

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta



Lesnická
a dřevařská
fakulta

Mendelova
univerzita
v Brně



Energetická náročnost rodinného domu vytápěného dřívím.

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. et Ing. Jan Klepárník, PhD.

Autor práce:
Martin Vavruška

Brno 2017

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá stanovením energetické náročnosti vytápění dvou variant rodinného domu v řadové zástavbě. Jedná se o původní stav po výstavbě rodinného domu a stav po zateplení obvodových stěn, výměně oken a dveří. Jsou porovnávána následující hlediska: tepelné ztráty, spotřeba tepla na vytápění nejběžněji používanými zdroji tepla, provozní náklady na vytápění a ohřev teplé vody, vstupní náklady na pořízení těchto technologií a návratnost investice do těchto technologií.

Klíčová slova:

součinitel tepelné vodivosti, tepelná ztráta, spotřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody, prostup tepla, součinitel prostupu tepla.

Abstract:

This bachelor thesis is concerned with determining the energy demand of heating of two variants of a terraced house. It deals with the original situation after construction of a family house and the situation after thermal insulation of perimeter walls, windows and doors replacement. The thesis compares these aspects: thermal losses, heat consumption for heating of the most commonly used heat sources, operating costs for heating and hot water warming, purchase costs for acquisition of these technologies and return on investment to these technologies.

Keywords:

coefficient of thermal conductivity, thermal loss, heat consumption for heating and hot water warming, heat transfer, heat transfer coefficient

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

Energetická náročnost rodinného domu vytápěného dřívím vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Dačicích dne

Podpis

Poděkování:

Moje poděkování patří Ing. et Ing. Janu Klepárníkovi, PhD. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Děkuji také firmě PROTECH Nový Bor za bezplatné zapůjčení programu TV. V neposlední řadě děkuji svým rodičům za morální a finanční podporu při studiu.

Obsah:

1. Úvod:	7
2. Cíle práce:	9
3. Metodika:	10
4. Výsledky:	11
4.1. Prostup tepla přes stěny:	11
4.1.1. Obvodové stěny ochlazované:	11
4.1.2. Obvodová stěna neochlazovaná:	17
4.1.3. Příčky:	18
4.1.4. Podlahy:	21
4.1.5. Střecha:	25
4.2. Prostup tepla přes otvorové výplně:	26
4.3. Tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí:	30
4.4. Návrh otopných těles:	32
4.4.1. Pro elektrokotel s akumulacími nádržemi a kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi:	32
4.4.2. Pro plynový kondenzační kotel:	33
4.5. Elektrická energie:	34
4.6. Dřevo:	36
4.7. Plynem:	37
4.8. Porovnání všech metod:	38
5. Diskuze:	40
5.1. Prostup tepla přes obvodové stěny:	40
5.1.1. Obvodové stěny ochlazované:	40
5.1.2. Obvodová stěna neochlazovaná:	41
5.1.3. Příčky:	41
5.1.4. Podlahy:	42
5.1.5. Střecha:	42
5.2. Prostup tepla přes otvorové výplně:	43
5.3. Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce:	47
5.4. Tepelná ztráta celého objektu:	47
5.5. Způsoby vytápění:	47
5.6. Množství energie na vytápění:	48

5.7. Pořizovací náklady na pořízení technologie:	49
5.8. Porovnání ročních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody:.....	52
5.9. Porovnání vstupních nákladů s ohledem na životnost a ročních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody:	53
5.10. Vyhodnocení variant vytápění:	55
6. Závěr:.....	57
7. Summary:	58
8. Seznam použité literatury:.....	59
8.1. Citované normy:.....	59
8.2. Knižní literatura:	59
8.3. Články v časopise:	59
8.4. Internetové zdroje:.....	59
9. Přílohy:	60

1. Úvod:

V úvodu bych rád podotknul, že vycházím z dochované projektové dokumentace. Půdorysy jednotlivých pater a pohledy byly překresleny a upraveny, aby odpovídaly skutečnému provedení rodinného domu. Je to překreslený skutečný stav objektu se všemi chybami, které se v objektu vyskytují, např. křížení drah dvou dveřních křídel při otevření, u dveří na schodišti není před dveřmi podesta ale rovnou schody a mnoho dalších chyb.

Pro svoji bakalářskou práci jsem si vybral objekt, který se nachází v Jihočeském kraji, okrese Jindřichův Hradec, v Dačicích. Jedná se o rodinný dům postavený v roce 1985 z cihelných kvádrů v řadové zástavbě. Skládá se ze tří pater, z toho jedno je částečně zapuštěno do země. Vstup do domu je po venkovním schodišti přes zádveří do chodby se schodištěm. V tomto podlaží je řešena obytná denní část domku, tj. obývací pokoj, kuchyň, WC a pracovna. Z pracovny je přístupná venkovní terasa, navazující na zahradu. V patře je ložnicová zóna s jednou ložnicí, dvěma pokoji a koupelnou. Z ložnice je přístup na balkon. Schodištěm z chodby v přízemí je přístupná chodba v suterénu, ze které jsou přístupné garáž, kotelna, prádelna, dílna, malý a velký sklep a schodiště na terasu. Hospodářský průchod domem na zahradu je tedy možný přes garáž a chodbu v suterénu.

Základové pasy jsou z betonu B 105 prokládané kamenem. Základy jsou uloženy do nezámrzé hloubky. Ve spodním patře je podkladní beton o tloušťce 150 mm, je zhotoven na zhutněném štěrkopískovém podsypu tloušťky 100 mm. Izolace proti zemní vlhkosti byly navrženy v běžném provedení 3krát asfaltový nátěr a 2krát asfaltový pás (IPA).

Zdivo je z cihelných tvárnic CD Týn P10 o tloušťce 400 mm místy 300 mm. Příčky o tloušťce 300 mm jsou z cihelných tvárnic CD Týn a příčky o tloušťce 100 mm jsou z plných pálených cihel.

Stropy jsou z železobetonových trámků a vložek MIAKO. Překlady jsou železobetonové prefabrikované. Ztužující věnce jsou zhotoveny z železobetonu a místy působí i jako překlady. V horním věnci jsou zabetonovány kotvící prvky krovu.

V obytných podlažích jsou zdi a stropy nataženy vápennými omítkami, v suterénu jsou omítky hladké. Venkovní omítky jsou břizolitové bílé.

V obytných místnostech jsou podlahy z PVC, chodby v obytných podlažích, sociální zařízení a v suterénu je keramická dlažba.

Zastřešení je provedeno sedlovou střechou o sklonu 15°. Konstrukce krovu je dřevěná, tesařsky vázaná a kotvená do věnce. Krytina z plechu červené barvy.

Okna a dveře typové nekompletizované výroby. Vstupní stěna ocelová, zasklená, atypická, s bočním prosklením pro osvětlení šatny.

Tepelně izolované jsou stropy a podlahy. Jsou zatepleny polystyrenem o tloušťce 50 mm. V suterénu nejsou zatepleny podlahy z hlediska požadované teploty v patře 15°C.

U tohoto objektu došlo v roce 2004 k rekonstrukci. V rámci rekonstrukce byla vyměněna všechna okna a dveře, které se nacházely v obvodovém plášti. Místo dříve používaných dřevěných kyvných oken, které byly montovány běžně hlavně v panelových domech, jsou zde osazena plastová okna otevírací a sklopná. Původní dřevěné dveře s výplní ze skla vedoucí na terasu a balkon, byly nahrazeny plastovými balkonovými dveřmi se skleněnou výplní. Dalším prvkem, který byl vyměněn, jsou garážová vrata. Místo původních plechových garážových vrat jsou nyní použita plastová vrata, vyplněná polyuretanovou pěnou. Místo ocelové vstupní stěny jsou osazeny vchodové dveře z masivního dřeva, s prosklenou částí z ornamentálního skla. Výjimkou jsou dveře vedoucí ze suterénu na zahradu, které zůstaly původní, a to z toho důvodu, že v suterénu se požaduje teplota okolo 15 °C. Při této rekonstrukci došlo také k zateplení stěn, které jsou ve styku se vzduchem. Pro zateplení byl použit polystyren o tloušťce 50mm.

2. Cíle práce:

Cílem práce bylo stanovit energetickou náročnost původního stavu objektu pro bydlení a jeho nového stavu po provedené rekonstrukci. Tento hlavní cíl se skládá z několika dílčích cílů:

- příprava výkresové dokumentace pro energetické výpočty
- provedení šetření na místě stavby za účelem zjištění skladeb konstrukcí
- výpočet součinitele prostupu tepla a jeho posouzení dle ČSN 730540
- výpočet tepelného výkonu dle ČSN EN 12831
- stanovení spotřeb energie
- návrh otopných těles
- návrh zdroje tepla
- stanovení provozních nákladů (cena paliv a energií, servis, údržba)
- stanovení investičních nákladů (jednotlivé prvky topné soustavy)
- vyhodnocení jednotlivých počítaných variant formou diskuse

Pro výpočty bude použit program TV Protech.

3. Metodika:

Pro výpočet tepelné ztráty objektu nejprve potřebujeme zjistit tepelnou ztrátu přes jednotlivé konstrukce. Jedná se o obvodové zdi ochlazované, obvodovou zeď neochlazovanou, příčky, podlahy a střecha. Výpočet provádíme dle normy ČSN 73 0540-4:2005.

Dále je zapotřebí zjistit tepelné ztráty okny a dveřmi podle ČSN 73 0540-3:2005 a ČSN EN ISO 10077-1:2007. Do výpočtu jsem bral součinitele tepelné vodivosti (Λ) ze stránek [Tzb-info, 2017], s respektováním hodnot uvedených ve výše uváděných normách. Výpočet tepelné ztráty objektu byl proveden dle ČSN EN 12831.

Z programu TV od firmy Protech jsem zjistil celkovou tepelnou ztrátu (tepelný výkon) a množství paliva, které je potřeba k pokrytí této tepelné ztráty. Toto množství paliva jsem přepočítal na roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody.

Dále jsem v programu TV navrhl podle tepelné ztráty druh a velikost otopných těles.

Jako zdroje vytápění pro rodinný dům v řadové zástavbě byly zvoleny: elektrokotel s akumulacími nádržemi, přímotopy, kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi a plynový kondenzační kotel. Navrhl jsem náklady na pořízení těchto technologií. Po konzultaci s odborníkem jsem navrhl životnost jednotlivých komponentů otopné soustavy. Jedná se o kotle, otopná tělesa, přímotopy a akumulacími nádrže.

V dalším kroku byly náklady na dřevo porovnány s náklady za plyn a elektřinu. V poslední části jsem porovnal náklady, a to pořizovací cenu technologie, její životnost a roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody.

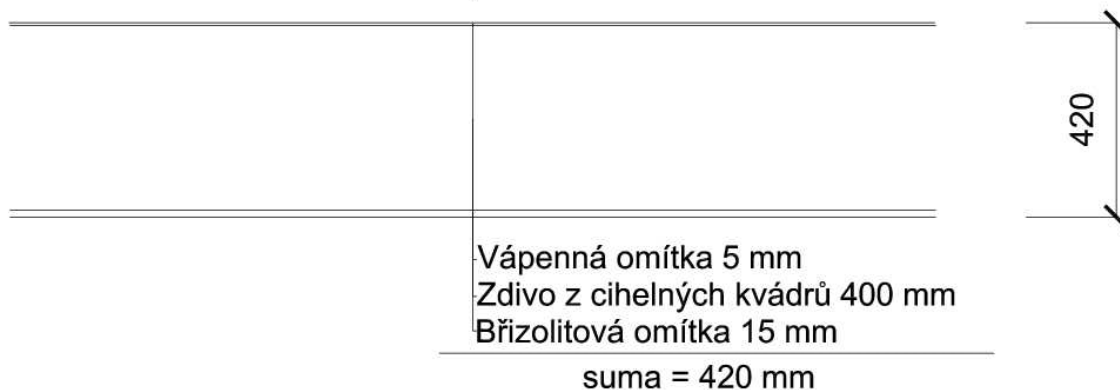
Posledním krokem bylo tyto výstupy spojit do celkových ročních nákladů a zjistit jaká varianta je nejlevnější.

4. Výsledky:

4.1. Prostup tepla přes stěny:

4.1.1. Obvodové stěny ochlazované:

SO1- STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV NAD ZEMÍ



Tabulka 1: SO1 - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV NAD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,4	0,36	1,11
BŘIZOLITIVÁ OMÍTKA	0,015	1,1	0,01
R _{se}			0,04
	suma R=	1,30	m ² K/W
	U=	0,77	W/m ² K

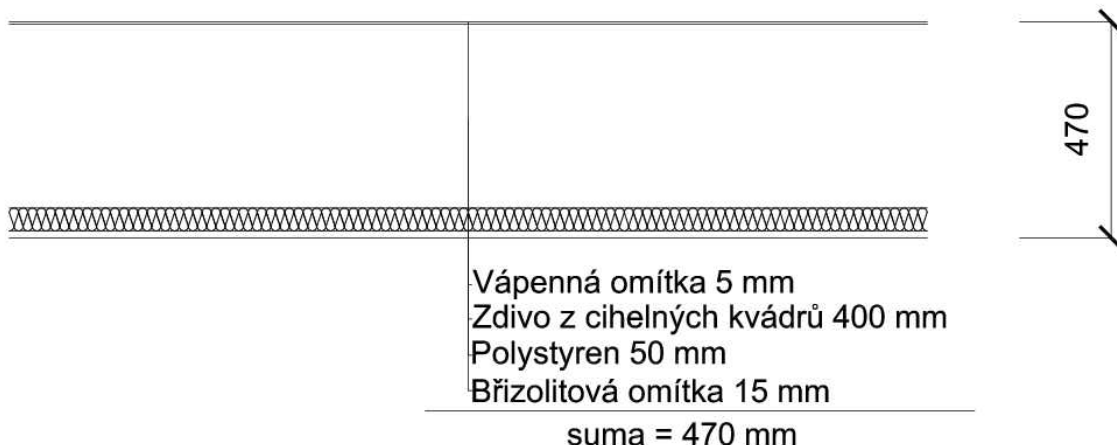
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SO1 NOVÁ - STĚNA OCHLAZOVANÁ, NOVÝ STAV NAD ZEMÍ



Tabulka 2: SO1 - STĚNA OCHLAZOVANÁ, NOVÝ STAV NAD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,4	0,36	1,11
POLYSTYREN	0,05	0,04	1,25
BŘIZOLITOVÁ OMÍTKA	0,015	1,1	0,01
R _{se}			0,04
	suma R=	2,55	m ² K/W
	U=	0,39	W/m ² K

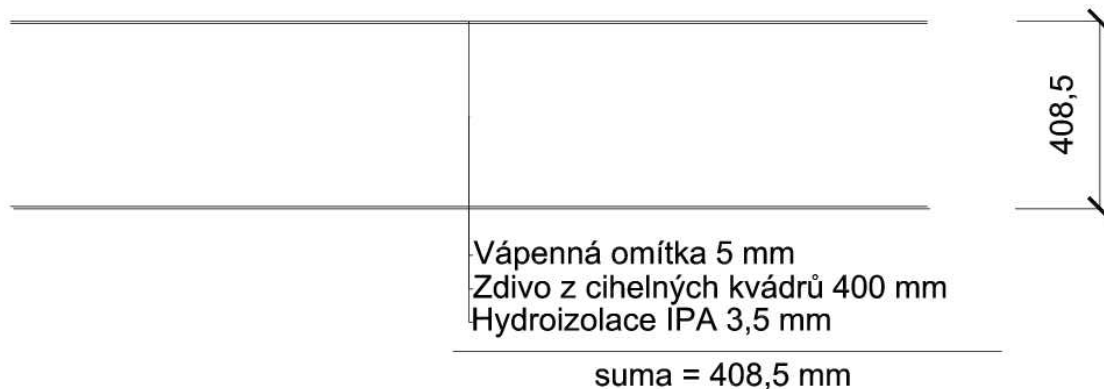
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SO1 POD ZEMÍ - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV POD ZEMÍ



Tabulka 3: SO1P - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV POD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,4	0,36	1,11
HYDROIZOLACE IPA	0,0035	0,2	0,02
R _{se}			0,00
	suma R=	1,26	m ² K/W
	U=	0,79	W/m ² K


d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SO2- STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV NAD ZEMÍ

		
	Vápenná omítka 5 mm Zdivo z cihelných kvádrů 300 mm Břizolitová omítka 15 mm	
suma = 320 mm		

Tabulka 4: SO2 - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV NAD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,3	0,53	0,57
BŘIZOLITIVÁ OMÍTKA	0,015	0,9	0,02
R _{se}			0,04
	suma R=	0,76	m ² K/W
	U=	1,32	W/m ² K

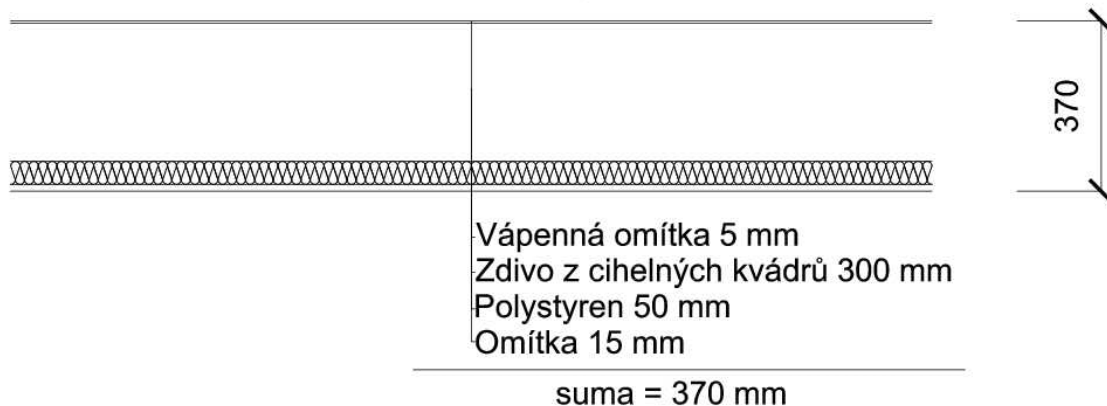
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SO2 NOVÁ - STĚNA OCHLAZOVANÁ, NOVÝ STAV NAD ZEMÍ



Tabulka 5: SO2 - STĚNA OCHLAZOVANÁ, NOVÝ STAV NAD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,3	0,53	0,57
POLYSTYREN	0,05	0,04	1,25
BŘIZOLITIVÁ OMÍTKA	0,015	0,9	0,02
R _{se}			0,04
	suma R=	2,01	m ² K/W
	U=	0,50	W/m ² K

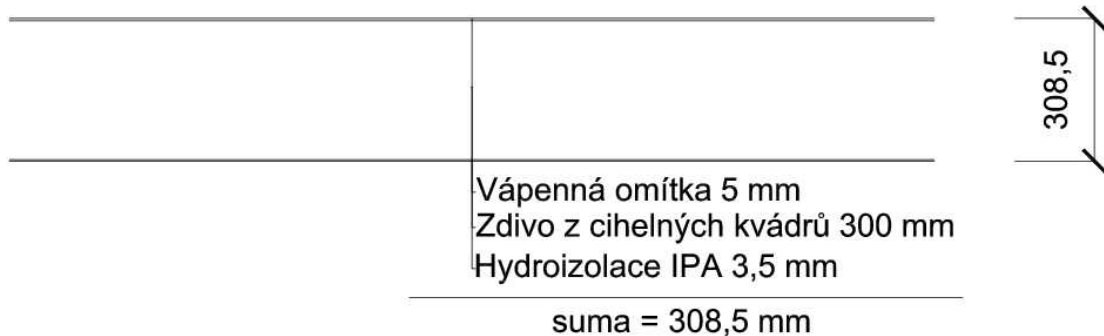
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SO2 POD ZEMÍ - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV POD ZEMÍ



Tabulka 6: SO2P - STĚNA OCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV POD ZEMÍ

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Rsi			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,3	0,53	0,57
HYROIZOLACE IPA	0,0035	0,2	0,02
Rse			0,00
	suma R=	0,72	m ² K/W
	U=	1,39	W/m ² K

d-tloušťka

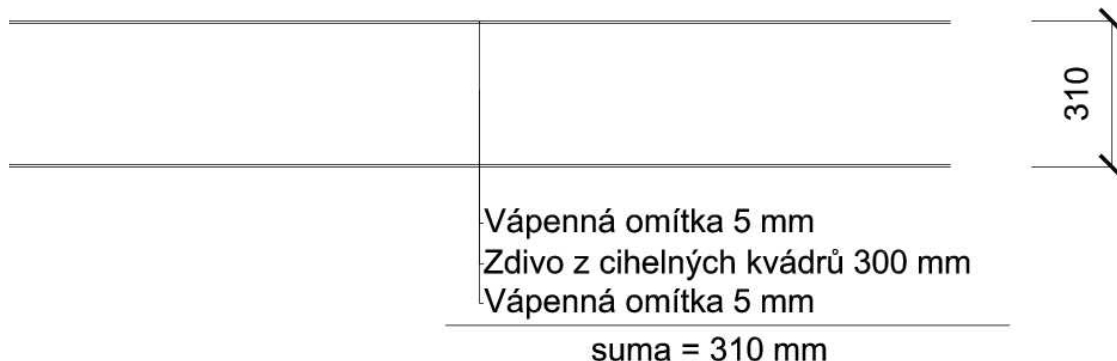
λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

4.1.2. Obvodová stěna neochlazovaná:

SN1 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV



Tabulka 7: SN1 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Rsi			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,3	0,53	0,57
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
Rsi			0,13
	suma R=	0,84	m ² K/W
	U=	1,19	W/m ² K

d-tloušťka


λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

4.1.3. Příčky:

SN2 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

		
	Vápenná omítka 5 mm Zdivo z cihelných kvádrů 100 mm Vápenná omítka 5 mm	
	suma = 110 mm	

Tabulka 8: SN2 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH, PÁLENÝCH	0,1	0,78	0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
R _{si}			0,13
	suma R=	0,40	m ² K/W
	U=	2,50	W/m ² K

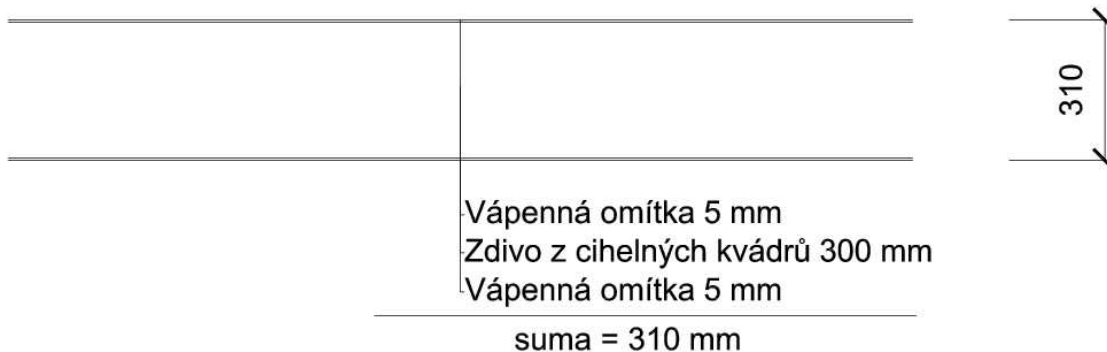
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SN3 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV



Tabulka 9: SN3 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHELNÝCH KVÁDRŮ CD TÝN P 10 NA MALTU MC 100	0,3	0,53	0,57
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
R _{si}			0,13
	suma R=	0,84	m ² K/W
	U=	1,19	W/m ² K


d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

SN4 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

		 105
	Vápenná omítka 5 mm Zdivo z cihelných kvádrů 100 mm <hr/> suma = 105 mm	

Tabulka 10: SN4 - STĚNA NEOCHLAZOVANÁ, PŮVODNÍ STAV

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Rsi			0,13
VÁPENÁ OMÍTKA	0,005	0,88	0,01
ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH, PÁLENÝCH	0,1	0,78	0,13
Rsi			0,13
	suma R=	0,39	m ² K/W
	U=	2,54	W/m ² K

d-tloušťka


λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

4.1.4. Podlahy:

PDL1- PODLAHA - 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07

		 203,5
	Keramická dlažba 10/10 tl. 8 mm Cementová malta 12 mm Betonová mazanina z rabicovým pletivem 30 mm Vodorovná izolace 2x A400H, 3x asfaltový nátěr 3,5 mm Beton 150 mm suma = 203,5 mm	

Tabulka 11: PDL1-PODLAHA - 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,17
KERAMICKÁ DLAŽBA 10/10	0,008	1,01	0,01
CEMENTOVÁ MALTA	0,012	1,16	0,01
BETONOVÁ MAZANINA S RABICOVÝM PLETIVEM	0,03	1,36	0,02
VODOROVNÁ IZOLACE 2x A400H, 3x ASFALTOVÝ NÁTĚR	0,0035	0,2	0,02
BETON	0,15	1,3	0,12
R _{se}			0,00
	suma R=	0,34	m ² K/W
	U=	2,91	W/m ² K

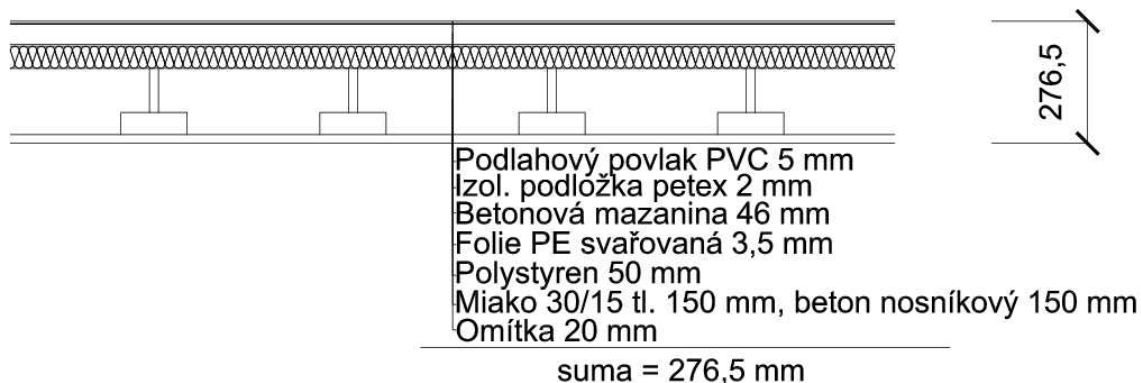
d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

PDL2- PODLAHA 102, 103, 106, 107, 204, 202, 205, 206



Tabulka 12: PDL2-PODLAHA 102, 103, 106, 107, 204, 202, 205, 206

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Rsi			0,17
PODLAHOVÝ POVLAK PVC	0,005	0,19	0,03
IZOL. PODLOŽKA - PETEX	0,002	0,03	0,07
BETONOVÁ MAZANINA	0,046	1,3	0,04
FOLIE PE SVAŘOVANÁ	0,0035	0,16	0,02
POLYSTYREN	0,05	0,04	1,25
MIAKO 15/30, beton nosníkový	0,15	0,58	0,26
omítka	0,02	0,88	0,02
Rse			0,04
	suma R=	1,89	m ² K/W
	U=	0,53	W/m ² K

d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

PDL3-PODLAHA 101, 104, 301



Tabulka13: PDL3-PODLAHA 101, 104, 301

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,17
KERAMICKÁ DLAŽBA 10/10	0,008	1,01	0,01
CEMENTOVÁ MALTA	0,012	1,16	0,01
BETONOVÁ MAZANINA	0,03	1,36	0,02
FOLIE PE SVAŘOVANÁ	0,0035	0,16	0,02
POLYSTYREN	0,05	0,04	1,25
MIAKO 15/30, beton	0,15	0,58	0,26
omítka	0,02	0,88	0,02
R _{se}			0,04
suma R=		1,80	m ² K/W
U=		0,55	W/m ² K

d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

PDL4-PODLAHA 203



Tabulka 14: PDL4-PODLAHA 203

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,17
KERAMICKÁ DLAŽBA 10/10	0,008	1,01	0,01
CEMENTOVÁ MALTA	0,012	1,16	0,01
BETONOVÁ MAZANINA	0,03	1,36	0,02
FOLIE PE SVAŘOVANÁ	0,0035	0,16	0,02
POLYSTYREN	0,05	0,04	1,25
FIBREX 2x	0,002	0,03	0,07
ASFALTOVÝ NÁTĚŘ 3x	0,004	0,2	0,02
MIAKO 15/30, beton	0,15	0,58	0,26
omítka	0,02	0,88	0,02
R _{se}			0,04
suma R=		1,89	m ² K/W
U=		0,53	W/m ² K

d-tloušťka

λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

4.1.5. Střecha:

SCH1-STŘECHA



Tabulka 15: SCH1-STŘECHA

MATERIÁL	d	λ	R
	[m]	[W/mK]	[m ² K/W]
R _{si}			0,10
PLECHOVÁ KRYTINA	0,003	50	0,00
LAŤ	0,05	0,18	0,28
KONTRA LAŤ	0,05	0,18	0,28
DIFÚZNÍ FOLIE	0,0035	0,16	0,02
KROKEV	0,14	0,18	0,78
R _{se}			0,04
	suma R=	1,50	m ² K/W
	U=	0,67	W/m ² K

d-tloušťka

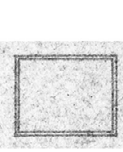


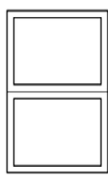
λ -součinitel tepelné vodivosti (schopnost materiálu vést teplo při dané teplotě)

R-tepelný odpor konstrukce (jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejich povrchu dojde k přenosu 1 Wattu)

U-součinitel prostupu tepla (množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1m² při rozdílu teplot jejich povrchů o 1K)

4.2. Prostup tepla přes otvorové výplně:

Tabulka 16: Původní okna

ČÍSLO VYROBKU	SCHEMA	POPIS	ŠÍŘKA	VÝŠKA	SUTERÉN	PŘÍZEMÍ	PATRO	STŘECHA	CELKEM	A	bs2	bj2	Ug	Uf	Up	Ag	Af	Ap	Ψg	Lg	Uw
			[cm]	[cm]																	
OZ1		DŘEVĚNÉ OKNO ZDVOJENÉ, KYVNÉ DOZ - KLA	120	150	-	3	2	-	5	1,80	0,13	0,14	2,40	1,63	0,00	1,16	0,64	0,00	0,00	4,34	2,12
OZ2		DŘEVĚNÉ OKNO ZDVOJENÉ, SKLÁPĚCÍ DOZ - SIA	120	60	2	-	1	-	3	0,72	0,13	0,14	2,40	1,63	0,00	0,31	0,41	0,00	0,00	2,54	1,96
OZ3		DŘEVĚNÉ OKNO ZDVOJENÉ, SKLÁPĚCÍ DOZ - SIA	60	60	3	-	-	-	3	0,36	0,13	0,14	2,40	1,63	0,00	0,11	0,25	0,00	1,34	1,87	
OZ4		DŘEVĚNÉ OKNO DVOJKRÍDLÉ	240	150	-	1	1	-	2	3,60	0,13	0,14	2,40	1,63	0,00	5,26	1,29	0,00	8,68	2,25	

A- plocha okna

bs2- šířka rámu od ostění a překládu

bj2- šířka rámu od parapetu

Ug- součinitel prostupu tepla zasklení

Uf- součinitel prostupu tepla rámu

Up- součinitel prostupu tepla kazetové výplně

Ag- plocha skla

Af- plocha rámu









Ap- plocha kazetové výplně

Ψg- distanční rámeček

Lg- délka distančního rámečku

Uw- součinitel prostupu tepla oknem

Tabulka 17: Přesční dveře

ČÍSLO VÝROBKU	SCHEMA	POPIS	ŠÍŘKA		VÝŠKA	ORIENTACE DVEŘÍ	SUTERÉN [ks]	PŘÍZEMÍ [ks]	PATRO [ks]	STŘECHA [ks]	CELKEM [ks]	A [m ²]	bs1 [m]	bj1 [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	Up [W/m ² K]	Ag [m ²]	Af [m ²]	Ap [m ²]	Ψg [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Lg [m]	Uw [W/m ² K]
			[cm]	[cm]																			
DB1		DŘEVĚNÉ BALKONOVÉ DVEŘE ZDVODIENÉ, DOWNTRIT OTEVÍRAVÉ DBZ - O1A	90	240			-	1	1	-	2	2,16	0,13	0,14	2,40	1,63	0,00	1,36	0,80	0,00	0,00	5,54	2,12
DN1		DŘEVĚNÉ DVEŘNÍ KŘÍDLO HLADKÉ, PLNÉ, S POŽÁRNÍ ODOLNOSTÍ 30MIN	80	197		P	1	-	-	-	1	1,58	0,80	1,97	0,00	2,69	0,00	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00	2,69
DN2		DŘEVĚNÉ DVEŘNÍ KŘÍDLO VNITŘNÍ HLADKÉ 2/3 ZASKLENÉ ZÁMEK MEZIPOKOJOVÝ	80	197		P	-	3	1	-	4	1,58	0,13	0,69	4,50	2,69	0,00	0,62	0,96	0,00	0,00	3,38	3,41
DN3		DŘEVĚNÉ DVEŘNÍ VNITŘNÍ KŘÍDLO HLADKÉ, PLNÉ, ZÁMEK MEZIPOKOJOVÝ	70	197		P	1	-	1	-	2	1,38	0,70	1,97	0,00	2,69	0,00	0,00	1,38	0,00	0,00	0,00	2,69
DN4		DŘEVĚNÉ DVEŘNÍ VNITŘNÍ KŘÍDLO HLADKÉ, PLNÉ, ZÁMEK MEZIPOKOJOVÝ	80	197		P	1	-	-	-	1	1,58	0,80	1,97	0,00	2,69	0,00	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00	2,69
DO1		DŘEVĚNÉ DVEŘNÍ KŘÍDLO RÁMOVÉ, PRKĚNKOVÉ	80	197		P	-	-	-	-	0	1,58	0,80	1,97	0,00	3,56	0,00	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00	3,56
DO2		OCELOVÁ STĚNA S DVEŘNÍ CELOPROSKLENÁ	122	250			-	1	-	-	1	3,05	0,08	0,26	2,40	5,31	5,56	2,04	1,58	2,55	0,00	0,00	4,45
DO3		GARAŽOVÁ VRATA KOVOVÁ SKLÁPĚČÍ TYP G -V- S	234	195			1	-	-	-	1	4,56	1,95	2,34	0,00	5,56	0,00	0,00	4,56	0,00	0,00	0,00	5,56

A- plocha okna

bsz- šířka rámu od ostění a překladu

bjz- šířka rámu od parapetu

Ug- součinitel prostupu tepla zasklení

Uf- součinitel prostupu tepla rámu

Up- součinitel prostupu tepla kazetové výplně

Ag- plocha skla

Af- plocha rámu




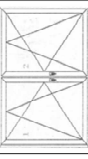
Ap- plocha kazetové výplně

Ug- distanční rámeček

Lg- délka distančního rámečku

Uw- součinitel prostupu tepla oknem

Tabulka 18: Nová okna

ČÍSLO VÝROBKU	SCHEMA	POPIS	ŠÍŘKA		VÝŠKA [cm]	SUTERÉN [ks]	PŘÍZEMÍ [ks]	PATRO [ks]	STŘECHA [ks]	CELKEM [ks]	A [m ²]	bs2 [m]	bj2 [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	Up [W/m ² K]	Ag [m ²]	Af [m ²]	Ap [m ²]	Ψg W.m ⁻² .K	Lg [m]	Uw [W/m ² K]
			[cm]	[cm]																		
OZ1		PLASTOVÉ OKNO, SKLOPNÉ OTEVÍRÁVÉ	125	154,5	-	3	2	-	5	1,93	0,13	0,14	1,10	1,23	0,00	1,26	0,67	0,00	0,06	0,06	4,53	1,29
OZ2		PLASTOVÉ DVOJKNO, SKLÁPĚČÍ	115	54	-	-	1	-	1	0,62	0,13	0,14	1,10	1,23	0,00	0,24	0,38	0,00	0,06	0,06	2,32	1,40
OZ3		PLASTOVÉ OKNO, SKLÁPĚČÍ	54	54	1	-	-	-	1	0,29	0,13	0,14	1,10	1,23	0,00	0,08	0,22	0,00	0,06	0,06	1,10	1,42
OZ4		DVOJKŘÍDLÉ OKNO	250	154,5	-	1	1	-	2	3,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,21

A- plocha okna

bs2- šířka rámu od ostění a překlada

bj2- šířka rámu od parapetu

Ug- součinitel prostupu tepla zasklení

Uf- součinitel prostupu tepla rámu

Up- součinitel prostupu tepla kazetové výplně

Ag- plocha skla

Af- plocha rámu




Ap- plocha kazetové výplně

Ψg- distanční rámeček

Lg- délka distančního rámečku

Uw- součinitel prostupu tepla oknem

Tabulka 19: Nové dveře

ČÍSLO VÝROBKU	SCHEMA	POPIS	ŠÍŘKA [cm]	VÝŠKA [cm]	ORIENTACE DVEŘÍ	SUTERÉN [ks]	PŘÍZEMÍ [ks]	PATRO [ks]	STŘECHA [ks]	CELKEM [ks]	A [m ²]	bs1 [m]	bj1 [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	Up [W/m ² K]	Ag [m ²]	Af [m ²]	Ap [m ²]	Ψg [W.m ⁻² .K ⁻¹]	Lg [m]	Uw [W/m ² K]
DB1		PLASTOVÉ BALKONOVÉ DVEŘE, OTEVÍRÁVÉ A SKLOPNÉ	86	234		2	-	-	-	2	2,01	0,14	0,17	1,10	1,59	0,00	1,17	0,85	0,00	0,06	5,20	1,46
DO2		MASIVNÍ DŘEVĚNÉ DVEŘE, 2/3 PROSKLENÉ	120	251		-	1	-	-	1	3,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,53
DO3		PLASTOVÁ VRATA	250	200		1	-	-	-	1	5,00	0,25	0,20	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	1,00

A- plocha okna

bs2- šířka rámu od ostění a přechladu

bj2- šířka rámu od parapetu

Ug- součinitel prostupu tepla zaasklení

Uf- součinitel prostupu tepla rámu

Up- součinitel prostupu tepla kazetové výplně

Ag- plocha skla

Af- plocha rámu

Ap- plocha kazetové výplně

Ug- distanční rámeček

Lg- délka distančního rámečku

Uw- součinitel prostupu tepla oknem

4.3. Tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí:

Tabulka 20: Rozdělení ztrát mezi konstrukce, pro původní stav objektu

Konstrukce	Označení	Plocha	Délka	Ztráta
		[m ²]	[m]	[W]
obvodová stěna ochlazovaná původní stav o tloušťce 400mm	SO1	89,0	0,0	2226,2
obvodová stěna ochlazovaná původní stav o tloušťce 300mm	SO2	24,9	0,0	1123,5
obvodová stěna pod zemí tloušťky 400mm	SO1P	13,2	0,0	228,9
obvodová stěna pod zemí tloušťky 300mm	SO2P	6,4	0,0	120,9
obvodová stěna neochlazovaná tloušťky 300mm	SN1	50,7	0,0	-523,6
příčka neochlazovaná tloušťky 100mm	SN2	162,2	0,0	188,3
příčka neochlazovaná tloušťky 300mm	SN3	127,0	0,0	-6,1
příčka v kotelně tloušťky 100mm	SN4	9,7	0,0	-5,2
podlaha - 01, 02, 03	PDL1	90,7	0,0	4064,9
podlaha - 102, 103, 106	PDL2	115,1	0,0	0,0
podlaha - 101, 104	PDL3	36,4	0,0	0,0
podlaha - 203	PDL4	19,9	0,0	0,0
střecha	SCH1	79,8	0,0	802,0
dřevěné dveřní křídlo prkénkové	DO1	1,6	0,0	168,3
ocelová stěna s celoprosklenými dveřmi	DO2	2,9	0,0	510,5
garážová vrata kovová sklopná	DO3	4,6	0,0	761,1
dřevěné dveřní křídlo hladké, plné s požární odolností 30min.	DN1	7,9	0,0	0,0
dřevěné dveřní křídlo vnitřní hladké 2/3 zasklené	DN2	18,9	0,0	0,0
dřevěné dveřní vnitřní křídlo hladké, plné 700mm	DN3	8,3	0,0	0,0
dřevěné dveřní vnitřní křídlo hladké, plné 800mm	DN4	3,2	0,0	0,0
dřevěné balkonové dveře	DB1	4,3	0,0	320,5
dřevěné okno zdvojené, kyvné	OZ1	9,0	0,0	667,8
dřevěné okno zdvojené, sklopné	OZ2	0,7	0,0	49,4
dřevěné okno zdvojené, sklopné	OZ3	1,1	0,0	35,0
dřevěné okno sklápěcí dvojkřídle	OZ4	7,2	0,0	567,0
kout	LVKOUT	0,0	0,0	0,0
svislá stěna - pod	LVOPS	0,0	0,0	0,0
svislá stěna - stř	LVOSS	0,0	0,0	0,0
ostění, nadpraží	LVOST	0,0	0,0	0,0
roh	LVROH	0,0	0,0	0,0
věnc	LVVEN	0,0	0,0	0,0
ztráty prostupem =	11 299	W		
ztráty výměnou vzduchu =	2 872	W		
součet =	14 171	W		

podíl výměny vzduchu na celkových ztrátách = 0,20 (20%)

podíl ztrát prostupem na celkových ztrátách = 0,80 (80%)

Tabulka 21: Rozdělení ztrát mezi konstrukce, pro nový stav objektu

Konstrukce	Označení	Plocha	Délka	Ztráta
		[m ²]	[m]	[W]
obvodová stěna ochlazovaná nový stav o tloušťce 400mm	SO1	96,2	0,0	1225,9
obvodová stěna ochlazovaná nový stav o tloušťce 300mm	SO2	24,9	0,0	425,6
obvodová stěna pod zemí tloušťky 400mm	SO1P	13,2	0,0	228,9
obvodová stěna pod zemí tloušťky 300mm	SO2P	6,4	0,0	120,9
obvodová stěna neochlazovaná tloušťky 300mm	SN1	50,7	0,0	-523,6
příčka neochlazovaná tloušťky 100mm	SN2	162,2	0,0	188,3
příčka neochlazovaná tloušťky 300mm	SN3	127,0	0,0	-6,1
příčka v kotelně tloušťky 100mm	SN4	9,7	0,0	-5,2
podlaha - 01, 02, 03	PDL1	90,7	0,0	4064,9
podlaha - 102, 103, 106	PDL2	115,1	0,0	0,0
podlaha - 101, 104	PDL3	36,4	0,0	0,0
podlaha - 203	PDL4	19,9	0,0	0,0
střecha	SCH1	79,8	0,0	802,0
dřevěné dveřní křídlo prkénkové	DO1	1,6	0,0	168,3
vchodové dveřní křídlo z masivního dřeva, 2/3 prosklené	DO2	2,9	0,0	175,5
garážová vrata plastová sklopné	DO3	4,6	0,0	136,9
dřevěné dveřní křídlo hladké, plné s požární odolností 30min.	DN1	7,9	0,0	0,0
dřevěné dveřní křídlo vnitřní hladké 2/3 zasklené	DN2	18,9	0,0	0,0
dřevěné dveřní vnitřní křídlo hladké, plné 700mm	DN3	8,3	0,0	0,0
dřevěné dveřní vnitřní křídlo hladké, plné 800mm	DN4	3,2	0,0	0,0
plastové balkonové dveře	DB1	4,3	0,0	220,8
plastové okno otevíravé a sklopné	OZ1	9,0	0,0	406,3
plastové okno sklopné	OZ2	0,7	0,0	35,3
plastové okno sklopné	OZ3	1,1	0,0	26,6
plastové okno otvíravé a sklopné dvojkřídle	OZ4	7,2	0,0	317,4
kout	LVKOUT	0,0	0,0	0,0
svislá stěna - pod	LVOPS	0,0	0,0	0,0
svislá stěna - stř	LVOSS	0,0	0,0	0,0
ostění, nadpraží	LVOST	0,0	0,0	0,0
roh	LVROH	0,0	0,0	0,0
věнец	LVVEN	0,0	0,0	0,0
ztráty prostupem =	8 005 W			
ztráty výměnou vzduchu =	2 872 W			
součet =	10 877 W			

podíl výměny vzduchu na celkových ztrátách = 0,26 (26%)

podíl ztrát prostupem na celkových ztrátách = 0,74 (74%)

4.4. Návrh otopných těles:

4.4.1. Pro elektrokotel s akumulací nádržemi a kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi:

Tabulka 22: Návrh otopných těles pro původní stav objektu s teplotním spádem 75/65 °C

Značka	Model	Typ	LT	Počet kusů v místnosti	tw1	tw2	dtw	Qn	Cena	Cena celkem
			[mm]	[ks]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[Kč]	[Kč]
KORADO	RADIK VK	21 VK/300	700	2	75	65	10	522	2 964	5 928
KORADO	RADIK VK	10 VK/900	600	2	75	65	10	525	2 947	5 894
KORADO	RADIK VK	10 VK/600	900	2	75	65	10	544	2 711	5 422
KORADO	RADIK VK	21 VK/300	1 400	1	75	65	10	1 043	3 927	3 927
KORADO	RADIK VK	10 VK/300	500	2	75	65	10	165	1 775	3 550
KORADO	RADIK VK	21 VK/300	1 100	1	75	65	10	820	3 514	3 514
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	1 400	1	75	65	10	769	3 293	3 293
KORADO	RADIK VK	21 VK/300	800	1	75	65	10	596	3 100	3 100
									suma =	34 628

LT - délka otopných těles

tw1 - vstupní teplota

tw2 - výstupní teplota

dtw - rozdíl teplot

Qn - výkon tělesa

cena - cena za kus

Tabulka 23: Návrh otopných těles pro nový stav objektu s teplotním spádem 75/65 °C

Značka	Model	Typ	LT	Počet kusů v	tw1	tw2	dtw	Qn	Cena	Cena celkem
			[mm]	[ks]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[Kč]	[Kč]
KORADO	RADIK VK	20 VK/500	400	2	75	65	10	335	2 490	4 980
KORADO	RADIK VK	10 VK/600	600	2	75	65	10	362	2 417	4 834
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	600	2	75	65	10	329	2 335	4 670
KORADO	RADIK VK	10 VK/300	500	2	75	65	10	165	1 775	3 550
KORADO	RADIK VK	11 VK/700	700	1	75	65	10	797	3 239	3 239
KORADO	RADIK VK	20 VK/600	600	1	75	65	10	587	3 020	3 020
KORADO	RADIK VK	11 VK/500	600	1	75	65	10	515	2 536	2 536
KORADO	RADIK VK	11 VK/500	500	1	75	65	10	429	2 398	2 398
									suma =	29 227

LT - délka otopných těles

tw1 - vstupní teplota

tw2 - výstupní teplota

dtw - rozdíl teplot

Qn - výkon tělesa

cena - cena za kus

4.4.2. Pro plynový kondenzační kotel:

Tabulka 24: Návrh otopných těles pro původní stav objektu s teplotním spádem 60/45 °C

Značka	Model	Typ	LT	Počet kusů v místnosti	tw1	tw2	dtw	Qn	Cena	Cena celkem
			[mm]	[ks]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[Kč]	[Kč]
KORADO	RADIK VK	21 VK/600	700	2	60	45	15	902	3 643	7 286
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	1 600	2	60	45	15	878	3 530	7 060
KORADO	RADIK VK	11 VK/600	900	2	60	45	15	902	3 224	6 448
KORADO	RADIK VK	20 VK/600	1 800	1	60	45	15	1 760	5 181	5 181
KORADO	RADIK VK	10 VK/900	1 600	1	60	45	15	1 400	4 481	4 481
KORADO	RADIK VK	22 VK/500	900	1	60	45	15	1 307	4 346	4 346
KORADO	RADIK VK	11 VK/600	1 000	1	60	45	15	1 002	3 376	3 376
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	500	1	60	45	15	275	2 214	2 214
KORADO	RADIK VK	10 VK/400	500	1	60	45	15	212	1 985	1 985
									suma =	42 377

LT - délka otopných těles

tw1 - vsupní teplota

tw2 - výstupní teplota

dtw - rozdíl teplot

Qn - výkon tělesa

cena - cena za kus

Tabulka 25: Návrh otopných těles pro nový stav objektu s teplotním spádem 60/45 °C

Značka	Model	Typ	LT	Počet kusů v místnosti	tw1	tw2	dtw	Qn	Cena	Cena celkem
			[mm]	[ks]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[Kč]	[Kč]
KORADO	RADIK VK	10 VK/900	700	2	60	45	15	613	3 100	6 200
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	1 000	2	60	45	15	549	2 812	5 624
KORADO	RADIK VK	11 VK/400	800	2	60	45	15	566	2 695	5 390
KORADO	RADIK VK	20 VK/700	1 200	1	60	45	15	1 340	4 612	4 612
KORADO	RADIK VK	33 VK/400	500	1	60	45	15	869	4 361	4 361
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	1 800	1	60	45	15	988	3 769	3 769
KORADO	RADIK VK	22 VK/400	600	1	60	45	15	730	3 471	3 471
KORADO	RADIK VK	11 VK/300	500	1	60	45	15	275	2 214	2 214
KORADO	RADIK VK	10 VK/400	500	1	60	45	15	212	1 985	1 985
									suma =	37 626

LT - délka otopných těles

tw1 - vsupní teplota

tw2 - výstupní teplota

dtw - rozdíl teplot

Qn - výkon tělesa

cena - cena za kus

4.5. Elektrická energie:

Tabulka 26: Navrhované tarify el. energie

stav objektu	tarif	Pd	Pt	Ps	I	jistič	paušální poplatek	NT	VT
		[kW]	[kW]	[kW]	[A]		[Kč]	[Kč]	[Kč]
Původní	D26	7	45	52	75	3x75	847	1,995	3,46
	D45	7	15	22	32	3x32	515	2,395	3,09
Nový	D26	7	33	40	58	3x63	724	1,995	3,46
	D45	7	11	18	26	3x25	419	2,395	3,09
Aktuální jistič	D26	7	0	7	10	3x40	488	1,995	3,46

Pd - příkon el. energie pro domácnost v kW

Pt - příkon el. energie na vytápění v kW

Ps - příkon el. energie na ohřev teplé vody v kW

I - potřebný proud pro příkony Pd, Pt, Ps

paušální poplatek - je to měsíční poplatek za jistič o daném proudu

NT - nízká tarifní sazba Kč za 1 kWh

VT - vysoká tarifní sazba Kč za 1 kWh

Tabulka 27: Spotřeba energie na ohřev teplé vody

	tau	c	twout	twin	eta	m	Q	Q r
	[h]	[Wh/kg.K]	[°C]	[°C]	[-]	[kg]	[kWh]	[kWh]
Teplá voda	6	1,163	60	10	0,95	150	8,72	3 184

tau - doba natopení akumulární nádrže

c - měrná tepelná kapacita vody (teplo potřebné k ohřátí 1kg vody o jeden K)

twout - teplota teplé vody

twin - teplota vody vystupující z vodovodního řadu

eta - účinnost ohřevu teplé vody

m - hmotnost vody

Q - množství energie potřebné pro ohřátí vody

Qr - množství energie potřebné pro ohřátí vody za rok

Tabulka 28: Porovnání ročních nákladů u el. Energie

stav objektu	tarif	dom.	TV	vyt.	sum	cena
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Kč
Původní	D26	3 000	3 184	18 436	24 620	63 676
	D45	3 000	3 184	18 436	24 620	67 232
Nový	D26	3 000	3 184	13 368	19 551	52 088
	D45	3 000	3 184	13 368	19 551	53 941
Aktuální jistič	D26	3 000	3 184	13 368	19 552	49 256

dom. - množství el. energie spotřebované na chod domácnosti mimo vytápění a ohřev TV

TV - množství energie spotřebované na ohřev teplé vody za rok

vyt. - množství energie spotřebované na vytápění za rok

suma - součet dom. + TV + vyt.

cena - je brána dle tarifu E.ON k 1. 1. 2017 pro domácnosti

Tabulka 29: Pořizovací náklady na akumulční nádrže nahřívané elektrokotlem

stav objektu a tarif	tau	c	twak	tw2	eta	Q	m	počet nádrží	cena akumulční nádrže
	[h]	[Wh/kg.K]	[°C]	[°C]	[-]	[kWh]	[kg]	[ks]	[Kč]
Původní, D26	6	1,163	90	50	0,95	270	6 109	8	203 648
Nový, D26						198	4 480	6	149 342

tau - doba natopení akumulčních nádrží

c - měrná tepelná kapacita vody (teplo potřebné k ohřátí 1kg vody o jeden K)

twak - teplota vody vstupující do otopné soustavy

tw2 - teplota vody vystupující z otopné soustavy

eta - účinnost soustavy elektrokotle a akumulční nádoby

Q - množství tepla potřebné pro ohřátí vody

m - hmotnost vody

cena akumulční nádrže - pořizovací náklady akumulčních nádrží

Tabulka 30: Pořizovací náklady na vytápění elektrokotlem s akumulčními nádržemi

cena akumulční nádrže	cena kotle	cena otopné soustavy	celkem
[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
203 648	50 000	100 000	353 648
149 342	50 000	100 000	299 342

cena akumulční nádrže - pořizovací náklady akumulčních nádrží

cena kotle - pořizovací náklady na koupi kotle a regulace

cena otopné soustavy - pořizovací náklady na koupi otopné soustavy a potrubí

Tabulka 31: Pořizovací náklady přímotopů

stav objektu a tarif	množství	cena za kus	cena celkem
	[ks]	[Kč]	[Kč]
Původní D45	12	3 500	42 000
Nový D45	12	3 500	42 000

množství - počet kusů osazených těles

4.6. Dřevo:

Tabulka 32: Náklady na vytápění zakoupenými polínky

stav objektu	ztráta	spotřeba dřeva	hustota	přepočet	koeficien	přepočet	cena spotř.dřeva
	[kWh]	[kg]	[kg/m ³]	[prmr]	[-]	[prms]	[kč]
Původní	18 436	5 225	490	13	1	18	22 095
Nový	13 368	3 789	490	9	1	13	16 323

ztráta - tepelná ztráta objektu

spotřeba dřeva - kolik kg dřeva je potřeba na pokrytí ztrát

přepočet - přepočet kg na prostorově rovnané metry

koeficient - přepočtový koeficient z prostorově rovnáných metrů na prostorově sypané metry

přepočet - pomocí koeficientu z prostorově rovaných metrů na prostorově sypané metry

cena spotřebovaného dřeva - cena dřeva za potřebné prmr dřeva

Tabulka 33: Náklady na vytápění samovyrobenými polínky

stav objektu	ztráta	spotřeba dřeva	hustota	přepočet	cena spotř.dřeva
	[kWh]	[kg]	[kg/m ³]	[prmr]	[kč]
Původní	18 436,1	5 225,2	490	12,59	21 028
Nový	13 367,5	3 788,6	490	9,13	15 709

ztráta - tepelná ztráta objektu

spotřeba dřeva - kolik kg dřeva je potřeba na pokrytí ztrát

přepočet - z kg na prostorově rovnání metry

cena spotřebovaného dřeva - cena dřeva za potřebné prmr dřeva

Tabulka 34: Porovnání ročních nákladů na vytápění dřevem

stav objektu	způsob	TV	vyt.	celkem na TV a vyt.	cena
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[Kč]
Původní	polínka	3 184	18 436,1	21 620,1	25 721
	samovýroba	3 184	18 436,1	21 620,1	23 754
Nový	polínka	3 184	13 367,5	16 551,5	19 949
	samovýroba	3 184	13 367,5	16 551,5	18 435

způsob - způsob získání dřeva

TV - množství energie spotřebované na ohřev teplé vody za rok

vyt. - množství energie spotřebované na vytápění za rok

suma - součet všech tří spotřeb

cena - hodnota v korunách za spotřebované kWh

Tabulka 35: Náklady na pořízení kotle na tuhá paliva s akumulací nádrží

tau	c	twak	tw2	eta	Q	P	m	počet aku. nádob	cena aku. nádrží
[h]	[Wh/kg.K]	[°C]	[°C]	[-]	[kW]	[kW]	[kg]	[ks]	[Kč]
10	1,163	90	60	0,95	13,46	32,31	9 260	12	308 650
					9,88	23,71	6 795	9	226 495

tau-doba natopení akumulací nádrží

c-měrná tepelná kapacita vody (teplo potřebné k ohřátí 1kg vody o jeden K)

twak-teplota vody vstupující do otopné soustavy

tw2-teplota vody vystupující z otopné soustavy

eta-účinnost soustavy elektrokotle a akumulací nádoby

Q-množství tepla potřebné pro ohřátí vody

P-výkon kotle s ohledem na akumulací nádrže

m- hmotnost vody

cena akumulací nádrže-pořizovací náklady akumulací nádrží

Tabulka 36: Náklady na pořízení technologie na vytápění dřevem

cena aku. nádrží	cena kotle	cena otopné soustava	cena celkem
[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
308 650	100 000	100 000	508 650
226 495	100 000	100 000	426 495

cena akumulací nádrže-pořizovací náklady akumulací nádrží

cena kotle-pořizovací náklady na koupi kotle a regulace

cena otopné soustavy-pořizovací náklady na koupi otopné soustavy a potrubí

4.7. Plynem:

Tabulka 37: Náklady na vytápění plynem

stav objektu	ztráta	spotřeba plynu	cena spotř. plynu
	[kWh]	[m3]	[Kč]
Původní	18 436,1	1 951,5	30 861
Nový	13 367,5	1 415,0	22 308

ztráta - tepelná ztráta objektu

spotřeba plynu - spotřeba plynu v m3

cena spotřebovaného plynu - cena spotřebovaného plynu za metry krychlové

Tabulka 38: Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody plynem

stav objektu	TV	vyt.	sum	cena
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[Kč]
Původní	3 184	18 436,1	21 620,1	36 190
Nový	3 184	13 367,5	16 551,5	27 706

TV - množství energie spotřebované na ohřev teplé vody za rok

vyt - množství energie spotřebované na vytápění za rok

suma - součet spotřebované energie na vytápění a ohřev teplé vody

cena - hodnota v korunách za spotřebované kWh

Tabulka 39: Náklady na pořízení technologie vytápění plynem

stav objektu	cena kotle	cena os	cena celkem
	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Původní	50 000	120 000	170 000
Nový	50 000	120 000	170 000

cena kotle - pořizovací náklady na koupi kotle a regulace

cena otopné soustavy - pořizovací náklady na koupi otopné soustavy a potrubí

4.8. Porovnání všech metod:

Tabulka 40: Porovnání počtu akumulčních nádrží a přímotopů pro různé zdroje

zdroj	stav objektu a tarif	tau	c	twak	tw2	eta	Q	m	počet aku.	počet přímotopu
		[h]	[Wh/kg.K]	[°C]	[°C]	[-]	[kWh]	[kg]	[ks]	[ks]
elektrická energie-	Původní, D26	6	1,163	90	50	0,95	270	6 109,4	8	
	Nový, D26						198	4 480,2	6	
elektrická energie-	Původní, D45	-	-	-	-	-	-	-	-	12
	Nový, D45	-	-	-	-	-	-	-	-	12
dřevo-akumuační	Původní	10	1,163	90	50	0,95	32	9 259,5	12	
	Nový						24	6 794,8	9	
plyn-kondenzační	Původní	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nový	-	-	-	-	-	-	-	-	

tau-doba natopení akumulčních nádrží

c-měrná tepelná kapacita vody (teplo potřebné k ohřátí 1kg vody o jeden K)

twak-teplota vody vstupující do otopné soustavy

tw2-teplota vody vystupující z otopné soustavy

eta-účinnost soustavy elektrokotle a akumulční nádoby

m- hmotnost vody

počet aku. - počet akumulčních nádrží

počet přímotopu - počet kusů přímotopných těles

Q-množství energie potřebné pro ohřátí vody

Tabulka 42: Srovnání ročních nákladů na energii (paliva) pro jednotlivé zdroje

energie	stav	cena za rok
		[Kč]
el. Energie-akumulační nádrž	Původní	63 676
	Nový	52 088
el. Energie-přímotopy	Původní	67 232
	Nový	53 941
plyn-kondenzační kotel	Původní	36 190
	Nový	27 706
dřevo kupované polínka-akumulační nádrž	Původní	25 721
	Nový	19 949
dřevo samovýroba-akumulační nádrž	Původní	23 754
	Nový	18 435

Tabulka 43: Porovnání jednotlivých nákladů na jednotlivé technologie s ohledem na životnost a ročními náklady na vytápění

zdroj	stav objektu a tarif	počet aku.	cena aku.	životnost	počet přímotopů	cena otopných	životnost	cena kotle	životnost	náklady na roční vytápění	náklady celkem s ohledem na životnost
		[ks]	[Kč]	[roků]	[ks]	[Kč]	[roků]	[Kč]	[roků]	[Kč/rok]	[Kč/rok]
elektrická energie-akumulační nádrž	Původní, D26	8	203 648	20	-	100 000	20	50 000	20	63 676	81 358
	Nový, D26	6	149 342	20	-	100 000	20	50 000	20	52 088	67 055
elektrická energie-přímotopy	Původní, D45	-	-	-	12	42 000	15	-	-	67 232	70 032
	Nový, D45	-	-	-	12	42 000	15	-	-	53 941	56 741
plyn-kondenzační kotel	Původní	-	-	-	-	120 000	20	50000	15	36 190	45 523
	Nový	-	-	-	-	120 000	20	50000	15	27 706	37 039
dřevo kupované polínka-akumuační nádrž	Původní	12	308 650	20	-	100 000	20	100 000	15	25 721	52 820
	Nový	9	226 495	20	-	100 000	20	100 000	15	19 949	42 940
dřevo samovýroba-akumuační nádrž	Původní	12	308 650	20	-	100 000	20	100 000	15	23 754	50 853
	Nový	9	226 495	20	-	100 000	20	100 000	15	18 435	41 426

počet aku. - počet akumulčních nádrží

počet přímotopu - počet kusů přímotopných těles

cena akumulční nádrže-pořizovací náklady akumulčních nádrží

cena kotle-pořizovací náklady na koupi kotle a regulace

cena otopné soustavy-pořizovací náklady na koupi otopne soustavy a potrubí

životnost - předpokládaná doba životnosti

náklady celkem s ohledem na životnost - náklady celkem s ohledem na životnost kotle, přímotopů, otopných těles a akumulčních nádrží

5. Diskuze:

5.1. Prostup tepla přes obvodové stěny:

5.1.1. Obvodové stěny ochlazované:

V původním stavu objektu mi vyšla hodnota součinitele prostupu tepla **ochlazované obvodové stěny nad zemí SO1** s tloušťkou zdiva 400 mm $0,77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. U nového stavu pro stejnou stěnu **SO1** po zateplení z exteriérové strany 50 milimetrovým polystyrenem, je hodnota součinitele prostupu tepla $0,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Došlo tedy ke snížení prostupu tepla přes stěnu o $0,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, což představuje snížení o 50,6 %.

Další konstrukcí je **ochlazovaná obvodová stěna SO1P** o tloušťce zdiva 400 mm, zapuštěná v terénu, u které vyšel součinitel prostupu tepla $0,79 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Protože se stěna nachází pod zemí, tak se nezateplovala, a to z toho důvodu, že v místnostech suterénu je požadovaná teplota přes zimu $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Dalším důvodem je geologická aktivita země, kdy v zimě s hloubkou stoupá teplota, např. teplota vzduchu je $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, teplota v metrové hloubce je více než $+ 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, v létě je tomu naopak. Tohoto jevu se využívá například u tepelných čerpadel.

Obvodová ochlazovaná stěna SO2, nacházející se nad zemí, s tloušťkou zdiva 300 mm, u které mi vyšel součinitel prostupu tepla v původním stavu $1,32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. V novém stavu pro stejnou stěnu **SO2** po zateplení z exteriérové strany 50 milimetrovým polystyrenem, je součinitel prostupu tepla $0,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Po zateplení jsme zmenšili prostup tepla konstrukcí o $0,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, což je zmenšení prostupu tepla o 37,9 %.

V suterénu je **ochlazovaná obvodová stěna SO2P** o tloušťce 300 mm zapuštěná v terénu, u které vyšel součinitel tepelné vodivosti $1,39 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Důvod nezateplení stěny zapuštěné v terénu jsem uváděl výše.

Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je pro obvodové stěny požadovaná hodnota součinitele $0,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla z téže normy pro obvodovou stěnu je $0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Jak si můžeme všimnout u obvodových konstrukcí, které jsem spočítal, vychází součinitel prostupu tepla vyšší, než je alespoň požadovaná hodnota. Je to způsobeno tím, že v roce 1985, kdy byl dům postaven, nebyl tak přísný požadavek na úsporu energie jako dnes. A proč tedy nedošlo v roce 2004

k zateplení polystyrenem o větší tloušťce než 50 mm? Na přání zákazníka byla zvolena tepelná izolace o tloušťce 50 mm.

5.1.2. Obvodová stěna neochlazovaná:

Stěna neochlazovaná obvodová SN1 tloušťky zdiva 300 mm má tepelnou ztrátu prostupem tepla přes konstrukci $1,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tato stěna nebyla zateplena z důvodu, že se jedná o společnou zeď se sousedy. Jelikož rodinný dům se nachází v řadové zástavbě, tak se předpokládá, že sousedi udržují přes zimu teplotu $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaný součinitel prostupu tepla pro stěny mezi sousedními budovami $1,05 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro stěny mezi sousedícími budovami je podle stejné normy $0,70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Je vidět, že stěna nesplňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Je to z toho důvodu, že objekt byl vystavěn v době, kdy platily méně přísné hodnoty.

5.1.3. Příčky:

Vnitřní příčka neochlazovaná SN2 tloušťky 100 mm, má součinitel prostupu tepla $2,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tato stěna je příčkou nenosnou a při této tloušťce je jasné, že bude velký prostup tepla skrze stěnu. Ale jelikož je to příčka mezi dvěma vytápěnými nebo nevytápěnými místnostmi v suterénu, tak nám tento velký prostup tepla nevadí.

Další příčkou, nacházející se v objektu, je **stěna SN3** o tloušťce 300 mm, která má součinitel prostupu tepla $1,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Je to příčka nosná a opět platí to, co u předešlé příčky, že nám nevadí vyšší hodnota tepelného prostupu.

Mezi kotelnou a akumulací nádrží se nachází **příčka SN4** o tloušťce zdiva 100 mm, která má součinitel tepelné vodivosti $2,54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Podíváme-li se do normy ČSN 73 0540-2:2012, nalezneme požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla pro stěnu vnitřní s rozdílem teplot do $5 \text{ }^\circ\text{C}$ o hodnotě $2,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a doporučenou hodnotou $1,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Zde nám všechny příčky splňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla a některé dokonce i doporučenou hodnotu. Je to způsobeno tím, že na tyto konstrukce nejsou v normě kladeny tak vysoké požadavky. Protože z obou stran stěny je téměř shodná teplota, tudíž tok z jedné strany na druhou není tak výrazný.

5.1.4. Podlahy:

Podlaha PDL1 v suterénu součinitel prostupu tepla $2,91 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, což je vysoká hodnota. Vzhledem k tomu, že místnosti v suterénu jsou nevytápěné a je tam požadavek na teplotu okolo $15 \text{ }^\circ\text{C}$ a jedná se o podlahu, která je ve styku se zemínou hlouběji, než je nezámrazná hloubka, nebude tam docházet k tak velikým ztrátám. Z normy ČSN 73 0540-2:2012 jsem zde vybral to, že se jedná o konstrukci podlahy přilehlé k zemině, kde je požadovaná hodnota součinitel prostupu tepla $0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota pro podlahu přilehlou k zemině podle stejné normy je $0,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konstrukce podlahy PDL1 má mnohem větší součinitel prostupu tepla, než je požadovaná hodnota. V dnešní době by tato konstrukce nemohla být použita.

Další konstrukce **podlahy PDL2** je použita v pracovně, chodbách v přízemí i v prvním nadzemním patře, kuchyni, obývacím pokoji, obou pokojích a ložnici. Součinitel tepelné vodivosti této konstrukce je $0,53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Podlaha PDL3 použitá na záchodě, v zádveři a na půdě má součinitel tepelné vodivosti $0,55 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Pro konstrukce stropu sousedící s půdou je v normě ČSN 73 0540-2:2012 požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $0,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, doporučená hodnota součinitele prostupu tepla podle stejné normy pro stejnou konstrukci je $0,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konstrukce stropu nesplňuje ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Je to z důvodu doby, kdy byl postaven tento rodinný dům.

Dále je zde **podlaha PDL4** použitá v koupelně, která má součinitel prostupu tepla $0,53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro vnitřní strop mezi prostory s rozdílem teplot do $5 \text{ }^\circ\text{C}$ $2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a doporučená hodnota součinitele prostupu tepla u této konstrukce dle stejné normy je $1,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Zde nám konstrukce splňují dokonce i doporučenou hodnotu. Je to způsobeno tloušťkou konstrukce a tepelnou izolací o tloušťce 50 mm , která se nachází v konstrukci stropu.

5.1.5. Střecha:

U **střechy SCH1** je součinitel prostupu tepla $0,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Jak uvádí norma ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro střechu plochou a šikmou se sklonem do 45 ° $0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, doporučená hodnota součinitele prostupu tepla z téže normy pro stejnou konstrukci je $0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Hodnota součinitele prostupu tepla je vyšší než požadovaná hodnota. Příčina spočívá v tom, že v době výstavby byly méně přísné požadavky, protože na energetickou úsporu

v té době nebyl kladen takový důraz. Důvodem může být i fakt, že půda je nevytápěná, a proto zde může být konstrukce s vyšším součinitelem prostupu tepla.

5.2. Prostup tepla přes otvorové výplně:

Dalšími prvky, přes které dochází k velkému tepelnému prostupu, jsou okna a dveře.

V původním objektu bylo osazeno **dřevěné okno kyvné OZ1**, u kterého vyšel součinitel prostupu tepla $2,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Po rekonstrukci v roce 2004 se místo kyvného dřevěného okna osadilo **plastové otevírací a sklopné okno OZ1**, které má součinitel prostupu tepla $1,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 se uvádí požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvorů ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří, $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Pro stejnou konstrukci podle stejné normy se uvádí hodnota doporučeného prostupu tepla $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Je jasné, že dřevěná kyvná okna nesplňovala ani požadovanou hodnotu na součinitel prostupu tepla. U plastového okna je splněna požadovaná hodnota, doporučená ne. Je to zapříčiněno tím, jaká okna, s jakým součinitelem prostupu tepla se dala běžně sehnat v roce 2004 v přijatelné cenové relaci.

Dalším **oknem OZ2**, které bylo v objektu instalováno je sklápěcí dřevěné okno se součinitelem prostupu tepla $1,96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Toto dřevěné sklápěcí okno bylo nahrazeno **plastovým oknem sklápěcím OZ2** se součinitelem prostupu tepla $1,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Jak již bylo uvedeno výše podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro otvorové výplně ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří, $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro stejnou konstrukci ze stejné normy je $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Plastové okno splňuje alespoň požadovanou hodnotu, původní dřevěné nikoliv. V dnešní době již běžně seženeme okna vhodná zejména pro rekonstrukce, které mají součinitel prostupu okolo $1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, ale dříve, vzhledem k jiné technologii, taková okna nebyla anebo byla dost drahou záležitostí.

V kotelně a ve sklepech bylo použito **dřevěné otevírací okno OZ3**, které mělo součinitel tepelné vodivosti $1,87 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. V kotelně bylo toto dřevěné okno nahrazeno **plastovým otevíracím oknem OZ3** se součinitelem prostupu tepla $1,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Normou udávaná požadovaná hodnota pro otvorové výplně ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří, je $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

doporučená hodnota pro stejnou konstrukci z téže normy je hodnota součinitele prostupu tepla $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Původní dřevěné okno nespĺňuje ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Plastové okno z roku 2004 splňuje alespoň požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla.

V obývacím pokoji a pokoji v prvním nadzemním patře bylo použito **dřevěné otevírací okno dvojkřídle OZ4**, se součinitelem tepelné vodivosti $2,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tato dřevěná otevírací okna dvojkřídla byla vyměněna za **plastová okna otevírací dvojkřídla OZ4**. U této konstrukce okna je hodnota součinitele prostupu tepla $1,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla u otvorové výplně ve vnější stěně z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří, udávaná v normě ČSN 73 0540-2:2012 je $1,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro otvorové výplně ve vnější stěně z vytápěného do venkovního prostředí, kromě dveří, podle stejné normy je $1,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Dřevěné okno nespĺnilo ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. U plastového okna byla splněna hodnota požadovaného součinitele prostupu tepla a skoro splnila hodnotu doporučenou. Toto okno by se dalo použít i u nově navrhovaných staveb, i když bychom zvolili okna s ještě menším součinitelem prostupu tepla, než je $1,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

V původním objektu se nacházely **dřevěné balkonové dveře DB1** šířky 900 mm, které jsou použity na balkon a na terasu. Tyto dveře mají součinitel prostupu tepla $2,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. V roce 2004 došlo k výměně za **plastové dveře sklopné a otevírací DB1** se součinitelem prostupu tepla $1,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. V normě ČSN 73 0540-2:2012, se uvádí požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí $1,70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí z téže normy je $1,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Původní dřevěné balkonové dveře nespĺňují ani požadovanou hodnotu. Je to způsobeno tím, že v době výroby těchto dveří byla technologie jiná, než je dnes. Nebyly dostupné materiály, které se používají dnes. Plastové balkonové dveře splňují alespoň požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla.

V kotelně, garáži a v chodbě jsou kvůli požární bezpečnosti použity **dveře DN1** šířky 800 mm s požární odolností 30 min. Tyto dveře mají součinitel tepelné vodivosti $2,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru

3,5 W/m²·K. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru je 2,3 W/m²·K. Tyto dveře splňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Je to dáno konstrukcí dveří, která byla navržena z důvodu požární ochrany.

Dřevěné hladké dveřní křídlo vnitřní DN2 o šířce 800 mm ze dvou třetin zasklené je osazeno v pokojích, ložnici, kuchyni, obývacím pokoji a v pracovně. Součinitel tepelné vodivosti těchto dveří je 3,41 W/m²·K. Normově daná požadovaná hodnota součinitele tepelného toku podle normy ČSN 73 0540-2:2012 pro výplň otvoru vedoucího z vytápěného do temperovaného prostoru je 3,5 W/m²·K. Doporučená hodnota součinitele tepelného toku pro výplň otvoru vedoucího z vytápěného do temperovaného prostoru podle téže normy je 2,3 W/m²·K. Tyto dveře splňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Je to způsobeno nejspíše tloušťkou dveřního křídla a jeho součinitelem tepelné vodivosti masivního dřeva. Součinitel tepelného toku je vyšší, protože jsou dveře ze dvou třetin prosklené. Toto sklo je jednovrstvé a má vyšší součinitel tepelné vodivosti, než by bylo jen u dveří z masivního dřeva.

Masivní dveřní křídlo DN3 šířky 700 mm, které je osazeno v prádelně, dílně a koupelně. Součinitel prostupu tepla tímto dveřním křídlem je 2,69 W/m²·K. Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru 3,5 W/m²·K. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného prostoru podle téže normy je 2,3 W/m²·K. Toto dveřní křídlo splňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Příčinou toho, že dveřní křídlo splňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla, je masivní dřevěná konstrukce dveřního křídla.

Masivní dveřní křídlo DN4 šířky 800 mm, které je osazeno ve sklepech. Součinitel prostupu tepla tohoto dveřního křídla je 2,69 W/m²·K. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je 3,5 W/m²·K. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostředí z téže normy je 2,3 W/m²·K. Toto dveřní křídlo splňuje požadovanou hodnotu a to díky tomu, že dveřní křídlo je z masivního dřeva, které má celkem malý součinitel tepelné vodivosti materiálu.

Dřevěné dveřní křídlo rámové, prkénkové DO1 o šířce 800 mm, které je osazeno v suterénu vedoucí z chodby na zahradu. Součinitel prostupu tepla pro toto dveřní křídlo je $3,56 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Normově udávaná požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí je $3,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí podle téže normy je $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tyto dveře nesplňují ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Ale jde o dveře, které jsou v suterénu, kde není požadavek na teplotu místností $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Celoprosklená ocelová stěna s dveřmi DO2 o šířce 1220 mm, která je osazena v zádveři. Součinitel prostupu tepla pro tuto prosklenou stěnu je $4,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tato celoprosklená ocelová stěna byla nahrazena **masivními dřevěnými dveřmi ze dvou třetin prosklených DO2** o šířce 1200 mm. Tyto dřevěné dveře mají součinitel prostupu tepla $1,53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Normou udávaná požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí podle normy ČSN 73 0540-2012 je $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí podle stejné normy je $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Celoprosklená ocelová stěna s dveřmi nevyhověla ani požadované hodnotě. Masivní dveře ze dřeva vyhověly požadované hodnotě součinitele prostupu tepla. Je to díky rámu z masivního dřeva a výplní z dvojskla.

Garážová vrata kovová sklápěcí DO3 se součinitelem prostupu tepla $5,56 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Tato kovová garážová vrata byla nahrazena **plastovými garážovými vraty DO3**. Plastová garážová vrata mají součinitel tepelné vodivosti $1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Podle normy ČSN 73 0540-2:2012 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí $3,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí podle téže normy je $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Garážová kovová vrata nesplňují ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla. Plastová garážová vrata splňují i doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla. Je to způsobeno skladbou garážových vrat. Jedná se o oboustranně opláštěnou polyuretanovou pěnu.

5.3. Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce:

Z programu TV jsem vytvořil tabulku tepelných ztrát pro jednotlivé konstrukce, které jsou v rodinném domě použity, a to pro původní stav objektu a pro nový stav objektu. U původního stavu největší tepelná ztráta byla podlahou PDL1, která je použitá v suterénu. A to konkrétně tepelná ztráta 4 065 W. Dalšími významnými konstrukcemi, u kterých docházelo k tepelným ztrátám, byla obvodová stěna ochlazovaná o tloušťce 400 mm (SO1) a obvodová stěna ochlazovaná o tloušťce 300 mm (SO2). U stěny SO1 je tepelná ztráta 2 226 W a u stěny SO2 je tepelná ztráta 1 124 W. U nového stavu rodinného domu byla největší tepelná ztráta zjištěna opět v konstrukci podlahy PDL 1 v suterénu. Je to způsobeno tím, že nedošlo k žádné úpravě v této konstrukci. Po zateplení 50 mm polystyrenem došlo ke snížení tepelné ztráty u stěny SO1 na 1 226 W (snížení o 44,9 %). U stěny SO2 po zateplení 50 mm polystyrenem došlo ke snížení tepelné ztráty na hodnotu 426 W (snížení o 62,1 %).

5.4. Tepelná ztráta celého objektu:

Pomocí stejného software jsem zjistil i celkovou tepelnou ztrátu původního stavu a nového stavu objektu. Celková tepelná ztráta objektu je množství tepla, které z domu uniká prostupem skrz konstrukce a větráním neboli výměnou vzduchu. U původního objektu byla tepelná ztráta objektu prostupem 11 kW. Ztráta výměnou vzduchu byla 3 kW. Celková tepelná ztráta objektu tedy byla 14 kW. U nového stavu objektu je tepelná ztráta objektu prostupem 8 kW. Ztráta způsobená výměnou vzduchu je 3 kW. Celková ztráta rodinného domu v novém stavu po zateplení a výměně oken a dveří je 11 kW. Zateplením a výměnou oken a dveří se tedy celková ztráta tepla snížila o 3 kW, což je o 23%.

5.5. Způsoby vytápění:

Dále jsem se zabýval způsoby vytápění objektu v původním stavu a v novém stavu rodinného domu. Jako energie pro vytápění jsem zvolil běžně dostupnou elektrickou energii, zemní plyn a dřevo. U elektrické energie jsem vycházel z původního řešení technologie vytápění. Jako původní řešení byl elektrokotel s akumulací nádrží. Proto jsem navrhl elektrokotel s akumulací nádržemi, ale na přání zákazníka neprovádět demoliční práce, byl zvolen větší počet menších nádrží o objemu nádrže 750 litrů. Varianta s akumulací nádržemi byla navržena

i pro vytápění pomocí kotle na tuhá paliva. U varianty vytápění plynového kotle uvažují s kondenzačním kotlem, který bude ohřívat vodu přímo do otopných těles.

Navrhované tarify elektrické energie, které jsem zvolil, byly D45 a D26. Tarif D26 se používá pro akumulční nádrže, nízký tarif je minimálně 8 h denně. Cena za 1 kWh je u nízkého tarifu 1,995 Kč, u vysokého tarifu 3,46 Kč. U původního stavu objektu bude potřeba použít jistič 3×75 A to kvůli příkonům energie pro vytápění a pro domácnost. Pro jistič 3×75 A je měsíční paušální poplatek 847 Kč. U nového stavu objektu bude potřeba použít jistič 3×63 A. Pro tento jistič je měsíční paušální poplatek 724 Kč. Tarif D45 se používá pro přímotopy, nízký tarif je minimálně 20 h denně. Spotřeba energie pro ohřev topné vody je ročně 3 184 kWh. U vytápění elektrokotlem s akumulčními nádržemi i kotlem na tuhá paliva s akumulčními nádržemi byla zvolena otopná tělesa se vstupní teplotou 75 °C do otopného tělesa a výstupní teplotou z otopného tělesa 65 °C. Do původního i nového stavu objektu bylo navrženo 12 otopných těles. Pro původní stav objektu s teplotním spádem 75/65 °C by byla cena za pořízení otopných těles 34 628 Kč. Pro nový stav objektu s teplotním spádem 75/65 °C by byla cena za pořízení otopných těles 29 227 Kč. Pro plynový kondenzační kotel jsou navržena otopná tělesa s teplotním spádem 60/45 °C. Jelikož je nižší vstupující teplota vody do otopného tělesa, musí mít tato tělesa větší rozměry, aby pokryla stejné tepelné ztráty jako u otopných těles s teplotním spádem 75/65 °C. Pro původní stav objektu s teplotním spádem 60/45 °C by byla cena za pořízení otopných těles 42 377 Kč. Pro nový stav objektu s teplotním spádem 60/45 by byla cena za pořízení otopných těles 37 626 Kč.

5.6. Množství energie na vytápění:

Z programu TV od firmy Protech jsem zjistil potřebné množství energie, které je nutno dodat pro pokrytí tepelných ztrát. Pro vytápění původního objektu elektrickou energií potřebujeme 18 436 kWh při účinnosti el. kotle 95 % tedy potřebujeme 19 406 kWh elektrické energie za rok. Pro vytápění objektu po zateplení a výměně oken a dveří elektrickou energií potřebujeme 13 368 kWh. Při 95% účinnosti kotle je tedy potřeba 14 071 kWh el. energie za rok. Úspora el. energie u nového stavu rodinného domu činí 5 335 kWh. To je úspora 19 794 Kč, pokud nebereme v potaz paušální platby, pouze při ceně zvoleného tarifu 3,71 Kč/kWh.

Pokud bychom vytápěli původní objekt plynem, tak bychom potřebovali 18 436 kWh, což je 1 782 m³ zemního plynu při účinnosti kondenzačního kotle 104 %.

Po zateplení a výměně oken a dveří bychom pro vytápění potřebovali 13 368 kWh, což je 1 293 m³ zemního plynu při účinnosti kondenzačního kotle 104 %. To je úspora 5 069 kWh, které odpovídá 490 m³ zemního plynu. Pokud tuto úsporu vyčíslíme v Kč, tak jde o částku 6 670 Kč při ceně 1 316 Kč za 1 MWh.

Při vytápění původního objektu dřevem je potřeba 18 436 kWh, což je 5 226 kg dřeva s účinností kotle 87 %. Po zateplení a výměně oken a dveří je pro vytápění potřeba 13 368 kWh, což je 3 789 kg dřeva, pokud má kotel účinnost 87 %. Úspora je tedy 5 069 kWh, tomu odpovídá 1 437 kg dřeva. Finanční úspora je pak 5 772 Kč, při ceně 1 210 Kč za 1 m³ a dopravu.

5.7. Pořizovací náklady na pořízení technologie:

Toto byly hodnoty čistě jen na vytápění objektu. Zajímá nás, ovšem nejen kolik zaplatíme za vytápění, ale také kolik zaplatíme za ohřev teplé vody a provoz domácnosti.

Jedním způsobem vytápění elektrickou energií byly přímotopy, které mají účinnost 100 %. Zabýval jsem se jak cenou pořízení, tak i cenou provozu. Přímotop se dá pořídit za 3 500 Kč. V objektu by bylo potřeba 12 přímotopů. To znamená, že za pořízení 12 přímotopů bychom zaplatili 42 000 Kč. Pro přímotopy se uděluje tarifní třída D45. V této tarifní třídě jsou dodávky elektřiny rozlišeny do dvou cenových pásem. Je to pásmo nízkého tarifu, kdy je dodávka elektřiny účtovaná za nižší cenu a pásmo vysokého tarifu za vyšší cenu. Nízký tarif je minimálně 20 hodin denně, kdy distributor elektřiny může v průběhu dne dobu platnosti nízkého tarifu operativně měnit. Proto se pro zapínání a vypínání přímotopných spotřebičů používá hromadné dálkové ovládání. Byla by nutnost použít jistič 3×32 A, za který se platí paušální poplatek 515 Kč měsíčně. Cena nízkého tarifu je 2,395 Kč za 1 kWh, cena vysokého tarifu je 3,091 Kč za 1 kWh. Ročně bychom za vytápění, ohřev teplé vody a domácnost v původním objektu zaplatil v původním stavu objektu 67 232 Kč. V novém stavu objektu bychom za vytápění, ohřev teplé vody a provoz domácnosti zaplatil 53 941 Kč. V tomto případě by se musel použít jistič 3×25 A, za který je měsíční paušální poplatek 419 Kč. Jelikož se jedná o stejný tarif D45, tak se nemění cena za 1 kWh, ani u nízkého tarifu, ani u vysokého tarifu. Jediné, co se mění, je měsíční paušální poplatek za rezervovaný příkon.

Druhým způsobem bylo vytápění elektrokotlem s akumulacími nádržemi, který má účinnost 95 %. Za pořízení této otopné soustavy bychom zaplatili v původním stavu objektu 293 648 Kč. Bylo by potřeba 8 akumulčních nádrží po 750-ti litrech. Pro akumulční nádrže vytápěné el. kotlem se uděluje tarifní třída D26. V této tarifní třídě jsou dodávky elektřiny rozlišeny do dvou cenových pásem. Je to pásmo nízkého tarifu, kdy je dodávka elektřiny účtovaná za nižší cenu a pásmo vysokého tarifu za vyšší cenu. Nízký tarif je minimálně 8 hodin denně, kdy distributor elektřiny může v průběhu dne dobu platnosti nízkého tarifu operativně měnit. Proto se pro zapínání a vypínání akumulčních spotřebičů používá hromadné dálkové ovládání. Zde je tedy nutnost použít jistič 3×75 A, za který se platí paušální poplatek 847 Kč měsíčně. Cena nízkého tarifu je 1,995 Kč za 1 kWh, cena vysokého tarifu je 3,460 Kč za 1 kWh. V tomto případě by byly roční náklady na vytápění, ohřev teplé vody a domácnosti 63 676 Kč. Zde by bylo potřeba 8 akumulčních nádrží po 750 litrech. Osm akumulčních nádrží by bylo vzhledem k pořizovacím nákladům dost neekonomických a navíc by to bylo prostorově náročné. V novém stavu objektu by vyšlo pořízení soustavy elektrokotle s akumulacími nádržemi na 239 342 Kč. Zde by bylo potřeba 6 akumulčních nádrží po 750 litrech. V tomto případě by se musel použít jistič 3×63 A, za který je měsíční paušální poplatek 724 Kč. Jelikož se jedná o stejný tarif D26, tak se nemění cena za 1 kWh, ani u nízkého tarifu, ani u vysokého tarifu. Jediné, co se mění, je měsíční paušální poplatek za rezervovaný příkon. Roční náklady na vytápění, ohřev teplé vody a domácnost by činily 52 088 Kč. V objektu je osazena akumulční nádrž o velikosti 2500 m³. Je zde použit jistič 3×40 A, za který je měsíční paušální poplatek 488 Kč. Cena nízkého a vysokého tarifu je stejná protože, se jedná o tarif D26. Roční náklady na vytápění, ohřev teplé vody a domácnost by vyšly na 49 256 Kč. Je vidět, že zateplení a výměna oken a dveří snížila naše náklady na roční vytápění o 11 588 Kč. Tento zdroj energie ale slouží v objektu už jen jako sekundární zdroj vytápění, jako hlavní zdroj se používá kotel na tuhá paliva s akumulční nádrží. V případě pořízení nové soustavy elektrokotle s akumulacími nádržemi dojde u zatepleného objektu s vyměněnými okny a dveřmi k úspoře 54 306 Kč.

Při vytápění plynem jsem uvažoval, že objekt bude vytápěn kondenzačním kotlem s účinností 104 % (vztaženo k výhřevnosti zemního plynu). V původním objektu by pořízení této technologie stálo 90 000 Kč. Cena za 1 kWh je 1,46 Kč. Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody kondenzačním kotlem na zemní plyn jsou 28 631 Kč.

V objektu po zateplení a po výměně oken a dveří by stálo pořízení technologie také 90 000 Kč. Pro tuto soustavu musíme použít větší rozměry otopných těles. Je to proto, že kondenzační kotle pracují s nižší teplotou teplé vody, aby fungovala kondenzace. Roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody kondenzačním kotlem na zemní plyn jsou 20 760 Kč. Náklady na pořízení této technologie jsou v obou stavech stejné. Po zateplení a výměně oken a dveří je úspora 7 871 Kč na roční vytápění.

Při vytápění dřívím jsem porovnával, na kolik by nás vyšlo dřevo vyrobené samovýrobou a zakoupené štípané dřevo. Zplynovací kotel na tuhá paliva s akumulací nádržemi, který má účinnost 86 %. V původním stavu objektu bychom potřebovali 12,59 prmr (prostorově rovnáný metr). V novém stavu objektu bychom potřebovali 9,13 prmr. Při zakoupení dřeva stojí 1prmr měkkého dřeva pro původní stav 1 755 Kč, včetně dopravy do 25 km. Při zakoupení dřeva zaplatíme za 1prmr měkkého dřeva pro nový stav 1787 Kč, včetně dopravy do 25 km. Cena štípaných polínek je 1150 Kč za prostorově rovnáný metr. K této ceně ještě musíme započítat dopravu, zde je doprava za 22 Kč/km. Uvažoval jsem, že vzdálenost dovozu je 25 km. Ceník převzat ze stránek [palivové dřevo JMD, 2017]. Při výrobě dřeva samovýrobou zaplatíme za 1prmr v původním stavu objektu 1 670 Kč, včetně pronájmu traktoru, provozu motorové pily a práce 3 lidí. Práce lidí byla oceněna na 100 Kč/h na osobu. Pronájem traktoru byl stanoven na 1 500 Kč, provoz motorové pily byl vyčíslen na 840 Kč, a cena za 1 prostorově rovnáný metr byla 150 Kč. Pro nový stav objektu při výrobě dřeva samovýrobou zaplatíme za 1 prmr 1 721 Kč, včetně pronájmu traktoru, provozu motorové pily a práce 3 lidí. V původním objektu by byla potřeba 12 akumulacích nádrží po 750 l. Dvanáct akumulacích nádrží by bylo na pořízení nákladné, proto bych tuto variantu nedoporučoval. V původním stavu objektu by nás pořízení této technologie vyšlo na 448 650 Kč. Ve stavu po zateplení a výměně oken a dveří by vyšlo pořízení této technologie na 366 495 Kč, protože by zde muselo být 9 akumulacích nádrží. Tuto variantu bych opět nedoporučil ze stejného důvodu. Po zateplení a výměně oken a dveří došlo k úspoře financí na pořízení technologie o 82 155 Kč. V původním stavu jsou roční náklady na vytápění, ohřev teplé vody a domácnost při vytápění zakoupeným dřevem 25 721 Kč. V novém stavu jsou roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody při vytápění dřevem ze samovýroby 23 754 Kč. Samovýrobou dřeva pro původní stav objektu ušetříme 1 967 Kč. V původním stavu

objektu jsou náklady na vytápění a ohřev topné vody při vytápění zakoupeným dřevem 19 949 Kč. V novém stavu objektu jsou roční náklady na vytápění, ohřev teplé vody a domácnost při vytápění dřevem samovýrobou 18 435 Kč. Samovýrobou dřeva pro nový stav objektu ušetříme 1 514 Kč za rok.

5.8. Porovnání ročních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody:

Pokud porovnáme roční náklady čistě na vytápění a ohřev teplé vody bez pořizovacích nákladů, vychází nejlevněji vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi, kde by se topilo dřevem ze samovýroby a to konkrétně za 18 435 Kč v novém stavu objektu. Pro původní stav na vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi, kde by se topilo dřevem ze samovýroby, by byly náklady konkrétně 23 754 Kč. Jen o trochu dražší by vyšlo vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi, kde by se topilo štípaným dřevem kupovaným, což by činilo 25 721 Kč. V novém stavu objektu by ročně vyšlo topení dřevem ze samovýroby na 18 435 Kč a topení štípaným dřevem kupovaným na 19 949 Kč. Dalším přijatelným hlavním zdrojem vytápění by mohl být i kondenzační kotel na plyn. V novém stavu objektu by vytápění plynem vyšlo ročně na 27 706 Kč. V původním stavu objektu by vytápění plynem vyšlo ročně na 36 190 Kč. Vytápění plynem sice přijde draž než vytápění dřevem, ale nepotřebujeme plochu na skladování dřeva. Další v pořadí bylo vytápění elektrickou energií přímotopy. V novém stavu objektu by roční náklady na vytápění vyšly na 53 941 Kč. V původním stavu objektu, by roční náklady na vytápění vyšly na 67 232 Kč. Tato varianta je už ekonomicky nezajímavá a při návrhu bych se jí snažil vyhnout. Nejméně ekonomickou variantou je vytápění elektrokotlem s akumulací nádržemi. V novém stavu objektu by roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody činily 52 088 Kč. V původním stavu by roční náklady vyšly na 63 676 Kč. Tuto variantu bych navrhl jako sekundární (záložní) zdroj vytápění.

5.9. Porovnání vstupních nákladů s ohledem na životnost a roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody:

Porovnáním jednotlivých nákladů na pořízení technologie s ohledem na životnost s ročními náklady na vytápění jsem se zabýval proto, abych zjistil, jaká technologie by byla cenově nejvýhodnější.

Při vytápění elektrokotlem s akumulací nádržemi bychom v původním stavu objektu potřebovali 8 akumulacích nádrží o ceně 203 648 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní objekt byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena elektrokotle se pohybuje okolo 50 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 20 let. Roční náklady na vytápění elektrokotlem s akumulací nádržemi a ohřev teplé vody v původním stavu objektu vyjdou 63 676 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody v původním stavu objektu pro elektrokotel s akumulací nádržemi vyjdou na 81 358 Kč.

Při vytápění elektrokotlem s akumulací nádržemi bychom v novém stavu objektu potřebovaly 6 akumulacích nádrží o ceně 149 342 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní objekt byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena elektrokotle se pohybuje okolo 50 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 20 let. Roční náklady na vytápění elektrokotlem s akumulací nádržemi a ohřev teplé vody v novém stavu objektu činí 52 088 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v původním stavu objektu pro elektrokotel s akumulací nádržemi na 67 055 Kč.

Při vytápění elektrickými přímotopy bychom v původním stavu objektu potřebovali 12 přímotopů o ceně 42 000 Kč. Životnost přímotopů je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění elektrickými přímotopy a ohřev teplé vody v původním stavu objektu činí 67 232 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v původním stavu objektu pro přímotopy na 70 032 Kč.

Při vytápění elektrickými přímotopy bychom v novém stavu objektu potřebovali 12 přímotopů o ceně 42 000 Kč. Životnost přímotopů je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění elektrickými přímotopy a ohřev teplé vody v novém stavu objektu vyjdou 53 941 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v původním stavu objektu pro přímotopy na 56 741 Kč.

Při vytápění plynovým kondenzačním kotlem byla cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní stav objektu stanovena na 120 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena plynového kondenzačního kotle se pohybuje okolo 50 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění plynovým kondenzačním kotlem a ohřev teplé vody v původním stavu objektu vyjdou 36 190 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění plynovým kondenzačním kotlem a ohřev vody vyjdou v původním stavu objektu na 45 523 Kč.

Při vytápění plynovým kondenzačním kotlem byla cena otopných těles a rozvodného potrubí pro nový stav objektu stanovena na 120 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena plynového kondenzačního kotle se pohybuje okolo 50 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění plynovým kondenzačním kotlem a ohřev teplé vody v původním stavu objektu činí 27 706 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění plynovým kondenzačním kotlem a ohřev vody vyjdou v původním stavu objektu na 37 039 Kč.

Při vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi pro kupovanou štípanou polínkou bychom v původním stavu objektu potřebovali 12 akumulacích nádrží o ceně 308 605 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní objekt byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena kotle na tuhá paliva se pohybuje okolo 100 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi a ohřev teplé vody v novém stavu objektu vyjdou na 25 721 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev teplé vody v původním stavu objektu pro kotel na tuhá paliva s akumulací nádržemi činí 52 820 Kč.

Při vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi pro kupovanou štípanou polínkou bychom v novém stavu objektu potřebovali 9 akumulacích nádrží o ceně 226 495 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro nový stav objektu byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena kotle na tuhá paliva se pohybuje okolo 100 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulací nádržemi a ohřev teplé vody v novém stavu objektu vyjdou 19 949 Kč. Celkové roční náklady s ohledem

na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v novém stavu objektu pro kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi na 42 940 Kč.

Při vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi pro dřevo vyrobené samovýrobou bychom v původním stavu objektu potřebovaly 12 akumulacích nádrží o ceně 308 650 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní stav objektu byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena kotle na tuhá paliva se pohybuje okolo 100 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi a ohřev topné vody v původním stavu objektu vyjdou 23 754 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v novém stavu objektu pro kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi na 50 853 Kč.

Při vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi pro dřevo vyrobené samovýrobou bychom v novém stavu objektu potřebovaly 9 akumulacích nádrží o ceně 226 495 Kč. Životnost akumulacích nádrží jsem odhadl na 20 let. Cena otopných těles a rozvodného potrubí pro původní stav objektu byla stanovena na 100 000 Kč. Životnost otopných těles je cca. 20 let. Cena kotle na tuhá paliva se pohybuje okolo 100 000 Kč. Životnost tohoto kotle je cca. 15 let. Roční náklady na vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi a ohřev teplé vody v původním stavu objektu vyjdou 18 435 Kč. Celkové roční náklady s ohledem na životnost pro vytápění a ohřev vody vyjdou v novém stavu objektu pro kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi na 41 426 Kč.

5.10. Vyhodnocení variant vytápění:

Vzhledem k tomu, že u varianty vytápění kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi, je velké množství akumulacích nádrží, které zaberou hodně prostoru, je tato varianta nevhodná. Nejlevněji by vyšlo vytápění kondenzačním kotlem na plyn, poté kotel na tuhá paliva s akumulacími nádržemi při použití dřevem ze samovýroby, dále kotlem na tuhá paliva s akumulacími nádržemi při použití kupovaného štípaného dřeva. Ovšem u těchto metod vychází velký počet akumulacích nádrží, které by zabraly hodně místa a vysoká pořizovací cena těchto akumulacích nádrží, proto bych tuto metodu nepoužil, pokud bychom neosadili jednu velkou akumulacích nádrž. Aby se mohla tato akumulacích nádrž osadit do objektu, musel by se zbourat kus

zdi. Další variantou, kde zohledňujeme roční náklady, jsou přímotopy, kde se pohybujeme v ročních nákladech 1× vyšších než u vytápění plynovým kondenzačním kotlem. Nejnákladněji vyjde vytápění elektrokotlem s akumulací nádrží. Tuto technologii bych doporučil maximálně jako sekundární zdroj. Pro objekt bych jako zdroj na vytápění vybral plynový kondenzační kotel.

6. Závěr:

Pro zjištění celkové ztráty rodinného domu v řadové zástavbě je nejprve nutné zjistit tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce použité v objektu. V původním stavu rodinného domu měla největší tepelnou ztrátu konstrukce podlahy PDL1, obvodová stěna ochlazovaná SO1 o tloušťce 400 mm a obvodová stěna ochlazovaná o tloušťce 300 mm. V novém stavu se u konstrukce PDL1 nic nezmění, protože nedošlo k žádnému opatření pro snížení tepelné ztráty konstrukcí. U konstrukcí SO1 a SO2 došlo k zateplení 50 mm polystyrenem, a to snížilo tepelnou ztrátu přes konstrukci. Tepelné ztráty v novém stavu objektu se po zateplení a výměně oken a dveří snížily oproti původnímu stavu rodinného domu.

V případě, že by byl objekt vytápěn dřevem, jsem se zabýval náklady na pořízení dřeva, a to samovýrobou nebo koupí štípaného dřeva. Levněji vychází dřevo vyrobené samovýrobou, ale rozdíl není tak zásadní. Tyto náklady na dřevo jsem porovnal s náklady za plyn a elektřinu.

Při výběru nejlevnějšího způsobu vytápění, pokud vezmu v úvahu pořizovací cenu technologie a roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody, tak nejlevněji vyjde vytápění plynovým kondenzačním kotlem. Vytápění dřevem by vyšlo nákladněji než plynem, hlavně kvůli vysoké pořizovací ceně akumulčních nádrží, a jelikož by bylo za potřebí velké množství akumulčních nádob, tak bych tuto variantu nedoporučoval.

U přímotopů by vyšly roční náklady více než 1× větší než u vytápění plynovým kondenzačním kotlem. Nejdráže vyšly náklady na vytápění elektrokotlem s akumulčními nádržemi. Tento způsob vytápění by byl použit maximálně jako sekundární zdroj vytápění, kvůli vysokým nákladům na provoz. Pro objekt bych jako zdroj na vytápění vybral plynový kondenzační kotel.

7. Summary:

The aim of this thesis was to determine the energy demand of the building in original state and the new state of the building for housing. First of all, it is necessary to determine the thermal loss through individual structures and then the loss of the whole building both for the original state and the new state of the terraced house. The other part of this bachelor thesis is focused on the draft of heating method. As the heating method were chosen accumulation tanks heated by an electric boiler, a convector heater, accumulation tanks heated by a solid fuel boiler and a gas condensing boiler. Further, costs for acquisition of wood through self-production were compared costs for wood acquisition by purchase of cut wood. In the next step, the cost for wood acquisition were compared to costs for gas and electricity. In the last part, there is the comparison of purchase price for technology, its service life and annual costs for heating and hot water warming. The goal is to detect the cheapest source of heating.

It was determined that the cheapest source of heating is the gas condensing boiler. Heating by wood is more expensive than gas mainly due to high purchase cost of accumulation tanks. Furthermore, it will be necessary a large number of accumulation tanks. And therefore it would be better to avoid this variant.

The annual convector heater costs would be almost once so expensive than gas condensing costs. The most expensive variant would be heating with accumulation tanks heated by the electric boiler. This source of heating could be used no more than a secondary source of heating due to its high operating costs. From the viewpoint of this research, the gas condensing boiler would be the best option for the terraced house.

8. Seznam použité literatury:

8.1. Citované normy:

- ČSN 73 0540-1:2005 Tepelná ochrana budov-Část 1: Terminologie, 2005
- ČSN 73 0540-2:2012 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky, 2011
- ČSN 73 0540-3:2005 Tepelná ochrana budov-Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005
- ČSN 73 0540-4:2005 Tepelná ochrana budov-Část 4: Výpočtové metody, 2005
- ČSN EN 12831:2005 Otopné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu, 2005
- ČSN EN ISO 10077-1:2007 Technické chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla-Část 1: Všeobecně, 2007

8.2. Knižní literatura:

- JEVIČ, P. -- KÁRA, J. -- PASTOREK, Z. *Biomasa - obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. 276 s

8.3. Články v časopise:

- KLEPÁRNÍK, J. Návrat k vytápění dřevem - náklady na vytápění. *Ateliér otvorových výplní, izolací a vybavení staveb*. 2007. sv. 11, č. 2, s. 38--40. ISSN 1212-4370.
- KLEPÁRNÍK, J. Návrat k vytápění dřívím I - vlastnosti palivového dříví. *Ateliér otvorových výplní, izolací a vybavení staveb*. 2005. sv. 9, č. 6, s. 28--30. ISSN 1212-4370

8.4. Internetové zdroje:

- palivové dřevo JMD, 2017. Ceník.[online] navštíveno dne 22. 3. 2017.
URL: < <https://www.palivovedrevojmd.cz/>>
- tzbinfo, 2017. Katalog stavebních materiálů. [online] navštíveno dne 15. 3. 2017.
URL:<http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html>

9. Přílohy:

- Půdorys přízemí projektová dokumentace:



Scan0054.pdf

- Půdorys suterénu projektová dokumentace:



Scan0049.pdf

- Půdorys 1 NP projektová dokumentace:



Scan0010.pdf

- Tabulka k půdorysům projektová dokumentace:



Scan0057.pdf

- Pohled ulice:



Scan0012.pdf

- Pohled zahrada:



Scan0013.pdf

- Vysvětlivky k pohledům z dokumentace:



Obrázek (4).pdf

- Půdorys přízemí skutečný stav provedení:



PŮDORYS PŘÍZEMÍ.pdf

- Půdorys suterénu skutečný stav provedení:



- Půdorys 1 NP skutečný stav provedení:



- Pohled z ulice:



- Pohled zahrada:

