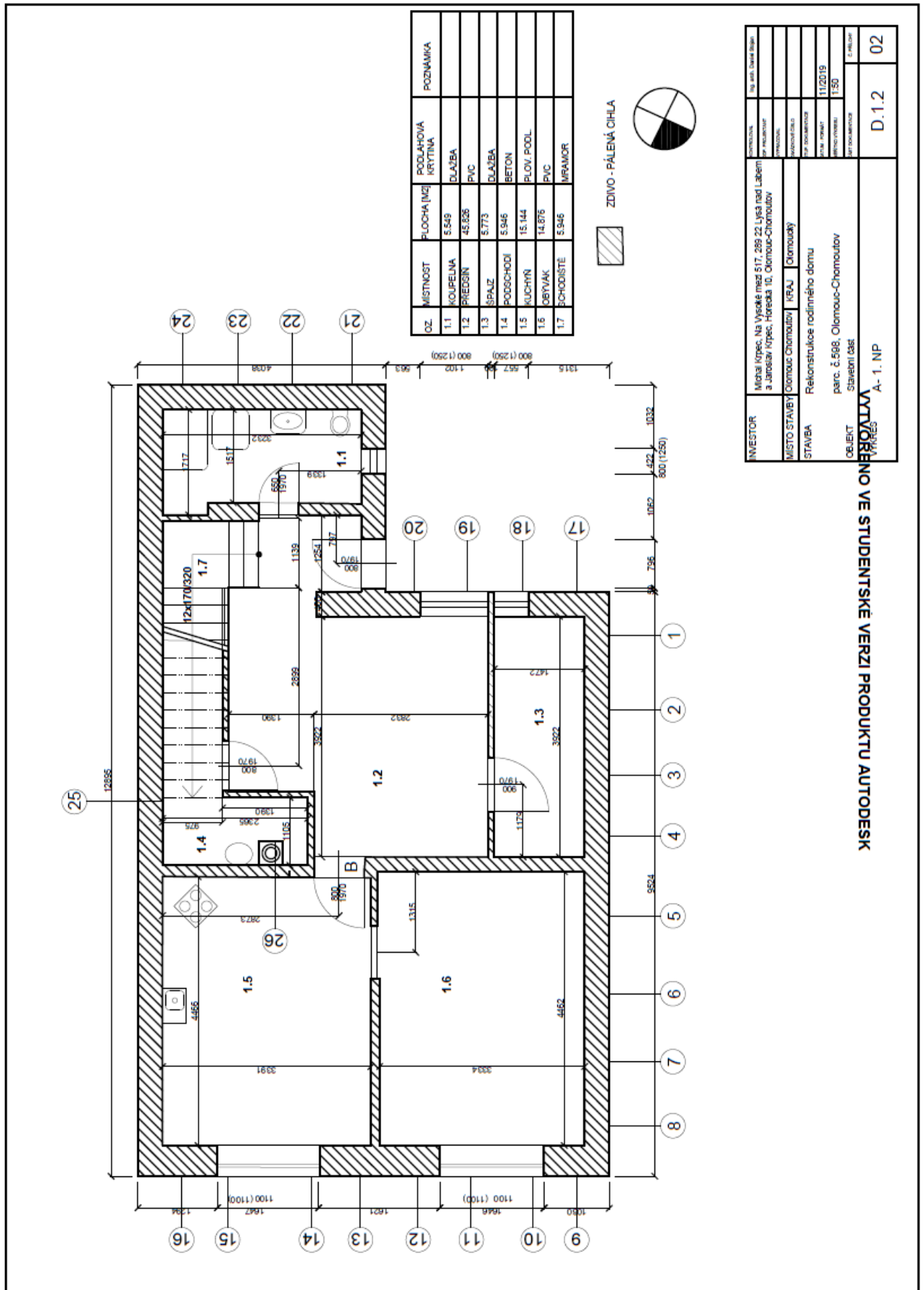
KLADĚČSKÝ VÝKRES
PREFABRIKÁTŮ
NAD PATREM

POZNAŇKA
VÝPIS PREFABRIKÁTŮ V ROZPISU
MATERIÁLU



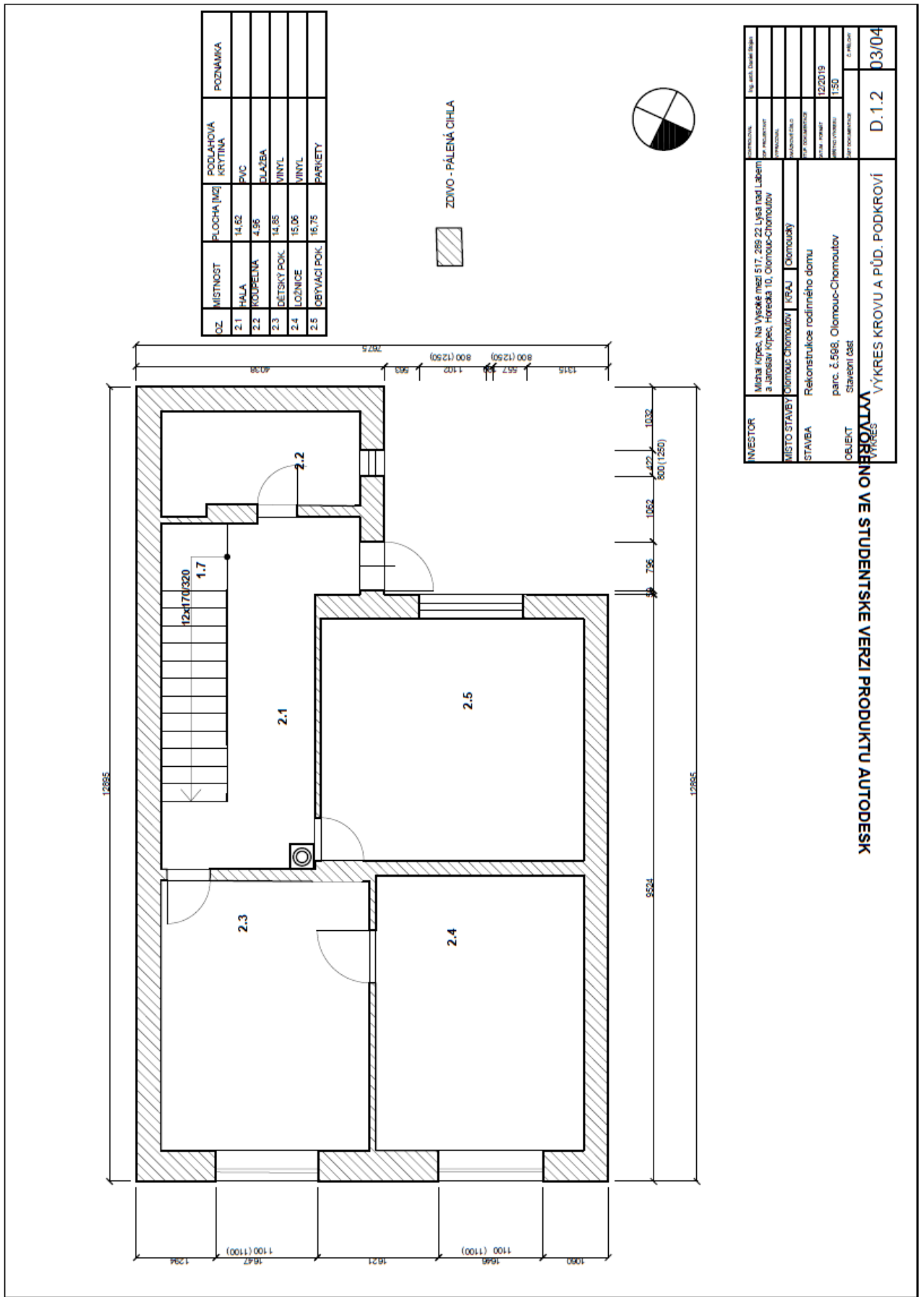
STAVEBNÍ J. B. KRPEC, ŠTOMOUTOV 162	VYPRACOVAN ING. HUJNÁK / 1/14
ADAPTACE RODIN. DOMU	DAT 12/71
	VÝČR. G.

Příloha 1 – Náčrt řešení stropů po rekonstrukci



INVESTOR	Město Křepč, Na Vysoké mezi 517, 289, 221, Lišá nad Lábelem a Jarnovským křepč, Horecká 10, Olomouc-Chomoutov	PROJEKTOVATEL	Ing. arch. Dana Bělá
MÍSTO STAVBY	Olomouc-Chomoutov KRAJ Olomoucký	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL
STAVBA	Rekonstrukce rodinného domu	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL
OBJEKT	parc. č. 598, Olomouc-Chomoutov	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL
PRŮBĚH	Stavební ústředí	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL
STAVBA	A. 1. NP	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL
D. 1.2	02	PROJEKTOVATEL	PROJEKTOVATEL

Příloha 2 – Místa měření a půdorys užívané části domu přízemí



INVESTOR	Michal Krpec, Na Veselce mezi 517, 289 22 Lyžařská nad Lázeňmi a Jaroslav Krpec, Horecká 10, Olomouc-Chomoutov	PROJEKTANT	Ing. arch. Dana Štáblová
MÍSTO STAVBY	Olomouc-Chomoutov (KRAJ) Olomoucký	PRŮJEMNÁ ČÁST	
STAVBA	Rekonstrukce rodinného domu	PRŮJEMNÁ ČÁST	
OBJEKT	part. č. 668, Olomouc-Chomoutov	DATA VYDÁNÍ	12/2019
VÝKRES	Stavební část	ČÍSLO VÝKRESU	1/50
	VÝKRES KROUVY A PŮD. PODKROVÍ	Č. PRŮJEMNÉ ČÁSTI	03/04

Příloha 3 – Místa měření a půdorys užívané části domu 1. NP