

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ HISTORICKÉ VILY
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Martin Najman
Vedoucí práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.
LS 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Najman Jméno: Martin Osobní číslo: 468202

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: SI - Stavební inženýrství

Studijní obor: C - Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění historické vily

Název bakalářské práce anglicky: Heating of the historic villa

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

Analýza současného stavu, návrh nezbytných stavebních úprav, koncepce možných variant řešení systému vytápění. Vhodný výběr řešení systému vytápění.

Praktická část:

Projektová dokumentace bude obsahovat: půdorysy, řezy, technickou zprávu, výpočet tepelných ztrát, bilance potřeby tepla, návrh otopné soustavy včetně zdroje tepla, hydraulické výpočty a návrh dimenzí.

Seznam doporučené literatury:

prof. Ing. K. Kabele a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 ČVUT (2010)

D. Petráš a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, Jaga 2005

prof. Ing. K. Kabele a kol.: Technická zařízení budov, Vytápění - podklady pro cvičení, ČVUT 2013

J. Bašta, K. Kabele: Otopné soustavy teplovodní - Sešit projektanta č. 1 - Společnost pro techniku prostředí 2008server katedry TZB - tzb.fsv.cvut.cz

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 16.02.2021

Termín odevzdání bakalářské práce: 16.05.2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

16.02.2021

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Katedra technických zařízení budov

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne: 14. 5. 2021

Podpis:



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Katedra technických zařízení budov

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Stanislavovi Frolíkovi, Ph.D za vedení mé bakalářské práce, profesionální přístup a poskytnuté rady.



Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem vhodné otopné soustavy a větrání historické vily, která má tři nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží, kde se nachází místnost s bazénem. Teoretická část je rozdělena na dva úseky. První část tvoří analýza stavu historické vily a výpočet tepelných ztrát. Druhá část je zaměřena na nalezení možných variant zdroje tepla. Všechny možné varianty byly porovnány a vyhodnoceny. Následně byla vybrána nejvhodnější varianta zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, na jejímž základě byla vypracována praktická část.

Klíčová slova

otopná soustava, desková otopná tělesa, podlahové vytápění, vytápění, zdroj vytápění, větrání, tepelné ztráty, historická vila, distribuční prvky, tepelné čerpadlo, plynový kotel



Abstract

This bachelor thesis deal with the design of heating system and ventilation of a historic villa with four floors including the ground floor and an underground floor, which hides one room with a swimming pool. The theoreticall part is split into two separate parts. First part consist of analysis of the state the villa is currently at and calculation of heat loses. Second part focuses on finding adequate heat sources, where all possible choices were compared and evaluated. The best heat source for heating and water heating was chosen and used to write up the practical part of the thesis.

Keywords

heating system, heating elements, floor heating, heating, heating source, ventilation, heat loss, historic villa, distribution elements, heat pump, gas boiler



Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Základní informace o objektu.....	10
1.1	Údaje o objektu a jeho umístění	10
1.2	Účel objektu, funkční náplň, kapacitní údaje	11
1.3	Současné architektonické a dispoziční řešení.....	11
3.	Konstrukční a stavebně technický průzkum	12
3.1	Základy	12
3.2	Svislé konstrukce	12
3.3	Vodorovné konstrukce	13
3.4	Střecha.....	14
3.5	Výplně otvorů	14
3.6	Schodiště	15
3.7	Skladby stávajících konstrukcí.....	15
4.	Tepelně technické parametry stávajících konstrukcí.....	16
4.1	Stanovení součinitele prostupu tepla.....	16
4.2	Výpočet součinitele prostupu tepla stávajících konstrukcí	17
4.2.1	Výpočet tepelné ztráty prostupem	18
4.2.2	Výpočet tepelné ztráty větráním	18
4.2.3	Výpočet celkové tepelné ztráty	19
4.2.4	Tepelná ztráta stávající vytápěné obálky budovy	19
5.	Stavební úpravy v objektu	20
5.1	Skladby nových konstrukcí	21
5.2	Výpočet součinitele prostupu tepla nových konstrukcí	23
5.3	Vstupní údaje	26
5.4	Výpočet celkové tepelné ztráty objektu na vytápění.....	26
6.	Vytápění.....	27
6.1	Možnosti vytápění	27
6.1.1	Zemní plyn	28
6.1.1.1	Nízkoteplotní kotel	28
6.1.1.2	Kondenzační kotel	29
6.1.2	Tepelná čerpadla	29
6.2	Možné varianty vytápění.....	31
6.2.1	Varianta 1a - Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem.....	31
6.2.2	Varianta 1b - Tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem	31
6.2.3	Varianta 2 - Tepelné čerpadlo vzduch/voda	31
6.2.4	Varianta 3 - Plynový kondenzační kotel	32
6.3	Vyhodnocení možných variant vytápění	32
6.3.1	Varianta 1 – TČ země/voda	32



6.3.1.1	Varianta 1a – TČ země/voda s plošným kolektorem	32
6.3.1.2	Varianta 1b – TČ země/voda s hloubkovým vrtem.....	33
6.3.2	Varianta 2 – TČ vzduch/voda	34
6.3.3	Varianta 3 – Plynový kondenzační kotel.....	34
6.4	Požizovací a investiční náklady.....	35
6.5	Vyhodnocení jednotlivých variant po 20 letech provozu.....	38
7.	Možnosti větrání.....	39
7.1	Systémy větrání	39
7.2	Odvod vzduchu	39
7.3	Požadavky na větrání	39
8.	Návrh otopného systému.....	40
8.1	Návrh otopných těles v obytných místností	40
8.2	Návrh otopných těles v koupelnách.....	43
8.3	Návrh vytápění místnosti s bazénem.....	44
8.4	Návrh zdroje tepla.....	45
9.	Návrh systému větrání	46
9.1	Prvky pro přívod čerstvého vzduchu.....	46
9.2	Prvky pro odvod znečištěného vzduchu	47
10.	Návrh systému větrání bazénu a posilovny	48
10.1	Požadavky na větrání a vytápění bazénů.....	48
10.2	Řešení systému větrání a vytápění místnosti s bazénem	48
10.3	Prvky pro přívod a odvod vzduchu	49
11.	Závěr.....	51
	Seznam příloh	52
	Použité programy	52
	Literatura a použité zdroje.....	53
	Seznam obrázků	56
	Seznam tabulek.....	57
	Seznam grafů	57
	Normy, zákony, směrnice, vyhlášky.....	58



1. Úvod

Tato bakalářská práce je členěna na dva celky. Teoretickou část, která se zabývá vhodným výběrem systému a zdroje vytápění historické vily. Druhá část je praktická, kde se řeší samotný projekt vytápění historické vily ve stupni stavebního povolení.

Navrhnout vhodný zdroj tepla pro jakýkoliv objekt je v dnešní době velké téma. Kladou se čím dál větší nároky na snížení tepelných ztrát objektu a tím pádem snížení množství energie na provoz. Tyto dva důležité faktory vedou ke snížení zátěže na životní prostředí.

V první fázi bude provedena analýza současného stavu a stanovení stávající tepelné ztráta objektu. Podle výpočtu tepelné ztráty objektu budou navrženy vhodné stavební úpravy, které ji sníží a poté bude stanovena nová tepelná ztráta. V dalším kroku dojde ke stanovení potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody. Tyto údaje budou sloužit jako vstupní pro návrh nového zdroje tepla. Navrženy a následně vyhodnoceny budou tři varianty zdroje tepla. Nejvhodnější varianta bude splňovat ekonomické, ekologické a provozní požadavky. Tato varianta bude podrobněji zpracovaná.

Součástí práce bude okrajové řešení větrání a návrh vzduchotechniky v místnosti s bazénem.



2. Základní informace o objektu

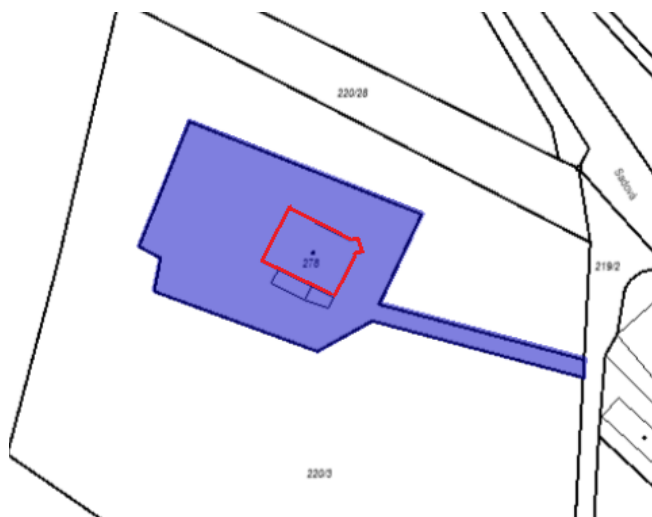


Obrázek 1 - Severovýchodní pohled

1.1 Údaje o objektu a jeho umístění

Vila se nachází v Karlovarském kraji v obci Plesná. Stavební parcela o celkové výměře 1582 m² má číslo 278 a je umístěna v katastrálním území Plesná. Tato stavba je součástí parcely s číslem 220/3 o celkové výměře 9157 m².

Přístup k objektu je řešen z východní strany Zahradní ulice. Cesta k objektu z této ulice je po betonových panelech.



-Objekt značen červenou barvou

- Stavební parcela s číslem 278
značena tmavě modrou barvou

Obrázek 2 - Katastrální mapa vily a jejího okolí [1]

Objekt je umístěn v mírně svažitém terénu uprostřed obce Plesná. Z jižní a západní strany je vila obklopena jehličnatými smrky.



1.2 Účel objektu, funkční náplň, kapacitní údaje

Jedná se o historickou vilu, ke které byla nalezena projektová dokumentace z roku 1903. V roce 1971 byla přistavěna část v 1. nadzemním podlaží a budova v té době sloužila jako zdravotní středisko. Aktuální záměr je celou vilu zrekonstruovat do původního stavu. Vila má tři nadzemní podlaží včetně podkroví. Část objektu je podsklepená a slouží k technickému zázemí. Budova plní funkci k trvalému bydlení.

Zastavěná plocha objektu	258,5 m ²
Obestavěný prostor.....	2 685 m ³
Užitná plocha.....	546,37 m ²

1.3 Současné architektonické a dispoziční řešení

Objekt je umístěn v mírně svažitém terénu uprostřed obce Plesná. Cca 10 metrů na jižní a západní straně objektu se nachází les, který je ve svahu. [3] Budova je momentálně neobydlená a nevytápěná. Vila má tvar obdélníku s výstupkem na jižní straně, kde se nachází současný vstup do objektu. Součástí tvarového uspořádání objektu je na rozhraní severní a východní strany obdélníkový výstupek, který se nachází v každém podlaží a je zakončený na střeše věží. Přibližné půdorysné rozměry objektu jsou 15,6 x 15,1 m. Hřeben polovalbové střechy je ve výšce 12,8 m od úrovně podlahy 1. nadzemního podlaží.

Součástí polovalbové střechy jsou sedlové a pultové vikýře, střešní okna, věž a volská oka.

Vstup do objektu je z východní strany. Konstrukce vily je v poměrně dobré kondici.

Dispozičně se v současném 1. podzemním podlaží nachází kotelna, prádelna, chodba a místnosti pro uskladnění. V 1. a 2. nadzemním podlaží je několik místností, které v minulosti plnily funkci zdravotního střediska. Jedná se samotné vyšetřovací místnosti včetně jejich zázemí, čekárny a sociální zázemí pro pacienty. Součástí tohoto podlaží je dvouramenné schodiště s mezi podestou, po kterém se vstupuje do dalšího podlaží. Ve druhém nadzemním podlaží plnily místnosti především funkci lékařského zázemí. Jedná se o šatny, společnou místnost, sociální zázemí a různé skladovací místnosti. Z 2. nadzemního podlaží vede dvouramenné schodiště s mezipodestou do dalšího patra. Jedná se o podkroví, které sloužilo k trvalému bydlení. Celé podkroví tvořilo jednu samostatnou bytovou jednotku, ve které se nacházela vstupní chodba, kuchyň, koupelna s toaletou, ložnice a 3 další pokoje. Tato dispozice byla zachována až do současnosti.



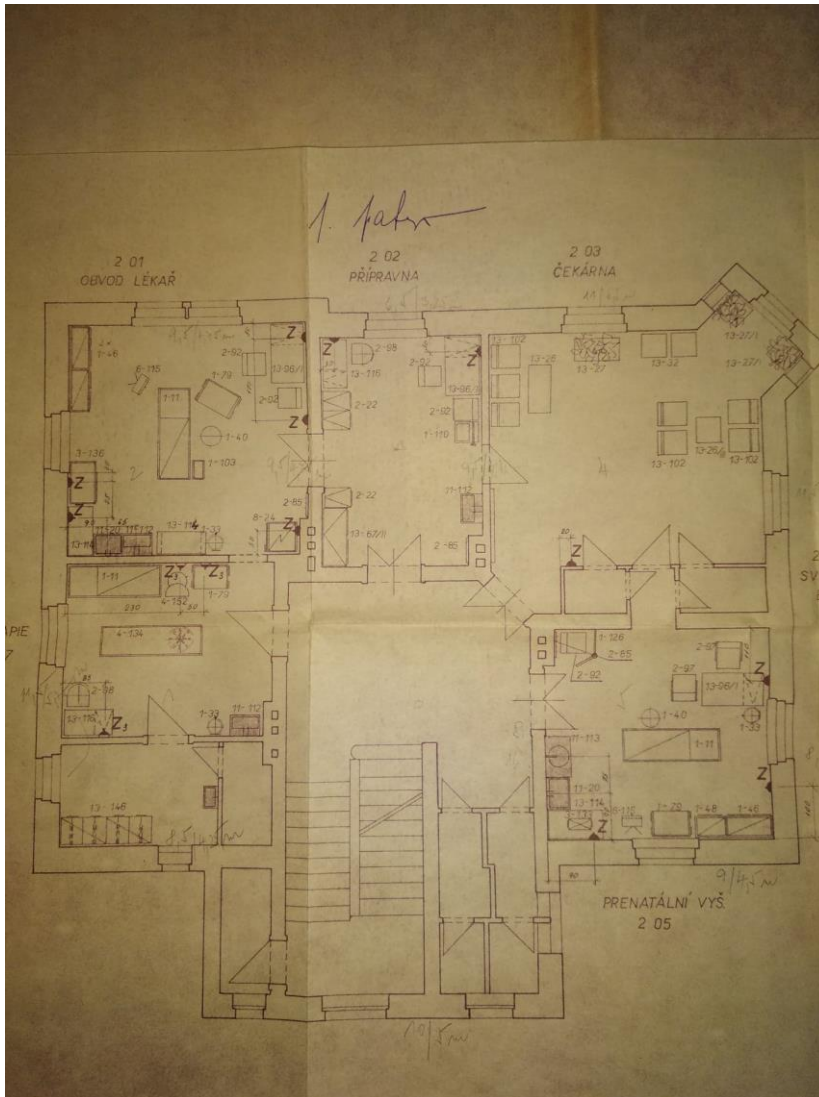
Obrázek 3 - Letecký snímek z mapy [2]



3. Konstrukční a stavebně technický průzkum

3.1 Základy

Objekt je založen v mírném svahu. Jelikož nebyla prozatím provedena kopaná sonda k základům, nemůže být základová konstrukce blíže specifikována. S největší pravděpodobností se jedná o základové pasy. Hloubka založení a materiál základových pasů je neznámá. Vzhledem ke stáří budovy, lze očekávat mělké založení v zámrné hloubce.



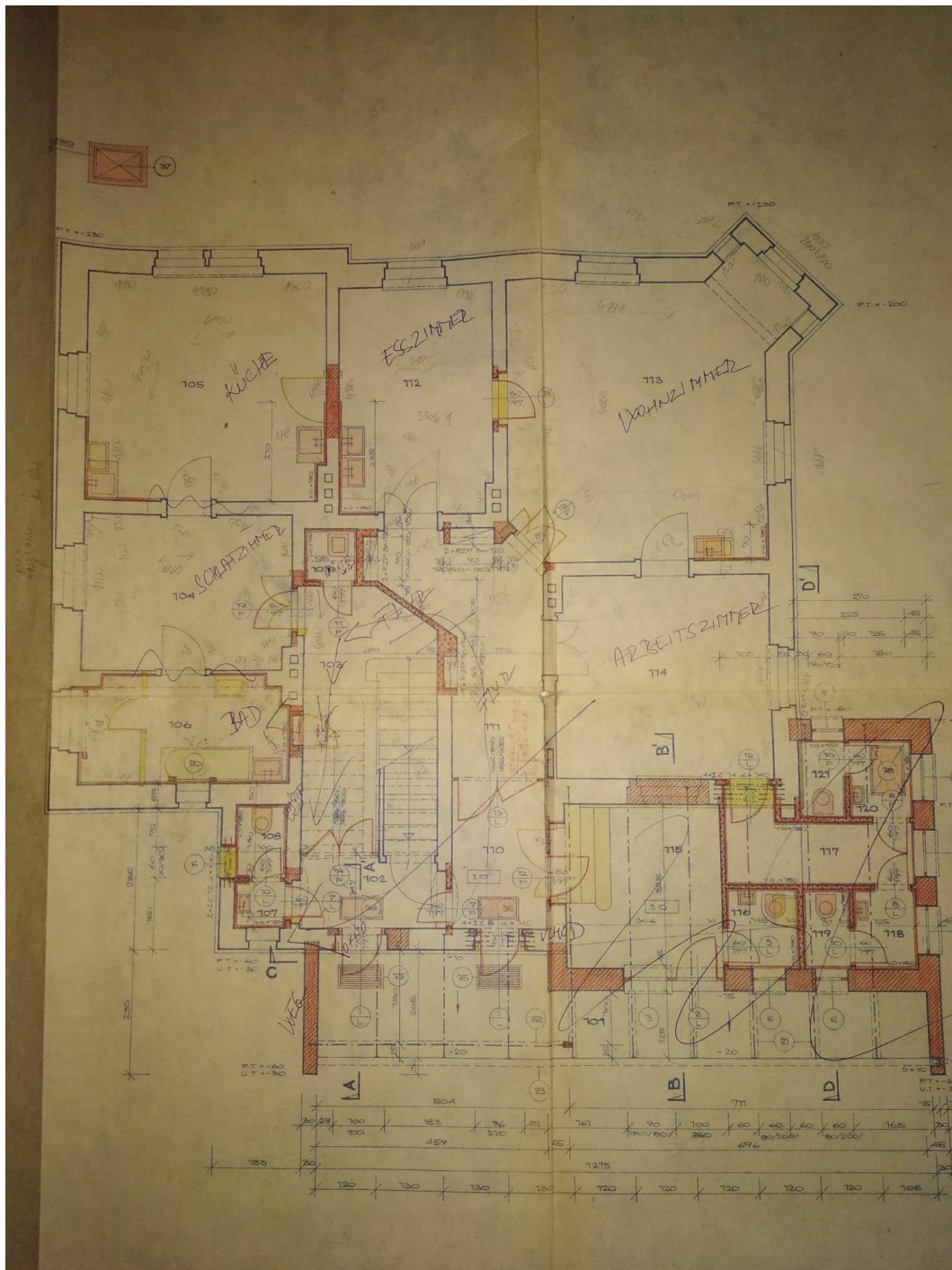
Obrázek 4 - Půdorys 1. nadzemního podlaží z projektové dokumentace z roku 1971 stav před rekonstrukcí

3.2 Svislé konstrukce

Konstrukční systém objektu je stěnový. Z vizuální prohlídky bylo zjištěno, že obvodová stěna 1. podzemní podlaží je z kyklopského zdiva, jehož tloušťka je 680 mm. Vnitřní nosné stěny 1. podzemního podlaží jsou tloušťky 350 až 550 mm. Stavebním materiálem těchto vnitřních stěn je cihla plná pálená, místy je i zdivo smíšené. Světlá výška podlaží je 2,5 m. Obvodové zdivo běžných podlaží je tloušťky 680 mm a vnitřní nosné zdivo je tloušťky 350 mm. Materiálem obvodového i vnitřního zdiva je cihla plná pálená. Příčky jsou tloušťky 100 až 170 mm. Příčky mohou být vyzděny z cihel plných pálených nebo i děrovaných, podle období, ve



kterém daná příčka vznikla a doby, ve kterém se prováděly změny v objektu. Součástí svislých konstrukcí jsou 4 komínová tělesa. Konstruktivní výška 1. a 2. nadzemního podlaží je 3,85 m. Světla výška je 3,4 m.

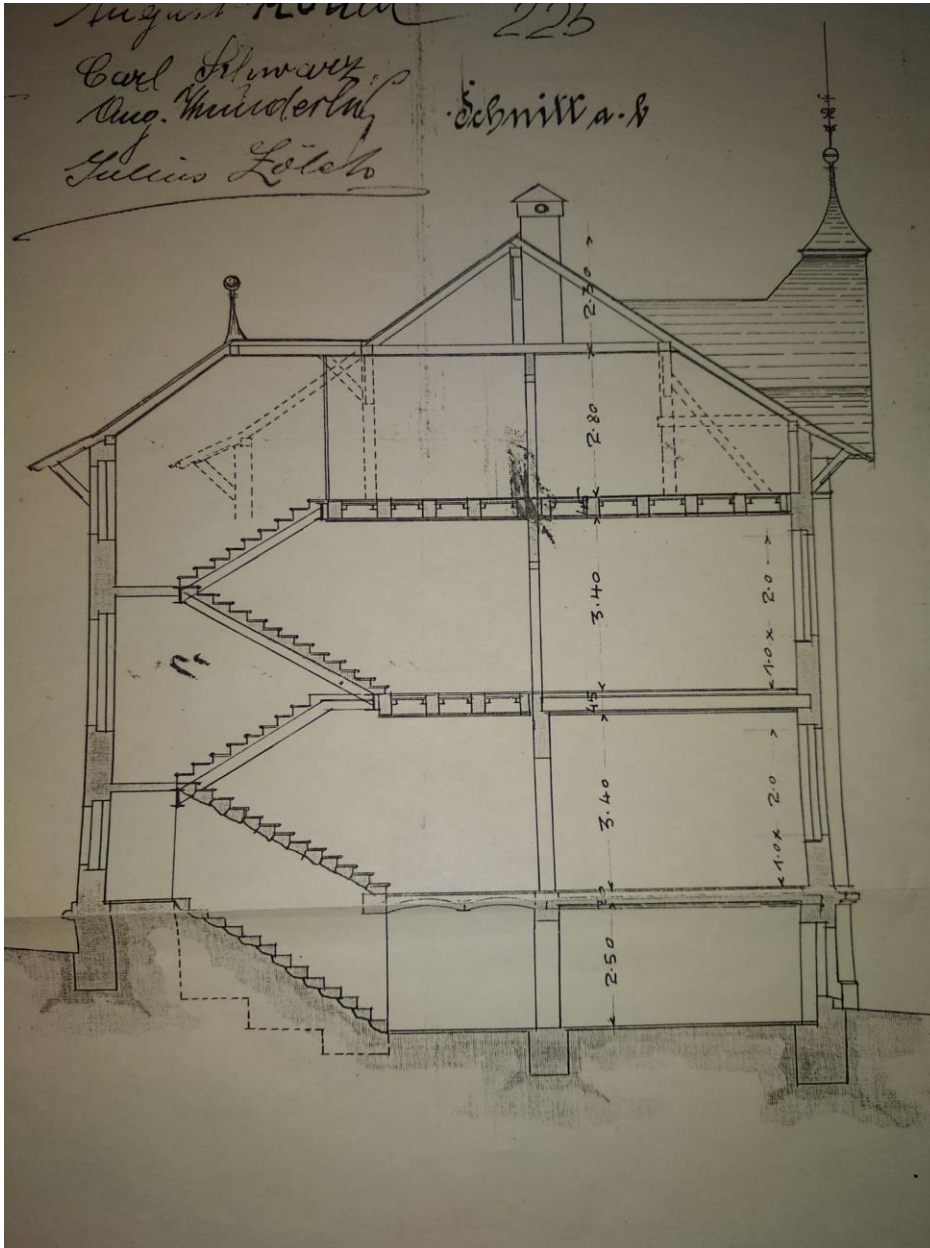


Obrázek 5 - Půdorys 1. nadzemního podlaží z projektové dokumentace z roku 1971 stav po rekonstrukci

3.3 Vodorovné konstrukce

Podle dochované projektové dokumentace z roku 1971 jsou vodorovné konstrukce běžného podlaží zhotoveny z dřevěných trámových stropů se záklopem a omítnutým stropem. Tloušťka této konstrukce je podle projektové dokumentace 450 mm. Trámy jsou uloženy na obvodové a

vnitřní nosné zdivo. Největší rozpon dřevěných trámů je 5,5 m. Stropní konstrukce 1. podzemního podlaží tvoří klenbový strop, který je tvořen z ocelových I profilů a cihel.



Obrázek 6 - Řez objektu z naskenované projektové dokumentace z roku 1971 stav před rekonstrukcí

3.4 Střecha

Hlavní část budovy je zakrytá valbovou střechou s pultovými a sedlovými vikýři. Další prvky ve střeše jsou střešní okna, část dochované věže a volská okna. Krov je dřevěný, tvořený stojatou stolicí. Hlavní nosné dřevěné sloupky mají rozměr 150x150 mm. Krytina střechy je plechová.

3.5 Výplně otvorů

Okna v celé budově jsou dřevěná. První polovinu tvoří okna jednoduchá a druhou polovinu okna zdvojená. Všechna okna mají v sobě zabudovaný nadsvětřík. Okna zdvojená mají



historické kování, lze očekávat, že se jedná o okna původní. Jednoduchá okna určitě nejsou původní, zřejmě došlo k výměně při rekonstrukci v roce 1971.

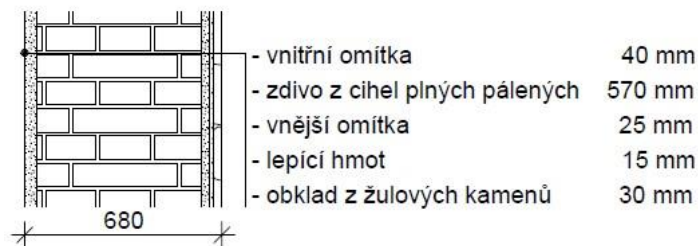
3.6 Schodiště

Hlavní propojení nadzemních podlaží je zajištěno vertikální komunikací. Jedná se o dvouramenné schodiště s mezipodestou. Šířka těchto schodišť je 1,3 m. Nadzemní a podzemní část objektu je propojena přímým jednoramenným schodištěm šířky 1,0 m.

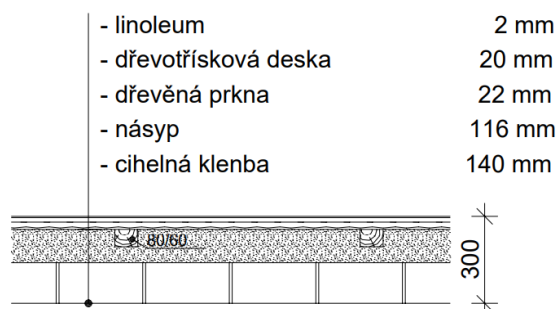
3.7 Skladby stávajících konstrukcí



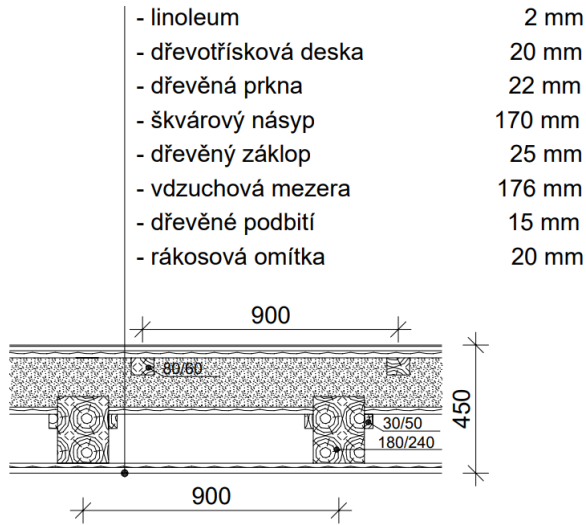
Obrázek 7 - Obvodová stěna nadzemní části objektu



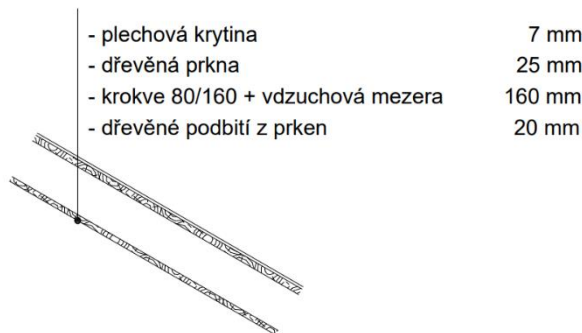
Obrázek 8 - Obvodová stěna podzemní části objektu



Obrázek 9 - Strop nad 1. podzemním podlažím



Obrázek 10 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlaží



Obrázek 11 - Střecha

4. Tepelně technické parametry stávajících konstrukcí

4.1 Stanovení součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukcí U [W/m^2K] určuje množství tepla, které prostoupí konstrukcí o ploše $1 m^2$ při změně teploty o $1 K$. [3] Stanoví se ze vztahu:

$$U_T = \frac{1}{R_T}$$

Kde R_T je odpor konstrukce při přestupu tepla [$m^2 \cdot K/W$]

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

Kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

R je odpor konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

$$R = \sum R_i$$



Kde R_i je tepelný odpor i -té vrstvy konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}$$

Kde d_i je tloušťka i -té vrstvy konstrukce [m]

λ_i je navrhovaný součinitel tepelné vodivosti materiálů i -té vrstvy konstrukce [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla stávajících konstrukcí

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]	R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
Rsi			0,13	
vnitřní omítka	0,025	0,88	0,03	
zdivo z cihel plných pálených	0,605	0,73	0,83	
vnější omítka	0,025	0,88	0,03	
lepící hmota	0,015	0,54	0,03	
keramický obklad	0,010	1,01	0,01	
Rse			0,04	
	0,68		1,09	0,915

Tabulka 1 - Obvodová stěna nadzemní části objektu

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]	R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
Rsi			0,13	
vnitřní omítka	0,04	0,88	0,05	
zdivo z cihel plných pálených	0,56	0,73	0,77	
vnější omítka	0,025	0,88	0,03	
lepící hmota	0,015	0,54	0,03	
obklad z žulových kamenů	0,04	3,10	0,01	
Rse			0,04	
	0,68		1,05	0,951

Tabulka 2 - Obvodová stěna podzemní části objektu

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]	R [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	U [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
linoleum	0,002	0,17	0,01	
dřevotřísková deska	0,020	0,14	0,14	
dřevěná prkna	0,022	0,13	0,17	
násyp	0,116	0,27	0,43	
cihelná klenba	0,140	0,73	0,19	
	0,30		0,95	1,058

Tabulka 3 - Strop nad 1. podzemním podlažím



název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
linoleum	0,002	0,17	0,01	
dřevotřísková deska	0,020	0,14	0,14	
dřevěná prkna	0,022	0,13	0,17	
škvárový násyp	0,170	0,27	0,63	
dřevěný žáklop	0,025	0,73	0,03	
vzduchová mezera	0,176	0,19	0,94	
dřevěné podbití	0,015	0,73	0,02	
rákosová omítka	0,020	0,28	0,07	
	0,45		2,02	0,495

Tabulka 4 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
Rsi			0,04	
plechová krytina	0,007	50,00	0,00	
dřevěná prkna	0,020	0,13	0,15	
krokve 80/160 + vzduchová mezera	0,160	0,19	0,85	
dřevěné podbití z prken	0,020	0,13		
Rse			0,10	
	0,21		1,11	0,903

Tabulka 5 - Střecha

Okno zdvojené	U = 1,50 [W/m ² K]
Okno dvojité	U = 2,00 [W/m ² K]
Okno jednoduché	U = 2,70 [W/m ² K]
Okno jednoduché střešní	U = 2,30 [W/m ² K]
Vstupní dveře	U = 1,70 [W/m ² K]
Podlaha 1.nadzemního podlaží na zemině	U = 0,45 [W/m ² K]
Podlaha 1.podzemního podlaží na zemině	U = 0,45 [W/m ² K]

4.2.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta prostupem Φ_T je dána součinem součtu návrhových součinitelů tepelných ztrát prostupem H_T a rozdílu vnitřní a vnější výpočtové teploty $\Theta_{int} - \Theta_e$. [3] Stanoví se ze vztahu:

$$\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e)$$

Kde: H_T je součet návrhových součinitelů tepelných ztrát prostupem [W/K]

Θ_{int} je vnitřní výpočtová teplota [°C]

Θ_e je vnější výpočtová teplota [°C]

4.2.2 Výpočet tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním Φ_V je dána součinem součinitele návrhové tepelné ztráty větráním H_V a rozdílu vnitřní a vnější výpočtové teploty $\Theta_{int} - \Theta_e$. [3] Stanoví se ze vztahu:

$$\Phi_V = H_V \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e)$$



Kde: H_V je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

Θ_{int} je vnitřní výpočtová teplota [°C]

Θ_e je vnější výpočtová teplota [°C]

$$H_V = V_i \cdot n_{min,i} \cdot \rho \cdot c \cdot (\Theta_{int} - \Theta_e)$$

Kde: V_i je vnitřní objem vytápěného prostoru (vzduchu) [m³]

$n_{min,i}$ je minimální intenzita větrání [h⁻¹]

ρ je hustota vzduchu [kg/m³]

c je měrná tepelná kapacita vzduchu [W·h/kg·K]

Θ_{int} je vnitřní výpočtová teplota [°C]

Θ_e je vnější výpočtová teplota [°C]

Druh místnosti	n_{min} [h ⁻¹]
Obytná místnost	0,5
Kuchyň	1,5
Kancelář	1,0
Zasedací místnost, učebna	2,0

Tabulka 6 - Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{min,i}$

4.2.3 Výpočet celkové tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta Φ je dána součtem tepelné ztráty prostupem Φ_T a tepelné ztráty větráním Φ_V . [3] Stanoví se ze vztahu:

$$\Phi = \Phi_T + \Phi_V$$

Kde: Φ celková tepelná ztráta [W]

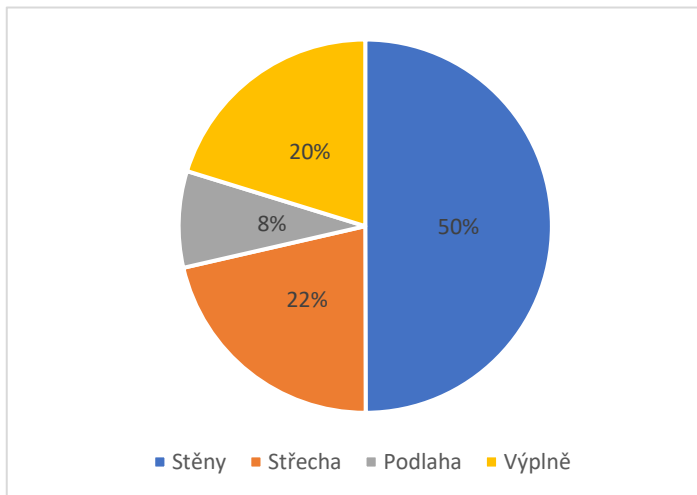
Φ_T je tepelná ztráta prostupem [W]

Φ_V je tepelná ztráta větráním [W]

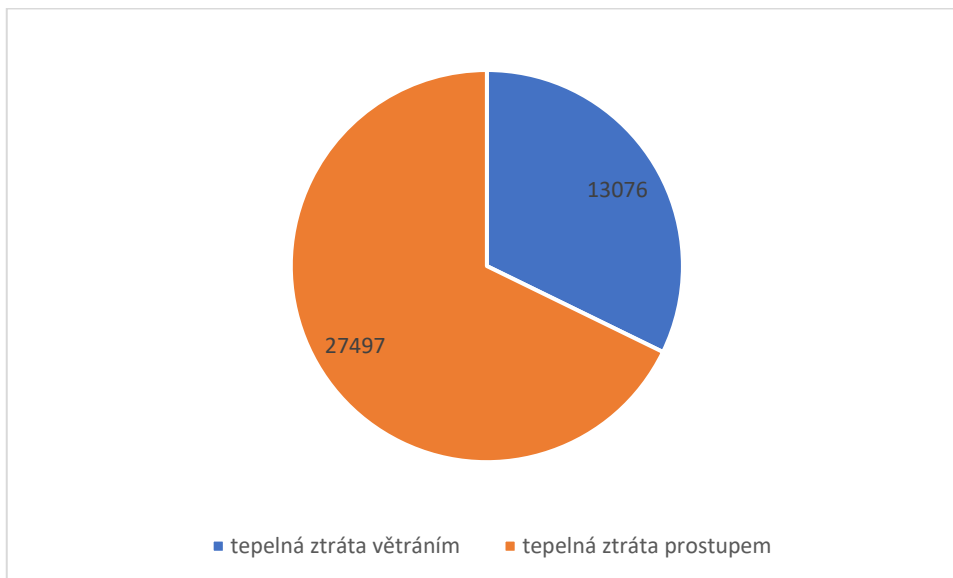
4.2.4 Tepelná ztráta stávající vytápěné obálky budovy

typ ztráty	typ konstrukce	tepelná ztráta [W]
Tepelná ztráta prostupem tepla stávající vytápěné obálky budovy Φ_T	Stěny	13739
	Střecha	5899
	Podlaha	2297
	Výplně	5563
	Celkem	27497
Tepelná ztráta větráním stávající vytápěné obálky budovy Φ_V	Budova	13076
Celková ztráta Φ		40573

Tabulka 7 - Tepelná ztráta prostupem tepla stávající vytápěné obálky budovy (viz příloha 1)



Graf 1 - Rozložení tepelných ztrát prostupem tepla stávající vytápěné obálky budovy



Graf 2 - Rozložení tepelných ztrát stávající vytápěné obálky budovy

5. Stavební úpravy v objektu

V celém objektu budou demontovány všechny podlahové krytiny a z části dojde k vybrání násypu. V 1.nadzemním podlaží bude odstraněná přístavba v celém rozsahu, která byla přistavěna v roce 1971. Následně bude obnoven hlavní vstup do objektu, který se používal před rokem 1971. Dále budou odstraněny nenosné příčky, které vytvořily mnoho malých místností, které již nejsou vhodné pro další využití. Převážně bude zachováno pouze nosné zdivo. Vzhledem k tomu, že se jedná o historickou vilu, která má stále dobře zachovalý vzhled fasády, která je z keramického obkladu, nelze tuto část konstrukce zateplit. Obvodové zdivo představuje tepelnou ztrátu prostupem 50 % z celkové tepelné ztráty stávající vytápěné obálky. Naopak můžeme zlepšit prostup tepla ostatních obvodových konstrukcí. Veškeré okenní a dveřní výplně budou nahrazeny novými. Tyto konstrukce musí splňovat technické požadavky na prostup tepla konstrukcí dle ČSN 73 0540-2. Střešní krytina je v nevyhovujícím stavu a bude demontovaná včetně dřevěných prken, které tvoří celoplošný záklop. Krov bude následně ošetřen a mezi krokve bude vložena minerální tepelná izolace tloušťky 160 mm. Další 100 mm minerální tepelné izolace bude vloženo pod krokve z důvodu nehomogenní vrstvy. Tepelná



izolace bude zaklopena sádkartonovými nehořlavými deskami. Krov bude zaklopen z vnější strany dřevotřískovou deskou, na které bude pojistná hydroizolace a následně nová plechová krytina. V neposlední řadě dojde k odstranění podlah v 1. nadzemních a podzemním podlaží, které jsou ve styku se zemínou. Stávající podlaha zůstane pouze v technické místnosti, jenž se nachází v 1. podzemním podlaží. Kompletní nové skladby těchto konstrukcí jsou uvedeny v kapitole 5.1 Skladby nových konstrukcí.

Z důvodů nevyhovujícího stavu podlah ve 2. a 3. nadzemním podlaží dojde k jejich rozebrání.

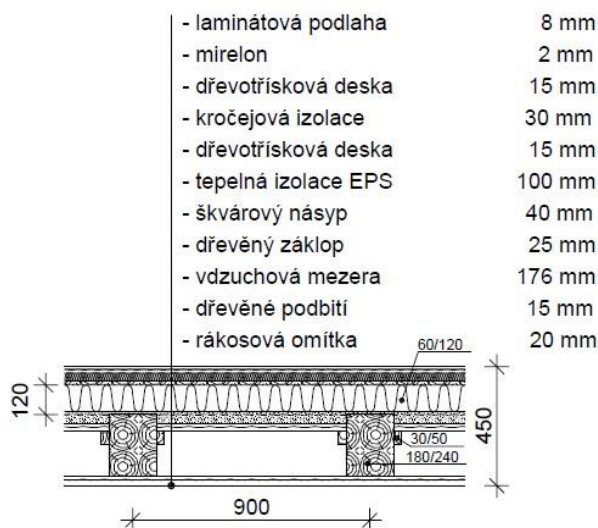
Do nové skladby bude přidána tepelná i kročejová izolace.

V technické místnosti, která se nachází v 1. podzemním podlaží budou demontovány dva plynové kotle, které se používaly pro vytápění celého objektu. Následně budou odstraněna všechna otopná tělesa s potrubím.

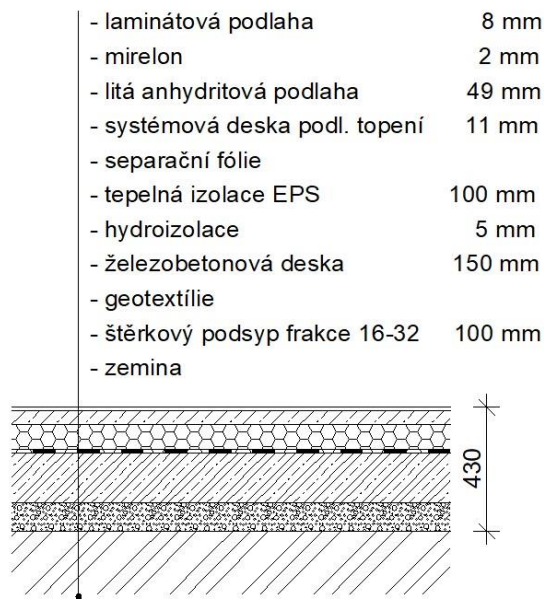
5.1 Skladby nových konstrukcí



Obrázek 12 - Strop nad 1. podzemním podlažím



Obrázek 13 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - obytné místnosti



Obrázek 14 - Podlaha 1. nadzemního podlaží na zemině



Obrázek 15 - Střecha



Obrázek 16 - Strop nad 3. nadzemním podlažím



5.2 Výpočet součinitele prostupu tepla nových konstrukcí

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
laminátová podlaha	0,008	0,114	0,070	
mirelon	0,002	0,027	0,074	
litá anhydritová podlaha	0,049	1,800	0,027	
systémová deska podl. topení	0,011	0,036	0,306	
separační fólie	-	-	-	
tepelná izolace EPS	0,070	0,037	1,892	
násyp	0,020	0,270	0,074	
cihelná klenba	0,140	0,730	0,192	
	0,30		2,56	0,390

Tabulka 8 - Strop nad 1. podzemním podlažím

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
laminátová podlaha	0,008	0,114	0,07	
mirelon	0,002	0,027	0,07	
dřevotřísková deska	0,015	0,130	0,12	
kročeje izolace	0,030	0,036	0,83	
dřevotřísková deska	0,015	0,130	0,12	
tepelná izolace EPS	0,100	0,037	2,70	
škvárový násyp	0,040	0,270	0,15	
dřevěný žáklop	0,025	0,730	0,03	
vzduchová mezera	0,176	0,188	0,94	
dřevěné podbití	0,015	0,730	0,02	
rákosová omítka	0,020	0,279	0,07	
	0,45		5,12	0,195

Tabulka 9 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - laminátová podlaha

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
laminátová podlaha	0,008	0,114	0,07	
mirelon	0,002	0,027	0,07	
litá anhydritová podlaha	0,049	1,800	0,03	
systémová deska podl. topení	0,011	0,036	0,31	
separační fólie	-	-	-	
tepelná izolace EPS	0,100	0,037	2,70	
hydroizolace	0,005	0,200	0,03	
železobetonová deska	0,150	1,580	0,09	
geotextílie	0,001	-	-	
šterkový podsyp frakce 16-32	0,100	0,650	0,15	
	0,43		3,45	0,290

Tabulka 10 - Podlaha 1. nadzemního podlaží na zemině - laminátová podlaha



název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
keramická dlažba	0,008	1,010	0,01	
lepidlo	0,005	-	-	
2x hydroizolační stěrka	0,002	-	-	
litá anhydritová podlaha	0,045	0,130	0,35	
systémová deska podl. topení	0,011	0,036	0,31	
separační fólie	-	-	-	
tepelná izolace EPS	0,100	0,037	2,70	
škvárový násyp	0,040	0,270	0,15	
dřevěný žáklop	0,025	0,730	0,03	
vzduchová mezera	0,176	0,188	0,94	
dřevěné podbití	0,015	0,730	0,02	
rákosová omítka	0,020	0,279	0,07	
	0,45		4,58	0,218

Tabulka 11 - Strop koupelny nad 1. nadzemním podlažím - keramická dlažba

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
keramická dlažba	0,008	1,010	0,01	
lepidlo	0,005	-	-	
2x hydroizolační stěrka	0,002	-	-	
litá anhydritová podlaha	0,045	1,800	0,03	
systémová deska podl. topení	0,011	0,036	0,31	
separační fólie	-	-	-	
tepelná izolace EPS	0,100	0,037	2,70	
hydroizolace	0,005	0,200	0,03	
železobetonová deska	0,150	1,580	0,09	
geotextílie	0,001	-	-	
šterkový podsyp frakce 16-32	0,100	0,650	0,15	
	0,43		3,31	0,302

Tabulka 12 - Podlaha 1. nadzemního podlaží a podzemního podlaží na zemině - keramická dlažba

název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
R _{si}			0,04	
plechová krytina	0,007	50,000	0,00	
pojistná hydroizolace	0,002	-	-	
dřevotřísková deska	0,022	0,130	0,17	
minerální tepelná izolace mezi krokve	0,160	0,037	4,32	
minerální tepelná izolace	0,100	0,037	2,70	
parotěsná fólie	0,001	-	-	
sádkokartonová deska	0,013	0,220	0,06	
R _{se}			0,10	
	0,30		7,35	0,136

Tabulka 13 - Střecha



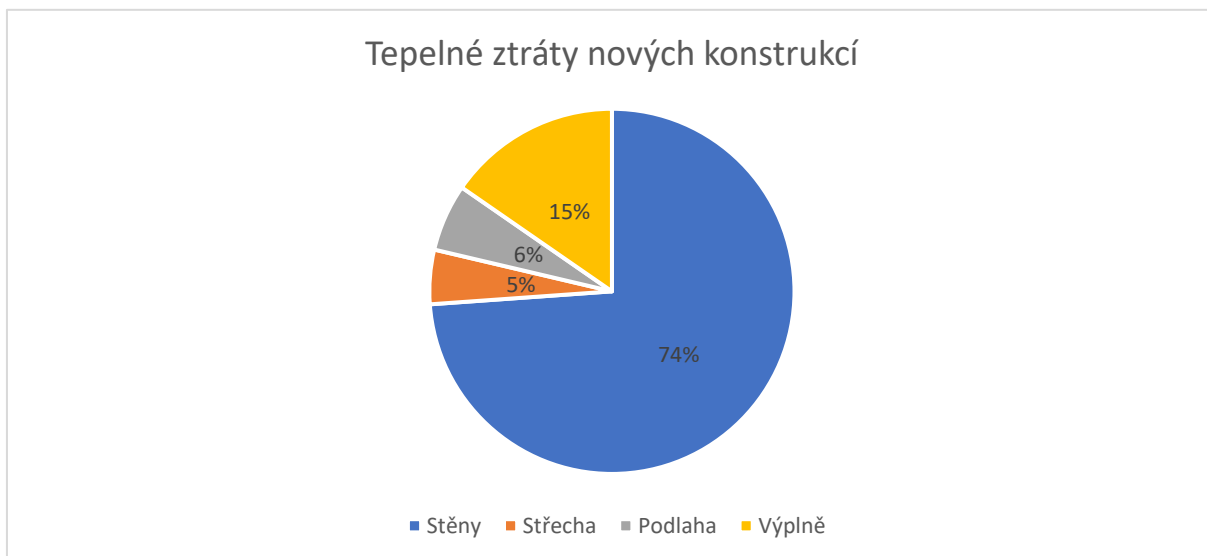
název vrstvy	tloušťka [m]	λ [W/m·K]	R [m ² ·K/W]	U [W/m ² ·K]
dřevotřísková deska	0,022	0,130	0,17	
minerální tepelná izolace mezi krokve/trámy	0,160	0,037	4,32	
minerální tepelná izolace	0,100	0,037	2,70	
parotěsná fóle	0,001	-	-	
sádkokartonový podhled	0,013	0,220	0,06	
	0,30		7,25	0,138

Tabulka 14 - Strop nad 3. nadzemním podlažím

Okno	U = 1,0 [W/m ² K]
Střešní okno	U = 1,0 [W/m ² K]
Vstupní dveře	U = 1,5 [W/m ² K]
Podlaha v technické místnosti	U = 0,45 [W/m ² K]

Součinitele prostupu tepla				
Název konstrukce	Původní součinitel prostupu tepla U	Navrhovaný součinitel prostupu tepla U	Požadovaný součinitel prostupu tepla UN,20	Doporučený součinitel prostupu tepla Urec,20
	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K	W/m ² ·K
Obvodová nadzemní stěna	0,915	0,915	0,30	0,25
Obvodová podzemní stěna	0,951	0,951	0,30	0,25
Strop nad 1. podzemním podlažím - laminátová podlaha	1,058	0,39	2,20	1,45
Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - laminátová podlaha	0,495	0,195	2,20	1,45
Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - dlažba		0,20	2,20	1,45
Střecha	0,903	0,136		
Okna	2,00	1,00	1,50	1,20
Střešní Okna	2,30	1,00	1,50	1,20
Vstupní dveře	1,70	1,50	1,70	1,20
Podlaha 1.pp na zemině - dlažba	0,45	0,302	0,45	0,35
Podlaha 1.np na zemině - dlažba	0,45	0,302	0,45	0,35
Podlaha 1.np na zemině - laminátová podlaha		0,29		

Tabulka 15 - Porovnání součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí



Graf 3 - Rozložení tepelných ztrát prostupem tepla nové vytápěné obálky budovy bez započítání 1. podzemního podlaží

Z grafu lze vyčíst, že po výměně okenních, dveřních výplní, zateplení střešního pláště a podlahy došlo k výraznému poklesu poměru tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí. Tento graf lze dále porovnat s Grafem 1, ve kterém tvoří tepelnou ztrátu prostupem tepla obvodovou konstrukcí

50 %. Po zateplení již jmenovaných konstrukcí viz. Graf 3 tvoří tepelnou ztrátu prostupem tepla obvodovou konstrukcí 74 %. Výrazné zlepšení nastalo u zateplení střechy, kde tato ztráta klesla z 22 % na 5 % a výměna výplní znamenala pokles ztráty z 20 % na 15 %. Naopak zateplení podlahy znamenalo zanedbatelné zlepšení o pouhých 2 %.

5.3 Vstupní údaje

Zastavěná plocha	204,29 m ²
Užitná plocha 1.PP	85,28 m ²
Užitná plocha 1.NP	154,04 m ²
Užitná plocha 2.NP	140,57 m ²
Užitná plocha 3.NP	141,55 m ²
Užitná plocha celkem	521,44 m ²
Průměrná vnitřní výpočtová teplota	20 °C
Venkovní výpočtová teplota (t_e)	-15 °C
Venkovní výpočtová teplota v otopném období (t_{es})	3,6 °C
Počet dnů v otopném období	262 dnů
Nadmořská výška	448 m.n.m.

5.4 Výpočet celkové tepelné ztráty objektu na vytápění

Výpočet tepelné ztráty objektu byl stanoven dle ČSN EN 12 831. Podrobný výpočet, který byl proveden pomocí programu Microsoft Excel a programu RAUCAD/TechCON, je uveden viz. příloha 1. Intenzita výměny vzduchu byla zvolena 1,0 h⁻¹ v posilovně, 1,5 h⁻¹ v kuchyni a 0,5 h⁻¹ v bytových a ostatních místnostech.



celková	32877	W
celková	32,88	KW

Tabulka 16 - Celková tepelná ztráta prostupem a větráním

Popis	Značení	Požadovaný výkon	MJ
Vytápění = ztráta prostem + větráním	Q_c	32,88	kW
Příprava TV	Q_{TV}	1,31	kW
Ohřev bazénu	$Q_{bazén}$	2,83	kW
	Q_{celkem}	37,02	kW

Tabulka 17 - Přehled celkového výkonu pro zdroj tepla

6. Vytápění

6.1 Možnosti vytápění

Hlavní otázkou při rekonstrukci vily je volba výběru nového zdroje tepla, kde hrají významnou roli různá kritéria. Hlavními kritérii jsou pořizovací a následně provozní náklady, životnost, provoz a uživatelský komfort. Dále je důležité respektovat specifické podmínky této budovy. Cílem je navrhnout systém, který bude cenově přijatelný, vyhovovat uživateli a okrajovým podmínkám. Z důvodu velké tepelné ztráty objektu nás bude především zajímat cenová návratnost zdroje vytápění.

V řešeném území jsou dostupné tyto obnovitelné zdroje. Jedná se o energii ze země, vody, vzduchu, větrnou energii, solární energii a biomasu. Další variantou jsou zdroje neobnovitelné. Budova je napojena na přípojku plynu, protože byla v minulosti tato energie využívána pro vytápění, tudíž je vhodné s této variantou počítat.

Vzhledem k umístění budovy v centru města a velké tepelné ztrátě objektu nelze počítat s možností větrné energie. Dalším omezením je rychlost větru, která by pro maximální výkon měla dosahovat optimální rychlosti 14 m/s [4], což nelze v našich podmínkách dosáhnout.

V řešeném území se nenachází žádná vodní plocha, tudíž lze vodní energii také vyloučit. Dalším zdrojem, který můžeme vyloučit je solární energie. Investor si nepřeje mít žádné solární panely na svém pozemku a střecha objektu je velice členitá. Další variantou je kotel na biomasu. V objektu jsou všechna komínová tělesa v nevyhovujícím stavu a vedle technické místnosti není další místnost, kde by mohlo být uskladněné palivo.

V úvaze zůstaly tyto dostupné možnosti zdroje vytápění viz schéma na Obrázku 17.



Obrázek 17 - Možnosti energie

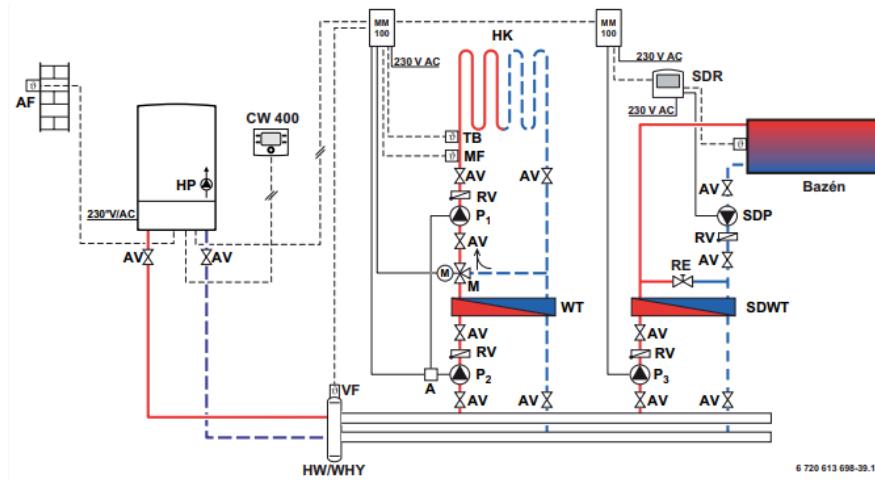
6.1.1 Zemní plyn

Zemní plyn patří do neobnovitelných zdrojů, avšak na Zemi ho je prozatím dostatek. Ze statistických údajů vyplývá, že v roce 2014 odebíralo zemní plyn 2,9 mil. odběratelů na území České republiky. [5] Je charakteristický vysokou účinností a výhřevností, která dosahuje 34MJ/m^3 . Zemní plyn se skládá z methanu, vyšších uhlovodíků a inertních plynů.[6] Při vzniku tepla dochází téměř k dokonalému spalování plynu, ať nedochází k zatěžování a znečišťování ovzduší. Při srovnání zemního plynu s pevnými palivy má dvě zásadní výhody. Má lepší výhřevnost a neznečišťuje ovzduší.

Plynové kotle dělíme na stacionární (na zemi) a zavěšené. Stacionární kotle se zejména využívají v kotelnách pro dosažení větších výkonů. Naopak zavěšené kotle se aplikují v bytech nebo menších domácnostech pro dosažení menších výkonů. Dále lze plynové kotle rozdělit na nízkoteplotní a kondenzační.

6.1.1.1 Nízkoteplotní kotel

Nízkoteplotní kotel je schopen pracovat s přírodní vodou, u které se teplota pohybuje v rozmezí 35 až 40 °C. Nejvíce se využívá u podlahového vytápění, kde by se měla povrchová teplota pohybovat ideálně mezi 28 až 32 °C. V místech, kde protéká teplotněná látka musí být kotel proveden z materiálů, který je odolný proti korozi. Takto odolná konstrukce umožňuje vychladit spaliny i pod 100 °C. Většinou se jedná o litinové článkové kotle. V kotli může docházet za určitých podmínek ke kondenzaci a hrozí již zmíněný vznik koroze.[7]



Obrázek 18 - Schéma zapojení plynového kotle [8]

6.1.1.2 Kondenzační kotel

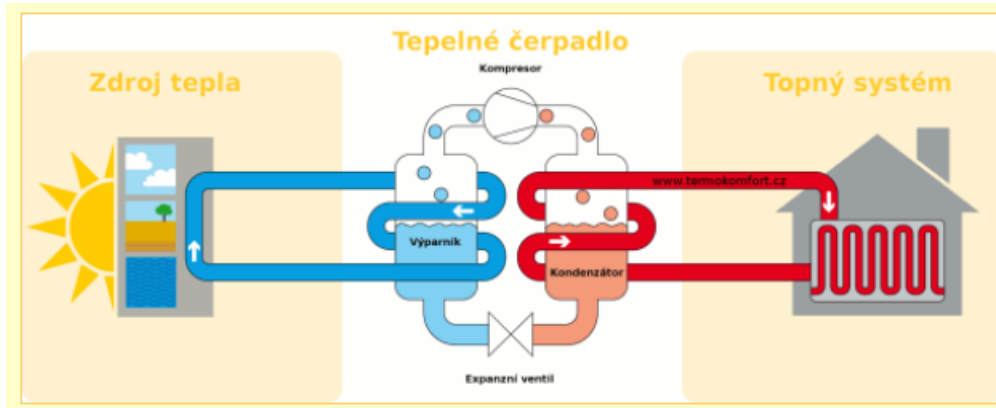
V kondenzačním kotli dochází ke kondenzaci vodní páry ve spalinách. Teplo ve spalinách nejde komínem ven, ale je právě kotlem využito dále. U jiných topných systému se toto teplo dále nevyužije. Princip spočívá v tom, že vratná voda z vytápěného systému, která jde zpět do kotle se přehřeje pomocí teploty od spalin, které se tímto zároveň ochlazují. Teplota spalin se pohybuje od 40 do 90 °C. Kotel optimálně pracuje s teplotou vratné vody, která se pohybuje kolem 55 °C. Účinnost těchto kotlů dosahuje 98 %, zbývající 2 % se ztratí spalinami, sáláním kotle a odvodem kondenzátu. Při tomto zdroji tepla lze dosáhnout velmi vysokého využití energie obsažené v plynu. [9]

6.1.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou v dnešní době nejpoužívanější zdroj tepla na vytápění a zároveň na chlazení. Využívá se nejen v novostavbách, ale i při rekonstrukci starých budov. Velkou výhodou tepelného čerpadla je, že ekologicky neznečišťuje ovzduší, ale využívá obnovitelné zdroje energie. Jedná se o neomezené množství tepla využívaného ze země, vzduchu a vody.

Tepelné čerpadlo funguje ve 4 fázích. V první fázi dochází k ohřátí chladiva od okolního vzduchu, vody nebo podzemní energie. Chladivo změní svoje skupenství z kapalného do skupenství plynného. V druhé fázi obsahuje chladicí médium získanou tepelnou energii, která je stále v plynném stavu. V kompresoru se toto médium stlačí na vysoký tlak a dojde ke zvýšení jeho teploty. Ve třetí fázi se pomocí tzv. kondenzátoru (výměníku tepla) tepelná energie odevzdá do topného systému. Tím dojde ke snížení teploty chladiva a ke kondenzaci.

V poslední fázi se chladicí médium nachází znovu v kapalném stavu. V expanzním ventilu dojde ke ztrátě potřebného tlaku a teploty, čímž teplotní hladina chladicího média klesne pod teplotu zdroje tepla. Ve výparníku se takto může začít opakovat celý princip znovu. Tímto lze získat až 75 % tepelné energie zdarma z přírodního zdroje. Zbýlou část tvoří elektrická energie. [10]



Obrázek 19 - Princip funkce tepelného čerpadla [11]

Topný faktor (COP) nám ukazuje jaká je účinnost tepelného čerpadla. Je to poměr mezi výstupním výkonem a vstupním příkonem tepelného čerpadla. Čím vyšší bude topný faktor, tím budou menší náklady na provoz tepelného čerpadla. Dobrého topného faktoru lze dosáhnout tím, že teplota výstupní vody bude nižší, než je teplota zdroje. Z tohoto důvodu je vhodné instalovat tepelná čerpadla pro velkoplošného podlahové vytápění, protože jim stačí nižší teplota než teplota radiátorům. Optimální topný faktor je od 2,5 do 5. [12] Tato hodnota je ovlivněna podmínkami, ve kterých tepelné čerpadlo pracuje.

Druhy tepelných čerpadel:

- Vzduch/voda

Čerpadlo pracuje podle teploty venkovního vzduchu. Čím vyšší bude venková teplota vzduchu, tím bude větší výkon tepelného čerpadla. Využívá se pro vytápění a ohřev teplé vody v domácnosti. Zařízení je schopné efektivně pracovat až do $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. [13] Druhou variantou je využít odpadní vzduch z větracího potrubí, který se čerpadlem ochladí a opět se využije.

- Voda/voda

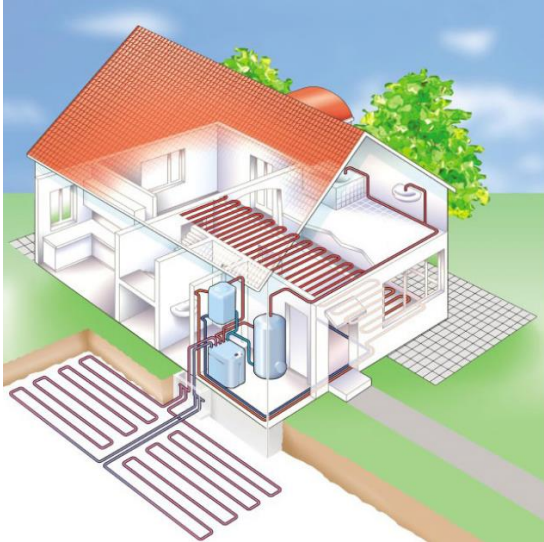
Podmínkou pro tento typ tepelného čerpadla je mít dvě studny, které by měli být od sebe vzdáleny zhruba 15 m. Jedná plní funkci zdroje a druhá vsakování. Principem je přečerpávaná vody do výměníku čerpadla, kde dochází k ochlazení vody a potom se voda vrací před vsakovací studnu zpět do země. Studna musí mít velkou vydatnost vody nejméně $0,5\text{ l/s}$ ($40\ 000\text{ l/den}$). [14] Pokud je toto čerpadlo napojené na geotermální vodu, tak se jedná o nejlepší podmínky. Tato voda může dosahovat teplot až $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. [14] Tepelné čerpadlo voda/voda může využít odpadního tepla z průmyslu.

- Vzduch/vzduch

Systém vzduch/vzduch ohřívá vnitřní vzduch přímo bez topného systému. Díky tomu dosáhne vyššího topného faktoru, než ostatní tepelná čerpadla. Jedná se nejlevnější variantu tepelného čerpadla. [15]

- Země/voda

Tento typ čerpadla není závislý na venkovní teplotě vzduchu, jeho výkon je po celý rok stabilní. Čerpadlo má díky stabilnímu výkonu velké úspory. Jeho životnost je ze všech druhů čerpadel nejdelší a celý jeho systém je velice spolehlivý. Jeho nevýhodou je náročnější instalace, při kterých se musí provést zemní práce. Abychom mohli čerpat teplo ze země musíme udělat geotermální vrt nebo plošný kolektor. [16]



Obrázek 20 - Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem [17]

6.2 Možné varianty vytápění

6.2.1 Varianta 1a - Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem

Hlavním prvkem pro získání energie ze země je zemní kolektor, který odebírá teplo v hloubce 1,5 až 2,0 m. Jedná se o plastové potrubí s nemrznoucí směsí. Plastové trubky jsou od sebe vzdáleny přibližně 1 metr. Druhou variantou je potrubí v tzv. slinkách (spirále), které je tvořeno ze smyček. Ukládají se do 0,9 metrů širokých výkopů, jenž jsou od sebe vzdáleny 5 metrů. Nevýhodou plošného kolektoru jsou výkopové práce, které podstatně zvyšují pořizovací náklady. Na plošný kolektor mají vliv změny venkovních teplot, které způsobují teplotní výkyvy během roku. [18]

6.2.2 Varianta 1b - Tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem

Optimální hloubka vrtů se pohybuje od 100 do 150 metrů. Při extrémních podmínkách se dá vrt realizovat až do hloubky 300 metrů. Rozestup mezi jednotlivými vrty by měl tvořit minimálně 10 % jejich navrhované délky. Vrty se obvykle navrhují v liniové řadě. Vrty se provádí o průměru 125 až 165 mm. Do takto připravených vrtů se aplikují dvousmyčkové systémy z potrubí, které je o průměru 32 mm (DN 25) nebo 40 mm (DN 32). Systém se dělí čerpadlo do 30 kW nebo nad 30 kW výkonu. Pokud je výkon nad 30 kW musí se striktně dodržovat specifické podmínky. [19]

6.2.3 Varianta 2 - Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda mají výhodu snadné instalace, protože odpadávají zemní práce a tím pádem jsou pořizovací náklady mnohem menší. Výkon tepelného čerpadla je závislý na venkovní teplotě vzduchu. Čím vyšší bude venkovní teplota, tím se zvýší výkon, naopak klesá-li teplota vzduchu, klesá výkon. Aby tepelné čerpadlo nemuselo pokrýt celkovou tepelnou ztrátu objektu, tak se přidá doplňkový (bivalentní) zdroj tepla. Většinou se jedná o elektrokotel. Proto je možné navrhovat tepelné čerpadlo vzduch/voda na 50 % až 80 % výkonu, protože zbylou část výkonu pokryje elektrokotel. Toto nastává v zimním období, pokud venkovní teplota klesne pod $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento druh tepelného čerpadla se dělá ve dvou provedení. První se skládá ze dvou jednotek, z jednotky vnitřní a jednotky venkovní. Druhá varianta je tzv. monoblok, kdy se celá jednotka nachází, buď venku nebo uvnitř objektu. [20]



6.2.4 Varianta 3 - Plynový kondenzační kotel

Jak už lze vyčíst z názvu jedná se o kotel, ve kterém kondenzuje vodní pára. Jeho výhodou je vysoká účinnost, nízké pořizovací i provozní náklady, snadná instalace. Pro instalaci plynového kotle je nezbytné, aby řešený objekt byl napojený na přípojku plynu a měl komínové těleso pro odtah spalin z kotle. Historická vila obě podmínky splňuje, v minulosti byla právě vila vytápěna plynovými kotly.

6.3 Vyhodnocení možných variant vytápění

6.3.1 Varianta 1 – TČ země/voda

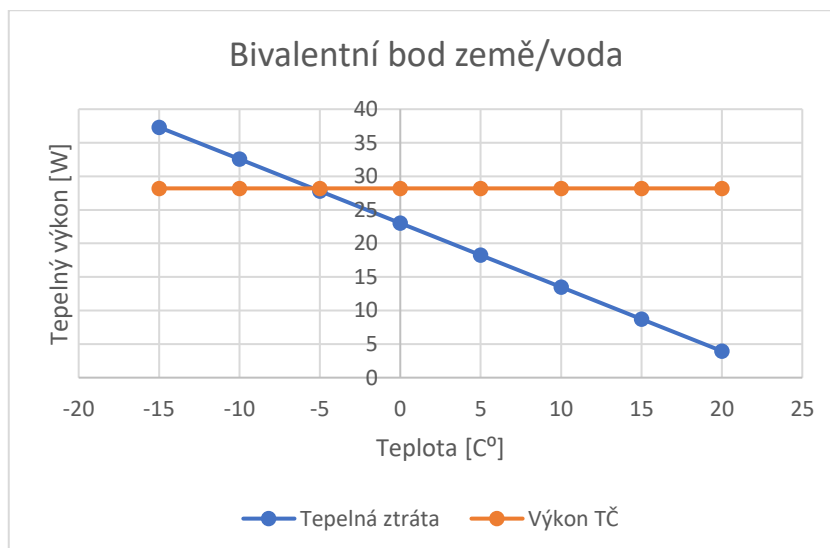
Optimální výkon tepelného čerpadla země/voda by měl pokrýt 55 až 75 % celkové tepelné ztráty objektu. [21] Vila je vytápěna kombinací podlahového vytápění a radiátory s nízkým teplotním spádem 40/35 °C. Na základě vhodného pokrytí tepelné ztráty objektu viz. Tab.19 navrhuji tepelné čerpadlo země/voda AquaMaster-75Z s teplotním spádem 0-45 °C, technické údaje viz. technický list Příloha 3

Tepelná ztráta objektu		
100%	75%	55%
[kW]	[kW]	[kW]
37,02	27,77	20,36

Tabulka 18 - Optimální výkon tepelného čerpadla země/voda

Stanovení bivalentního bodu:

Výkon tepelného čerpadla je konstantní, nemění se v závislosti na venkovní teplotě. Po sestrojení grafu lze vyčíst, že při dosažení venkovní teploty -5,4 °C už tepelné čerpadlo země/voda nepokryje tepelnou ztrátu objektu a je nutné využít záložní zdroj, který je elektrokotel viz Graf 4. Výpočet viz. Příloha 3.



Graf 4 - Bivalentní bod tepelného čerpadla země/voda

6.3.1.1 Varianta 1a – TČ země/voda s plošným kolektorem

Potřebná velikost vrtu/plošného kolektoru



Podle geologické posudku, který byl v minulosti na pozemku provede se v řešení území nachází podloží, které je z muskovitických granitů (žuly). Jsou to hlubinné vyvěřelé horniny. Zisky z vrtu lze uvažovat 70 W/m a z plošného kolektoru 20 W/m². [22]

Chladicí výkon Q_{CH} se spočítá jako: $Q_{CH} = Q_T - P$ [23]

Hloubka vrtu H se rovná: $H = \frac{Q_{CH}}{q_{VRT}}$ [23]

Výkon TČ	Příkon TČ	Chladicí výkon TČ	Topný faktor	Zisk vrtu	Potřebná hloubka vrtu
Q_T 0/45	P	Q_{CH}	COP	q_{VRT}	H
[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[W/m]	[m]
28,2	6,8	21,4	4,1	70	306

Tabulka 19 - Potřebná hloubka vrtu

6.3.1.2 Varianta 1b – TČ země/voda s hloubkovým vrtem

Potřebná plocha pro zemní kolektor se spočítá jako: $S = \frac{Q_{CH}}{q_{KOL}}$ [23]

Celková plocha pro aplikaci plošného kolektoru je 1070 m² viz. Tab. 21. Z katastrální byla odměřena volná plocha, která by šla využít pro uložení plošného kolektoru. Tato hodnota činí 1760 m² viz. Obr.21. Varianta s kolektorem se jeví jako proveditelná.

Chladicí výkon TČ	Zisk z plošného kolektoru	Potřebná plocha kolektoru
Q_{CH}	q_{KOL}	S
[kW]	[W/m ²]	[m ²]
21,4	20	1070

Tabulka 20 - Potřebná plocha kolektoru



Obrázek 21 - využitelná plocha pro plošný kolektor [24]



6.3.2 Varianta 2 – TČ vzduch/voda

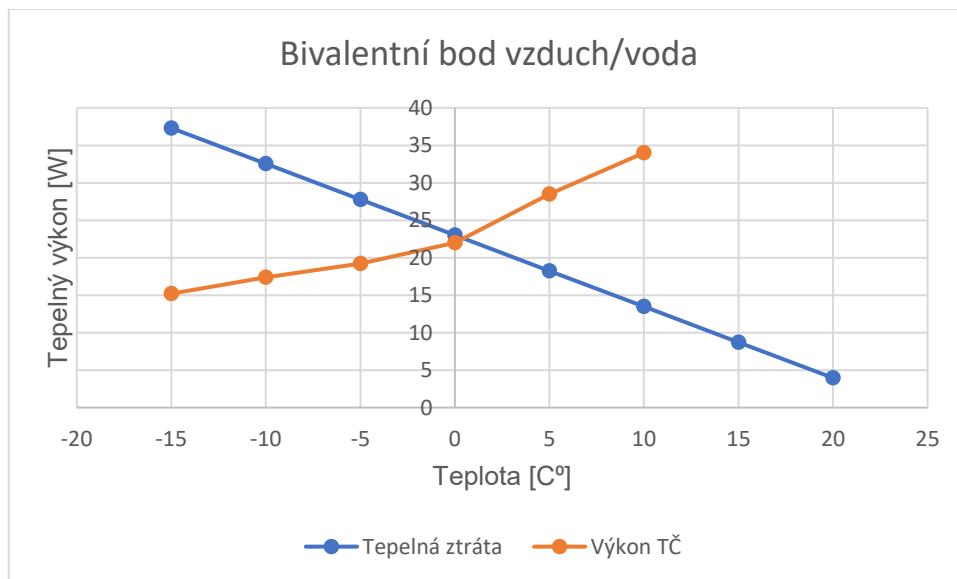
Vhodná velikost tepelné čerpadla vzduch/voda by se měla pohybovat v rozmezí 50% až 100% pokrytí tepelných ztrát objektu. [25] Z důvodu nevyužití bivalentního provozu, navrhuji pokrytí 95% celkové tepelné ztráty objektu viz. Tab. 22. Navrhuji tepelné čerpadlo BoxAir 60l, bližší specifikace viz. technický list Příloha 3. Jedná se tepelné čerpadlo, které disponuje výkonem 22,3 kW.

Tepelná ztráta objektu		
100%	75%	50%
[kW]	[kW]	[kW]
37,02	27,77	18,63

Tabulka 21 - Optimální výkon tepelného čerpadla vzduch/voda

Stanovení bivalentního bodu:

Výkon tepelného čerpadla není konstantní, mění se v závislosti na venkovní teplotě. Po sestrojení grafu lze vyčíst, že při dosažení venkovní teploty +0,3 °C už tepelné čerpadlo vzduch/voda nepokryje tepelnou ztrátu objektu a je nutné využít záložní zdroj, který je elektrokotel viz Graf 4. Výpočet viz. Příloha 3.



Graf 5 - Bivalentní bod tepelného čerpadla vzduch/voda

6.3.3 Varianta 3 – Plynový kondenzační kotel

Plynové kotle se navrhují na tzv. přípojnou hodnotu tj. vyšší z hodnot Q_{PRIP} .

$$Q_{PRIP,1} = 0,7 \cdot Q_{VYT,h} + 0,7 \cdot Q_{VET,h} + Q_{TV,h} + Q_{BAZÉN}$$

$$Q_{PRIP,2} = Q_{VYT,h} + Q_{VET,h}$$

$$Q_{PRIP} = \max(Q_{PRIP,1}; Q_{PRIP,2})$$

$$Q_{PRIP,1} = 0,7 \cdot 32,88 + 0 + 1,31 + 2,83 = 27,16 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP,2} = 32,88 + 0 = 32,88 \text{ kW}$$

$$Q_{PRIP} = \max(27,16; 32,88) = 32,88 \text{ kW}$$



Navrhují plynový kondenzační kotel VAILLANT se zásobníkovým ohřevem teplé vody, bližší specifikace viz. technický list Příloha 2. Jedná se o zavěšený plynový kotel, kterým lze redukovat výkon kotle v celém ročním období.

6.4 Pořizovací a investiční náklady

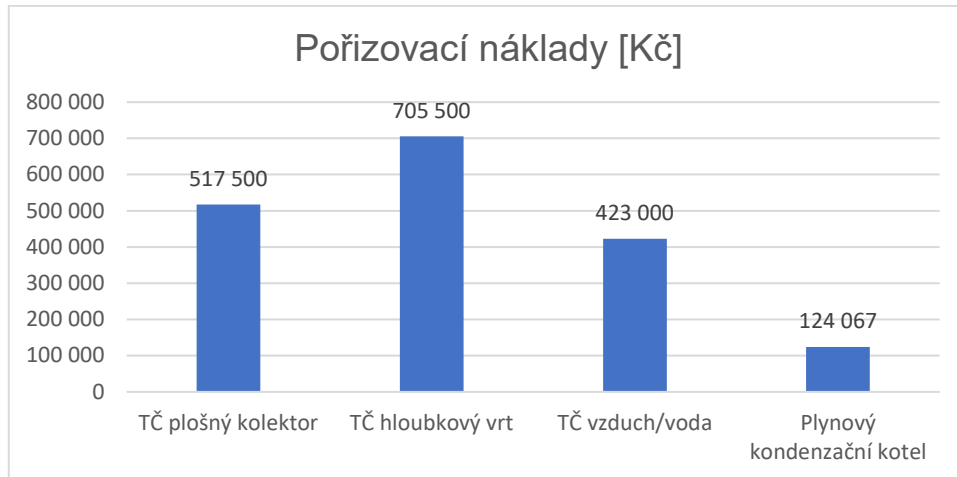
V tabulce 23 můžeme vidět porovnání pořizovacích a provozních nákladů jednotlivých možností vytápění objektu. Součástí pořizovacích nákladů jsou veškerá potřebná zařízení (zdroj tepla, (tepelné čerpadlo nebo plynový kotel), zásobník TUV, expanzní nádoba, armatury a ventily atd.), montáž a projekční práce. [26] [27] Pořizovací náklady na jednotlivé zdroje byly vyčísleny na základě podání nabídky. Podrobný výpis cen jednotlivých položek je uveden viz Příloha 2,3. V těchto přílohách jsou také spočítány provozní náklady jednotlivých zdrojů. V provozních nákladech je započítána pouze cena za provoz daného zdroje. U tepelných čerpadel je uvažována cena za 1kWh = 2,2 Kč a u plynového kondenzačního kotle je uvažovaná cena za 1m³ plynu = 14,52 Kč. Veškeré provozní náklady jsou spočítány s určitou odchylkou. Do provozních nákladů nejsou započítány žádné revize ani žádné opravy jednotlivých zařízení. Dále není uvažováno s růstem nebo naopak se snížením cen za elektřinu a plyn. Ceny se do budoucna dají těžko předpovídat, ale je velmi pravděpodobné, že pokud vzroste cena elektřiny, tak vzroste cena plynu.

U tepelného čerpadla vzduch/voda je problém s nestabilním výkonem a topným faktorem, tyto hodnoty se mění v závislosti na venkovní teplotě. U provozních nákladů tepelného čerpadla s plošným kolektorem jsou z důvodu zjednodušení uvažovány náklady čerpadla s hloubkovým vrtem, jelikož by byly tyto náklady mnohem vyšší, z důvodu méně stabilního topného faktoru v otopné sezóně. Spotřeba elektrické energie by tak byla větší. Data potřeby tepla na vytápění byly spočítány na základě průměrná teploty pro Karlovarský kraj z dlouhodobého normálu 1981-2010. [28]

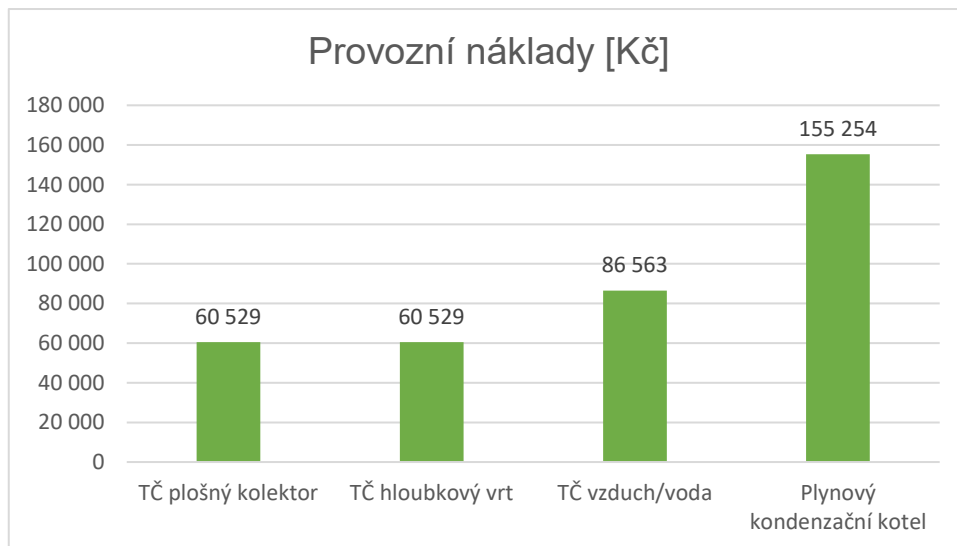
Varianta	V1a	V1b	V2	V3
Název	TČ plošný kolektor	TČ hloubkový vrt	TČ vzduch/voda	Plynový kondenzační kotel
Pořizovací náklady [Kč]	517 500	705 500	423 000	124 067
Provozní náklady za rok [Kč]	60 529	60 529	86 563	155 254

Tabulka 22 - pořizovací a provozní náklady jednotlivých variant

Nejlevnější variantou na provoz se podle výpočtu viz. Tabulka 23 jeví tepelné čerpadlo země/voda, ale zároveň jsou jeho pořizovací náklady několikrát vyšší než varianta plynového kondenzačního kotle. Plynový kondenzační kotel má nejmenší pořizovací náklady, ale za jeden rok jsou jeho provozní náklady dvakrát vyšší než provozní náklady tepelného čerpadla země/voda. Tepelné čerpadlo vzduch/voda má o něco nižší pořizovací náklady, než tepelné čerpadlo země/voda, ale jeho spotřeba elektřiny je vyšší. Další nevýhodou je nestabilní výkon a topný faktor v otopné sezóně. Z dlouhodobého hlediska se jeví jako nejlepší varianta tepelného čerpadla země/voda. Toto čerpadlo má velkou výhodu díky svému vysokému a stabilnímu topnému faktoru po celý rok. Pozemek je dostatečně velký, a tak umožňuje instalace plošného kolektoru nebo hloubkový vrt.



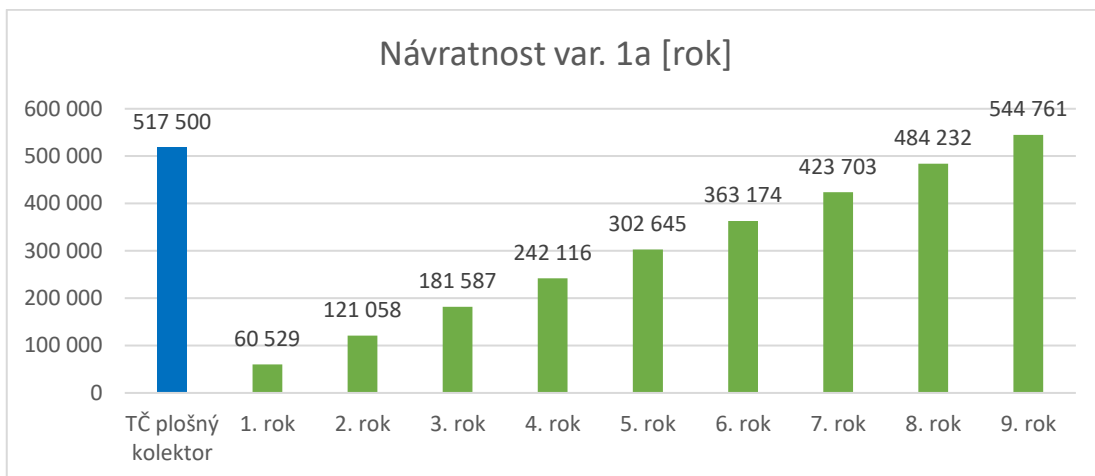
Graf 6 - Porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant



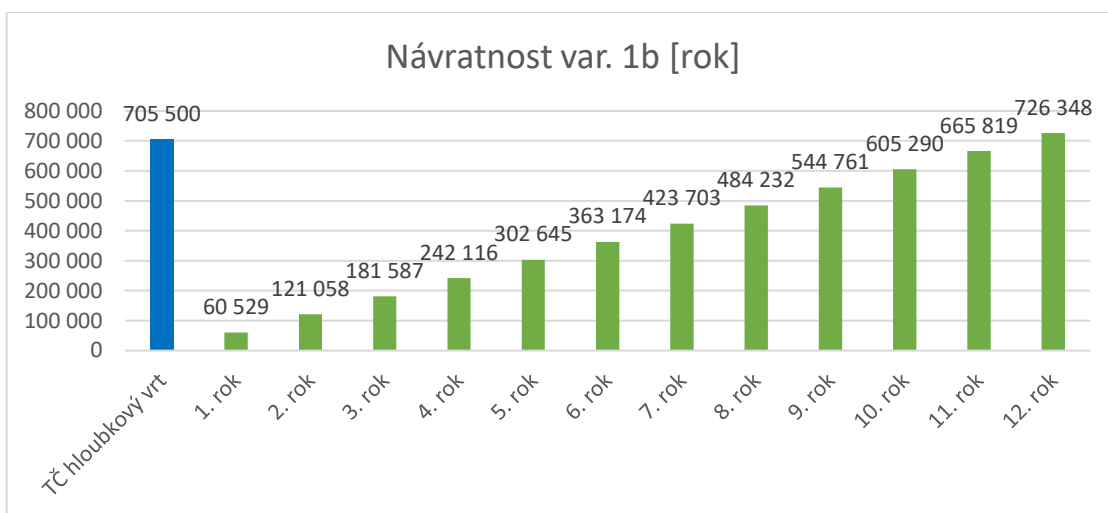
Graf 7 - Porovnání provozních nákladů jednotlivých variant

6.5 Porovnání návratnosti jednotlivých variant

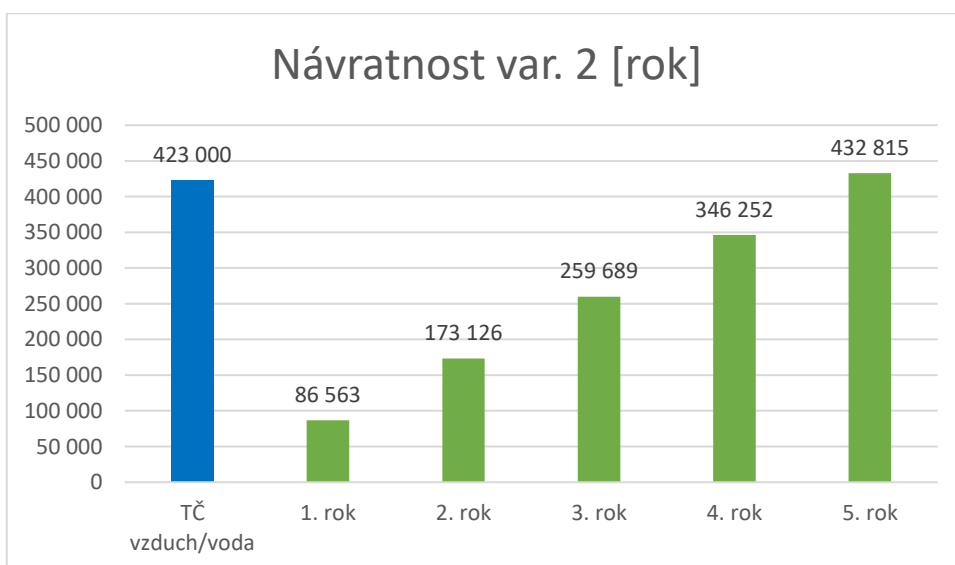
Z grafů 8 až 11 lze vyčíst, že nejrychlejší návratnost se jeví u plynového kondenzačního kotle. Je to důsledek nízké pořizovací ceny a vysokých provozních nákladů. Z dlouhodobého pohledu je tato varianta na provoz nepřijatelná. Obě varianty tepelného čerpadla země/voda mají nejvyšší pořizovací náklady, ale zároveň na provoz jsou náklady nejnižší. Návratnost u TČ s plošným kolektorem je po osmi a půl letech a u TČ s hloubkovým vrtem je návratnost po jedenáctém roce. Tepelné čerpadlo vzduch/voda má nižší pořizovací náklady než TČ země/voda, ale náklady na jeho provoz jsou o 30% vyšší.



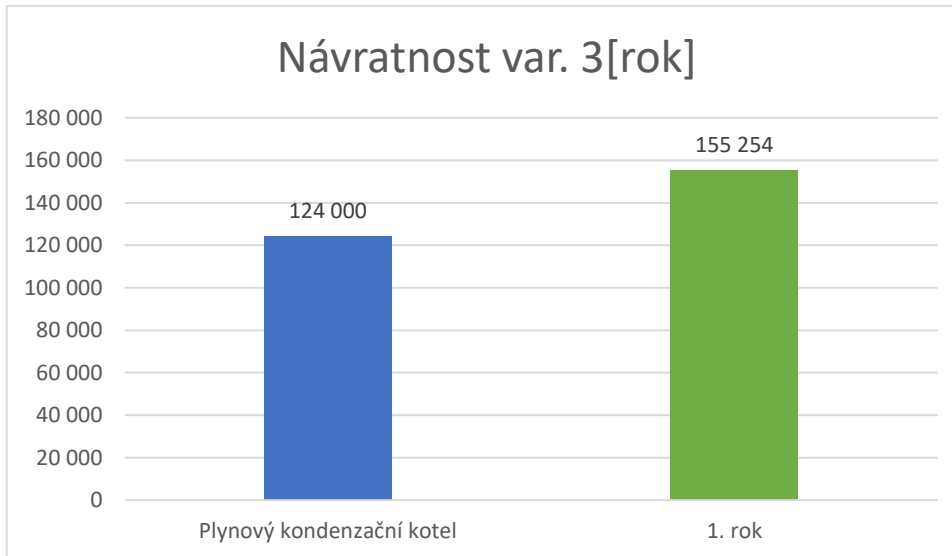
Graf 8 - Návratnost TČ země/voda s plošným kolektorem



Graf 9 - Návratnost TČ země/voda s hloubkovým vrtem



Graf 10 - Návratnost TČ vzduch/voda



Graf 11 - Návratnost plynového kondenzačního kotle

6.5 Vyhodnocení jednotlivých variant po 20 letech provozu

V tabulce 24 lze vidět jaké jsou celkové náklady po 20 letech provozu. V provozních nákladech nejsou započítány žádné kontroly ani revize jednotlivých zdrojů tepla. Jedná se o malé částky, které by v tomto vyhodnocení hrály poměrně zanedbatelnou roli. Obecně se uvádí, že tepelná čerpadla a plynové kotle mají životnost po dobu 20 let, proto je vyhodnocení provedeno na provoz po dobu 20 let, ve kterých se nepočítá s žádnou výměnou ani opravou zařízení. V případě tepelného čerpadla vzduch/voda je životnost nižší o zhruba 30 %. Velkou roli jednotlivých zdrojů hraje počet odpracovaných motohodin, při kterých je kompresor v zátěži. U plynového kotle se to odvíjí od počtu startovacích cyklů, obvyklá životnost se pohybuje kolem 15 až 20 let.

Při porovnání provozu po 20 letech lze vyloučit variantu plynového kondenzačního kotle, protože jen za jeho provoz bychom zaplatili o 1 894 500 Kč více než s TČ země/voda. Tepelné čerpadlo vzduch/voda má nižší pořizovací náklady o 94 500 Kč při porovnání s TČ země/voda s plošným kolektorem a má nižší pořizovací náklady o 282 500 Kč při porovnání s TČ země/voda s hloubkovým vrtem. Naopak náklady na provoz jsou o 520 680 Kč vyšší než u TČ země/voda. TČ vzduch/voda má celkové náklady vyšší 238 180 Kč a 426 180 Kč než TČ země/voda s hloubkovým vrtem, respektive TČ země/voda s plošným kolektorem. Dalším nepříznivým faktorem jsou již výše zmiňované nevýhody TČ vzduch/voda. Jedná se o nižší životnost, a především nestabilní topný faktor, který je závislý na venkovní teplotě vzduchu.

Po vyřazení variant TČ vzduch/voda a plynového kondenzačního kotle, se budeme rozhodovat mezi TČ země/voda s plošným kolektorem a hloubkovým vrtem. Cenový rozdíl je pouze v pořizovacích nákladech 188 000 Kč. Obě varianty mají stabilní topný faktor. Vzhledem k rozsahu potřeby velké plochy pro vybudování plošného kolektoru, který by měl zabrat plochu 1070 m², mi přijde tato varianta řešení méně vhodná. Majitel pozemku by na této ploše nemohl nikdy nic vykopat a vybudovat. Jedná se například o venkovní bazén a další drobné stavby. Nejvhodnější varianta na výkon, provoz a instalaci se jeví tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem, kde jsou jeho náklady na provoz nejvyšší, ale má spousta již výše zmiňovaných výhod pro výrobu tepla řešeného objektu.

Po uvážení všech výše zmiňovaných faktorů a důvodů jsem se rozhodl vybrat zdroj tepla tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem.



Varianta	Pořizovací náklady [Kč]	Provozní náklady [Kč]	Celkem pořizovací a provozní náklady [Kč]
TČ plošný kolektor	517 500	1 210 580	1 728 080
TČ hloubkový vrt	705 500	1 210 580	1 916 080
TČ vzduch/voda	423 000	1 731 260	2 154 260
Plynový kondenzační kotel	124 000	3 105 080	3 229 080

Tabulka 23 - Pořizovací a provozní náklady po 20 letech provozu

7. Možnosti větrání

Větrání a přívod čerstvého venkovního vzduchu zajišťují zdravé bydlení. Kvalita výměny vzduchu v objektu má velký vliv pro náš organismus. Lze tím předcházet různým zdravotním problémům v souvislosti s onemocněním dýchacích cest. Kvalitu vnitřního prostředí ovlivňuje mnoho faktorů, jedná se například o částice plynů a par, mikrobi, ionty a tepelně vlhkostní stav. Dostatečným větráním jsme schopni redukovat vlhkost v interiéru a tím předcházet zdravotním problémům, které by mohly vzniknout. Správným a dostatečným větráním, lze eliminovat kondenzaci, které by mohla nastat především v zimním období na vnitřní straně oken a tím snížíme riziko vzniku plísní v objektu.

7.1 Systémy větrání

Přirozené větrání:

Je založeno na účinku vztakové proudění mezi interiérem a exteriérem o rozdílné teplotě vzduchu a působením větru. Při působení větrů spočívá princip v tom, že vzduch proudí budovou ve směru od návětrné na závětrnou stranu objektu. Přirozené větrání se dělí na infiltraci a provětrávání.

Nucené větrání:

Jedná se o řízené větrání pomocí ventilátoru.

Hybridní větrání:

Jedná se o sloučení přirozeného a nuceného větrání, kde se většinou používá nucený odtah vzduchu a přirozený přívod vzduchu okny a dveřmi.

7.2 Odvod vzduchu

Dalším prvkem pro zajištění kvalitního větrání je odvod znečištěného vzduchu z místnosti. Znečištěný vzduch obsahuje různé pachy, vlhkost, škodliviny vzniklé při vaření a jiných domácích činnostech. Jedná se o odvod vzduchu z kuchyně a hygienického zázemí. Průtok odváděného vzduchu při trvalém větrání se rovná průtoku přiváděnému vzduchu, který je stanoven pomocí intenzity větrání. Odvádění vzduchu z obytných místností se většinou provádí přes hygienické zázemí. Odsátý vzduch lze nahradit zvýšením přívodu vzduchu větrací jednotkou nebo přísáváním pomocí větracích otvorů. [29]

7.3 Požadavky na větrání

Požadavky na větrání obytných místností jsou stanoveny normo ČSN EN 15665/Z1. Přívod venkovního vzduchu je stanoven pomocí intenzity větrání. Intenzita větrání je poměr objemového průtoku přiváděného vzduchu, venkovního vzduchu k objemu vnitřního větraného



vzduchu. Minimální intenzita větrání je podle normy ČSN EN 15665/Z1 stanovena hodnotou $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných místnostech a kuchyních. Pro zajištění vyšší kvality přívodu čerstvého vzduchu se doporučuje intenzita větrání $0,5$ až $0,7 \text{ h}^{-1}$. [29]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h^{-1}]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{os})$]	Kuchyně [m^3/h]	Koupelny [m^3/h]	WC [m^3/h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tabulka 24 - Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [29]

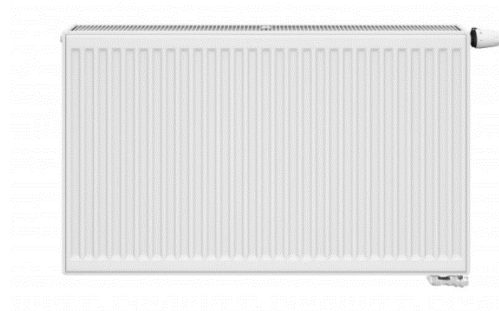
8. Návrh otopného systému

Kompletní návrh otopného systému byl navržen a spočítán včetně tepelných ztrát v programu RAUCAD/TechCON. Podrobný výpočet tepelných ztrát je uveden v Příloze 1.

8.1 Návrh otopných těles v obytných místnostech

Pomocí výstupu jednotlivých tepelných ztrát místností z programu RAUCAD/TechCON byly navrženy velikosti a výkon jednotlivých otopných těles.

Vzhledem k velikosti a daným možnostem jsou ve všech obytných místnostech navržena otopná desková tělesa Korado RADIK VK s pravým nebo levým dolním připojením. Tělesa jsou umístěna ve většině případech pod okna, aby mohla ohřívat ochlazený venkovní vzduch, který je přiveden nasávacími štěrbinami v horní části okenního rámu do místností. Ve všech koupelnách jsou navrženy otopné žebříky Karalux Linear Comfort s krajním připojením. Vzhledem k velkým tepelným ztrátám jednotlivých místností budou ve všech koupelnách přidána další otopná tělesa Korado RADIK VK. První i druhé nadzemním podlaží bude v koupelnách bude přidáno podlahové vytápění. V 1. nadzemním podlaží je vytápění řešeno kombinací podlahovým vytápěním a otopnými tělesy. V dalších nadzemních podlažích jsou pouze otopná tělesa kromě místnosti 2.04 – Koupelna + WC.



Obrázek 23 - Deskové otopné těleso Korado RADIK VK [30]



Obrázek 22 - Žebříkové otopné těleso Koralux Linear Comfort [31]



Bilance otopných těles					
Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Výrobek	Teplotní spád [C°/C°]	Celkový výkon [W]	Průtok [kg/h]
OKRUH 1					
-1.02	115	RADIK 22 VK (600/400)	40/35	165	28,5
1.01	515	2x RADIK 22 VK (600/700)	40/35	578	99,6
1.02	494	RADIK 22 VK (600/1200)	40/35	496	85,4
1.03	720	2x RADIK 22 VK (600/700)	40/35	410	70,4
		RADIK 22 VK (600/500)	40/35	146	25,2
		KORALUX LINEAR COMFORT (1800/700)	40/35	234	40,4
2.01	956	RADIK 22 VK (600/800)	40/35	331	57,0
		RADIK 22 VK (600/1600)	40/35	661	113,9
2.02	806	RADIK 22 VK (600/1200)	40/35	496	85,4
		RADIK 22 VK (600/800)	40/35	331	57,0
2.03	504	RADIK 22 VK (600/900)	40/35	520	89,7
2.04	746	2x RADIK 22 VK (600/900)	40/35	526	90,6
		KORALUX LINEAR COMFORT (1800/700)	40/35	234	40,4
3.01	679	RADIK 22 VK (600/600)	40/35	248	42,7
		RADIK 22 VK (600/1100)	40/35	454	78,3
3.02	1052	RADIK 33 VK (700/1800)	40/35	837	144,3
		KORALUX LINEAR COMFORT (1800/700)	40/35	234	40,4
3.03	938	RADIK 22 VK (600/700)	40/35	289	49,8
3.07	338	RADIK 22 VK (600/900)	40/35	372	64,1
3.08	243	RADIK 22 VK (600/600)	40/35	248	42,7
Celkový výkon a průtok otopných těles				7810	1345,8

Tabulka 25 - Navržená otopná tělesa - okruh 1



Bilance otopných těles					
Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Výrobek	Teplotní spád [C°/C°]	Celkový výkon [W]	Průtok [kg/h]
OKRUH 2					
-1.05	510	KORAWALL WKP BL (600/2000)	40/35	300	52,1
		KORAWALL WKP BL (600/1400)	40/35	210	37,6
-1.06	203	KORALUX LINEAR COMFORT (1800/700)	40/35	234	40,4
1.04	1372	RADIK 22 VK (600/1100)	40/35	454	78,3
		RADIK 22 VK (600/2300)	40/35	950	163,8
1.05	87	RADIK 10 VK (600/800)	40/35	124	21,4
1.06	1204	3x RADIK 22 VK (600/1000)	40/35	1239	213,6
1.07	619	RADIK 22 VK (600/1600)	40/35	661	113,9
2.05	1763	RADIK 33 VK (600/800)	40/35	470	80,9
		RADIK 33 VK (600/2300)	40/35	1350	232,7
2.06	838	RADIK 33 VK (600/1600)	40/35	939	161,9
2.07	2608	2x RADIK 33 VK (600/1800)	40/35	2114	364,2
		RADIK 33 VK (600/1000)	40/35	587	115,2
2.08	1690	RADIK 33 VK (600/1600)	40/35	939	161,9
		RADIK 33 VK (600/1400)	40/35	822	141,7
3.03	938	RADIK 22 VK (600/1600)	40/35	661	113,9
3.04	486	RADIK 22 VK (600/1200)	40/35	496	85,4
3.05	1347	RADIK 22 VK (600/1800)	40/35	744	128,2
		RADIK 22 VK (600/1600)	40/35	661	113,9
3.06	573	RADIK 22 VK (600/1400)	40/35	578	99,7
Celkový výkon a průtok otopných těles				14533	2520,7

Tabulka 26 - Navržená otopná tělesa - okruh 2

Bilance podlahového vytápení										
Okruh*	Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Plocha topn. hada [m ²]	Rozteč [m]	Délka okruhu * [m]	Teplotní spád [C°/C°]	Teplota podlahy [C°]	Průtok [kg/h]	Max. rychlost [m/s]	Celkový výkon [W]
Okruh 3										
1	-1.02	262	2,0	0,1	23,4	40/30,7	26,3	69,37	0,15	138
2	-1.01	300	10,1	0,3	36,7	40/30,7	19,9	66,86	0,14	524
3	-1.05	970	15,1	0,15	117,2	40/30,7	31,0	93,13	0,20	453
4	-1.04	298	14,3	0,3	51,4	40/30,7	23,9	81,18	0,17	563
Celkový výkon a průtok otopných těles								310,5		1678

Tabulka 27 - navržené otopné plochy - okruh 3



Balance podlahového vytápění										
Okruh*	Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Plocha topn. hada [m ²]	Rozteč [m]	Délka okruhu* [m]	Teplotní spád [C°/C°]	Teplota podlahy [C°]	Průtok [kg/h]	Max. rychlost [m/s]	Celkový výkon [W]
Okruh 4										
1	1.03	2246	9,1	0,15	65	40/34,6	31,7	147,87	0,31	736
2			9,1	0,15	66,4	40/34,6	31,7	158,2	0,31	736
3	1.02	737	2,5	0,2	29,1	40/34,6	28,9	61,83	0,13	243
4	1.01	2070	13,4	0,2	79	40/34,6	24,8	109,44	0,23	665
5			15,4	0,2	83,9	40/34,6	24,8	124,46	0,26	762
6	1.07	1576	7,9	0,15	68,3	40/34,6	25,5	95,93	0,2	461
7			8,4	0,15	76,6	40/34,6	25,5	103,64	0,22	488
8	1.06	2806	16,5	0,2	92	40/34,6	24,7	121,88	0,26	801
9			16,5	0,2	95,6	40/34,6	24,7	122,57	0,26	801
10	1.05	755	12,6	0,2	67,9	40/34,6	24,9	121,92	0,26	639
11	1.04	2389	8,8	0,15	71,7	40/34,6	25,3	98,82	0,21	489
12			9,3	0,15	81,3	40/34,6	25,3	106,08	0,22	518
Celkový výkon a průtok otopných těles								1372,6		7339

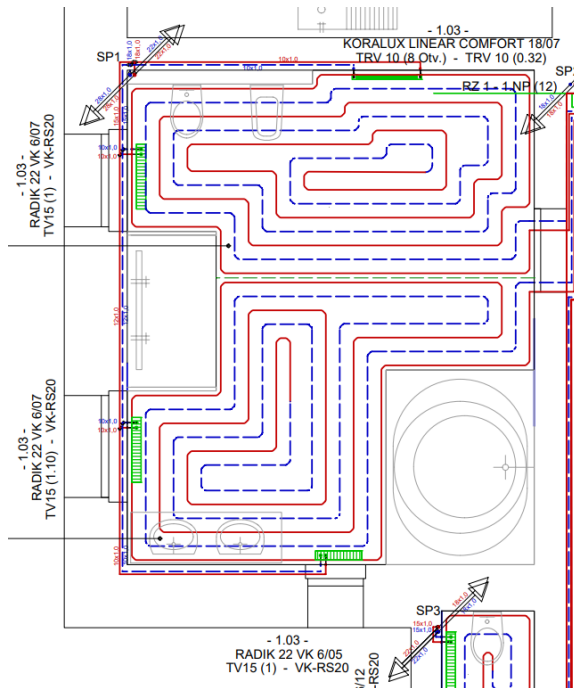
Tabulka 28 - navržené otopné plochy - okruh 4

Balance podlahového vytápění										
Okruh*	Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Plocha topn. hada [m ²]	Rozteč [m]	Délka okruhu* [m]	Teplotní spád [C°/C°]	Teplota podlahy [C°]	Průtok [kg/h]	Max. rychlost [m/s]	Celkový výkon [W]
Okruh 5										
1	2.04	2254	7,4	0,15	54,7	40/34,7	31,7	118,31	0,23	619
2			10,7	0,15	72,9	40/34,7	31,5	137,53	0,3	882
Celkový výkon a průtok otopných těles								255,84		1501

Tabulka 29 - navržené otopné plochy - okruh 5

8.2 Návrh otopných těles v koupelnách

Vzhledem k velkým tepelným ztrátám jednotlivých místností je ve všech koupelnách přidáno k otopným žebříkům další otopná tělesa Korado RADIK VK. Součástí místnosti koupelen v prvním i druhém nadzemním podlaží je podlahové vytápění, které z pohledu uživatele zvyšuje komfort této místnosti.



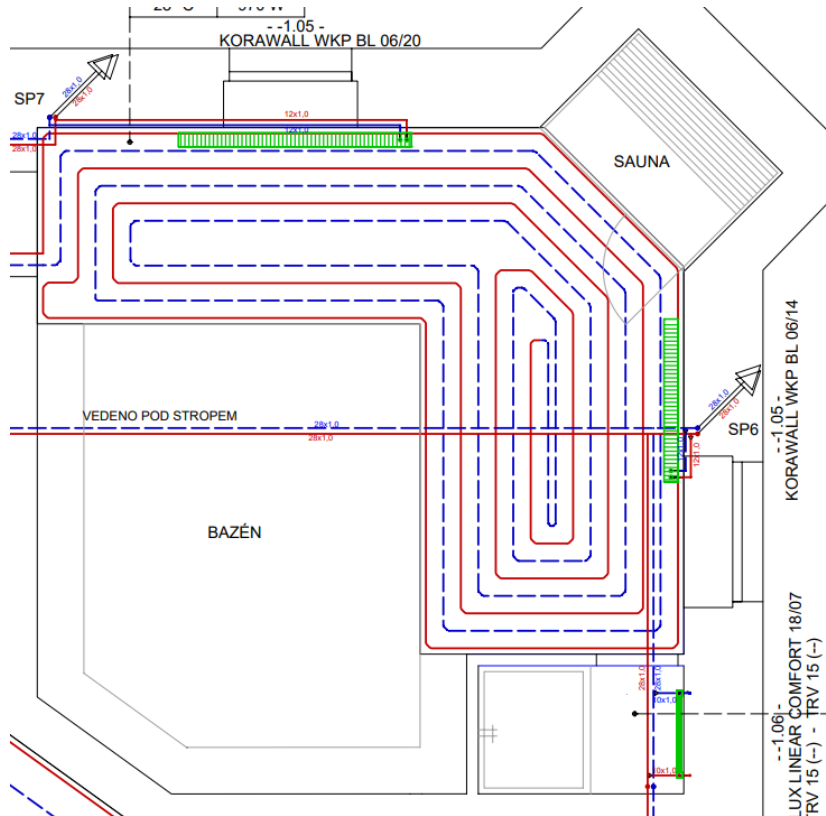
Obrázek 24 - Vytápění místnosti 1.03 Koupelna + WC (viz příloha 5, výkres 2)

8.3 Návrh vytápění místnosti s bazénem

Místnost -1.05 Bazén se nachází v prvním podzemním podlaží. Návrh vytápění bude proveden pouze na pokrytí tepelné ztráty prostupem. Tepelná ztráta větráním bude započítána do části VZT. V místnosti s bazénem je navrženo podlahové vytápění společně s konvektory, z důvodu velké tepelné ztráty místnosti, která bude vytápěna na 28 °C. Jsou navrženy dva stěnové konvektory, jenž budou umístěny pod okny, aby zamezily kondenzaci vody. Jedná se o nástěnné konvektory od firmy Korado typu Korawall WKP BL o rozměrech: hloubka 0,12 m, výška 0,6 m a délka 2,0 m (výkon 300 W) a 1,4 m (výkon 210 W). Tyto konvektory jsou určeny přímo do místností s vnitřním bazénem.

Bilance ohřevu vzduchu				
Místnost	Minimální požadovaný výkon [W]	Výrobek	Teplotní spád [C°/C°]	Celkový výkon [W]
Okruh 6				
-1.05	888,8	DUPLEX DRH5	40/30	888,8

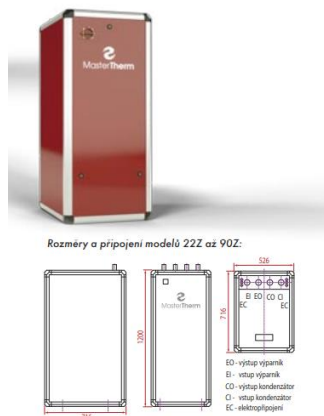
Tabulka 30 - Navržený výkon pro VZT jednotku (viz příloha 8)



Obrázek 25 - Vytápění místnosti -1.05 Bazén (viz příloha 5, výkres 1)

8.4 Návrh zdroje tepla

Po vyhodnocení několika variant na zdroj tepla byla vybrána varianta 1b – tepelné čerpadlo země/voda s hloubkovým vrtem. Konkrétně se jedná o tepelné čerpadlo země/voda AquaMaster-75Z, které má výkon 28,2 kW. Tepelné čerpadlo tvoří ucelený systém, jehož součástí je akumulční zásobník topné vody, zásobník na teplou užitkovou vodu, dále je napojena vzduchotechnická jednotka a ohřev teplé vody bazénu. Součástí systému je elektrokotel o výkonu 7,5 kW, který bude využíván v zimě, kdy budou teploty dosahovat hluboko pod bod mrazu a tepelné čerpadlo nedokáže pokrýt celou tepelnou ztrátu objektu. Ohřev teplé vody je zajištěn zásobníkem (bojlerem) o objemu 500 litrů. Na tento systém jsou přes rozdělovač a sběrač napojeny dva radiátorové okruhy, tří okruhy pro podlahové vytápění a jeden okruh pro vzduchotechnickou jednotku.



Obrázek 26 - Vnitřní jednotka tepelného čerpadla AquaMaster-75Z [32]



9. Návrh systému větrání

Celý objekt je větrán podtlakovým systémem, který se skládá z přívodu čerstvého vzduchu pomocí nasávacími štěrbin a prvků zajišťující odvod znehodnoceného vzduchu. Všechny prvky splňují požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1. Ve všech obytných místnostech jsou nainstalovány v nových oknech nasávací štěrbin, kterým zajišťují přísun čerstvého venkovního vzduchu a v místnostech sociálního zázemí jsou nainstalovány ventilátory, které zajišťují odtah vzduchu skrze obvodovou stěnu ven z objektu. Počet navrhovaných prvků pro přívod a odvod vzduchu viz projektová dokumentace.

V kuchyni je digestoř, která funguje na principu nuceného větrání a zajišťuje odvod vzduchu z místnosti.

V podzemních prostorech, kde se nachází místnost s bazénem a posilovna je navrženo rovnotlaké větrání s rekuperací tepla.

9.1 Prvky pro přívod čerstvého vzduchu

Existují dva druhy prvků pro přísun čerstvého vzduchu. Prvním jsou okenní štěrbin a druhým typem jsou prvky, které se instalují pod okno procházející skrze obvodovou konstrukci. Z důvodu zachování a nenarušení staré keramické fasády jsou navrženy pouze okenní větrací štěrbin, které zajistí dostatečný přívod vzduchu do obytných místností.

Okenní větrací štěrbin EHA² 11-35

Tento větrací prvek je součástí okenního rámu v jeho horní části. Okenní větrací štěrbin má v sobě zabudované čidlo, které měří vnitřní relativní vlhkost a pomocí klapky zajišťuje potřebný přísun vzduchu do jednotlivých obytných místností. Typ a přesný počet viz projektová dokumentace.

Větrací štěrbin se dá nastavit do třech poloh:

1. uzavřená (průtok 5 m³/h)
2. reakce na vlhkost
3. maximálně otevřená (průtok 35 m³/h)

Při silném větru nebo dešti se dá okenní štěrbin uzavřít a tím zamezit přísunu vzduchu. [33]

Výhody:

- jednoduchá montáž na okna dřevěná, plastová a hliníková
- otevírání štěrbin je závislé na vnitřní relativní vlhkosti
- nedochází k rosení oken a velkým tepelným ztrátám
- ochrana proti vzniku plísní
- esteticky nenaruší vzhled fasády
- štěrbin nepotřebuje zdroj elektrické energie, celý den automaticky upravuje vnitřní klima na potřebě větrání



Obrázek 27 - Okno s větrací štěrbinou (viz technický list, příloha 8) [33]



9.2 Prvky pro odvod znečištěného vzduchu

Prvky pro odvod z nevhodného vzduchu jsou umístěny v koupelnách, na toaletě a kuchyni. Jedná se o systém nuceného větrání, které je řešené podtlakovým odtahem vzduchu před ventilátory. Ventilátory a digestoř jsou osazeny na vnitřní stranu obvodové stěny, skrze kterou je vzduch vyveden do vnějšího prostředí.

Ventilátor Dalap 100 LVZ

V objektu jsou navrženy tři druhy ventilátoru Dalap 100, 125 a 150 LVZ. Jedná se o domovní ventilátory s automatickou žaluzií a časovým spínačem. Většina ventilátorů v objektu se nainstaluje na vnitřní obvodovou stěnu a následně bude vzduch vyveden mimo objekt přes kruhové potrubí DN 100, 125 nebo 150. Ve 3. nadzemním podlaží je ventilátor umístěn na strop z důvodu šikmé střešní roviny a potrubí je vyvedeno na střechu. Součástí všech ventilátorů je zpětná klapka, která zamezuje proudění znehodnoceného vzduchu zpět do místnosti. [34]



Obrázek 28 - Ventilátor Dalap 100 LVZ (viz technický list, příloha 8) [34]

Na všechny potrubí, která jsou vyvedena skrze objekt se osadí plastové mřížky s automatickou žaluzií.

Digestoř Stilo SP

Digestoř je umístěna v kuchyni nad sporákem, kde má za úkol odvést z místnosti znečištěný vzduch zejména při vaření. Digestoř Stilo SP (viz Obr. 29) dokáže vyvinout výkon větrání vzduchu o hodnotě 700 m³/h. Nerezová digestoř šířky 0,6 m je poháněna ventilátorem, který je napojen na odvodní potrubí DN150 skrz obvodovou stěnu. [35]



Obrázek 29 - Digestoř Stilo SP (viz technický list, příloha 8) [35]



10. Návrh systému větrání bazénu a posilovny

Provozní režim bazénu:

$t_i = 28 \text{ °C}$ průměrná teplota interiérového vzduchu

$\phi_i = 60 \%$ průměrná vlhkost interiérového vzduchu

$t_w = 26 \text{ °C}$ teplota bazénové vody

$h_i = 65 \text{ KJ/kg}$ měrná entalpie vzduchu (28 °C)

$h_w = 59 \text{ KJ/kg}$ měrná entalpie při teplotě vzduchu rovné teplotě vody (26 °C)

$x_i = 14,2 \text{ g/kg}$ měrná vlhkost vzduchu (28 °C)

$x_w = 12,6 \text{ g/kg}$ měrná vlhkost vzduchu při teplotě vzduchu rovné teplotě vody

Místnost -1.05 Bazén má velkou tepelnou ztrátu větráním z důvodu nastavení vysoké vnitřní teploty vzduchu, která je 28 °C . Samotnými otopnými tělesy nelze nikdy docílit pokrytí celkové tepelné ztráty místnosti prostupem a větráním. Jediným řešením je instalace vzduchotechnické jednotky s rekuperací, která zároveň zajistí potřebnou výměnu vzduchu a odvod vlhkosti.

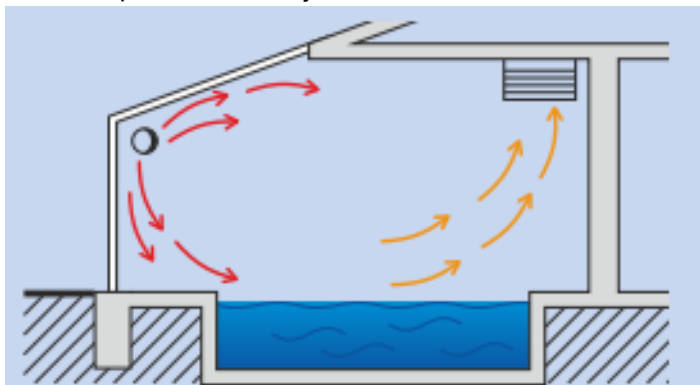
10.1 Požadavky na větrání a vytápění bazénů

- místnost musí být udržována v podtlaku minimálně 95 %
- všechny rozvody z důvodu vzniku koroze musí být z nerezů
- přívod teplého suchého vzduchu směřovat především k proskleným stěnám a oknům
- vhodné rozmístění prvků pro přívod a odvod vzduchu, aby bylo zajištěno dokonalé a rovnoměrné provětrání celé místnosti
- při méně častém provozu je vhodná instalace vzduchotechniky s teplovzdušným vytápěním, kde dochází k rychlému ohřátí vzduchu [36]

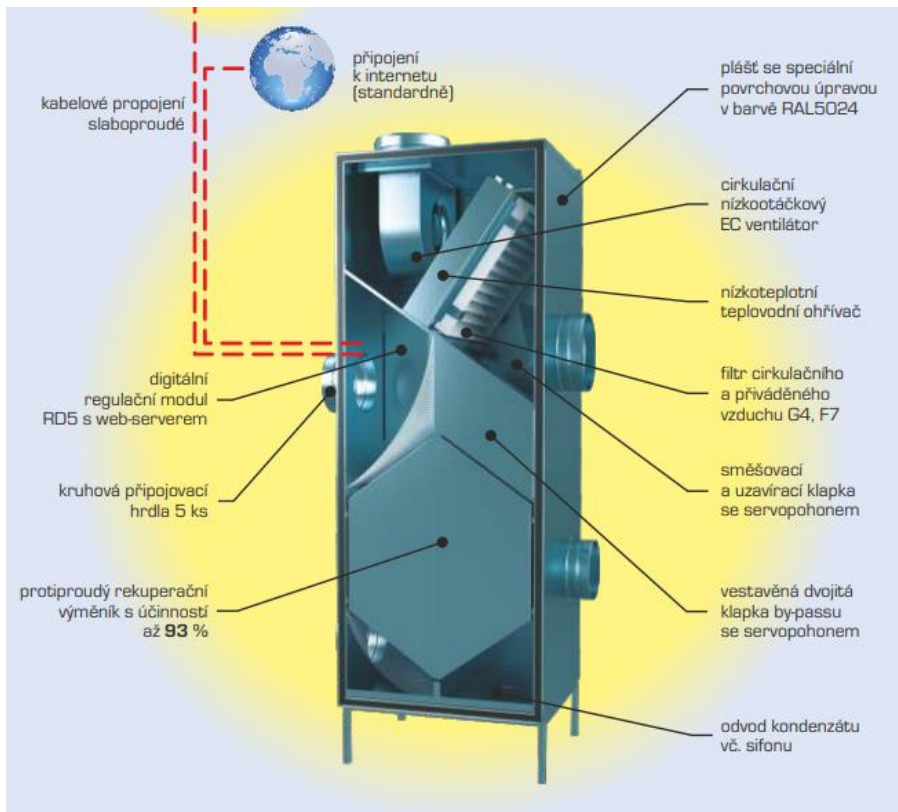
10.2 Řešení systému větrání a vytápění místnosti s bazénem

Pro místnost -1.05 bazén je potřeba zajistit výměnu vzduchu o objemu $340 \text{ m}^3/\text{h}$, což nikdy nelze dosáhnout přirozeným větráním. Při takovém množství výměny vzduchu vznikají velké tepelné ztráty, které je potřeba pokrýt vytápěním. Dále je nutné zamezit kondenzaci vodní páry na prosklených plochách a redukovat vysokou vlhkost ve vnitřním prostředí.

Místnost je vytápěna kombinací klasického vytápění (podlahové vytápění a konvektory) a teplovzdušnou jednotkou s rekuperací a dohřevem. Tepelnou ztrátu prostupem zajistí pokrytí kombinace podlahového vytápění s konvektory. Tepelná ztráta větráním je pokryta vzduchotechnickou jednotkou DUPLEX RDH5. Jednotka zajistí dostatečné větrání a sníží vlhkost v místnosti. Součástí jednotky je rekuperační výměník tepla, který využije odpadní vzduch a pouze ho dohřeje.



Obrázek 30 - Schéma výměny vzduchu v místnosti bazénu (viz technický list, příloha 8)

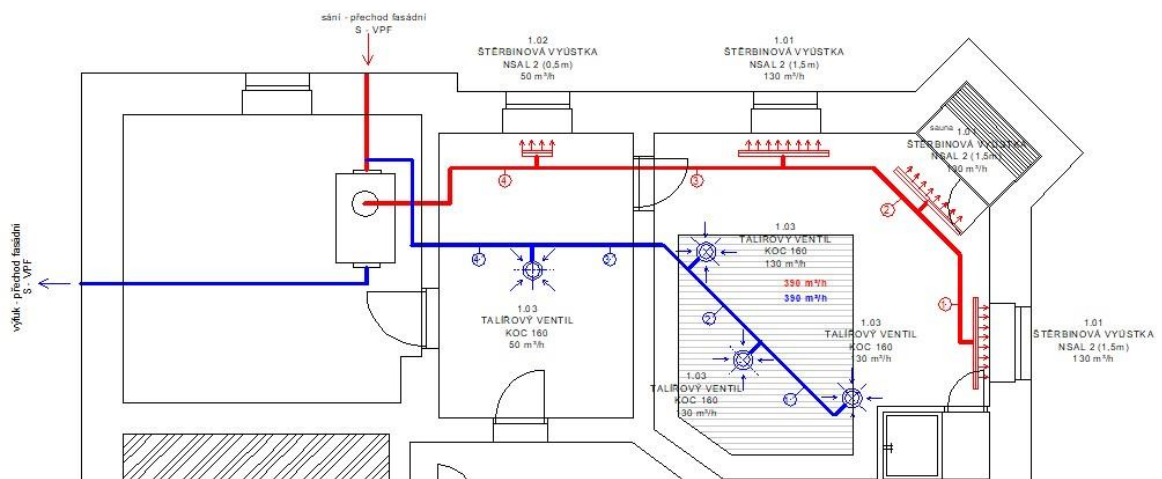


Obrázek 31 - Vzduchotechnická jednotka DUPLEX RDH 5 (viz technický list, příloha 8)

10.3 Prvky pro přívod a odvod vzduchu

V místnosti jsou navrženy koncové distribuční prvky pro přívod a odvod vzduchu. Podrobný výpočet pro stanovení počtu prvků pro přívod a odvod vzduchu viz příloha - Výpočty větrání a vzduchotechniky. Prvky pro přívod vzduchu jsou umístěny k proskleným oknům, aby na ně proudil ohřátý vzduch.

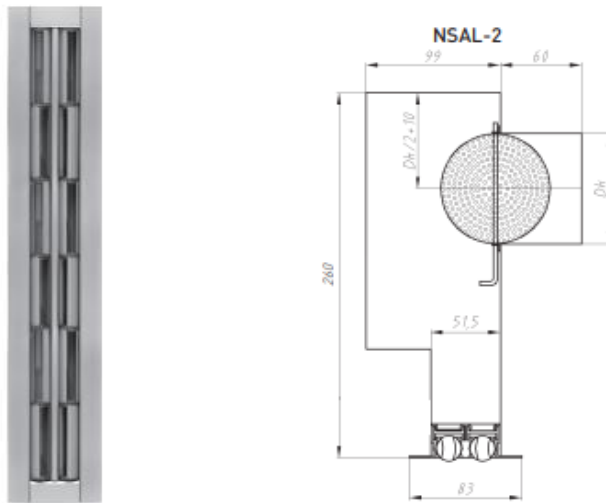
Odvodní distribuční prvky jsou umístěny na druhé straně. Rozmístění prvků viz Obr. 32, ve kterém lze vidět trasa potrubí s popisem jednotlivých úseků pro výpočet tlakových ztrát v potrubí. Vedle místnosti s bazénem je posilovna, která bude taktéž napojena na potrubí vzduchotechniky.



Obrázek 32 - Rozmístění distribučních prvků (viz příloha 5, výkres 9)

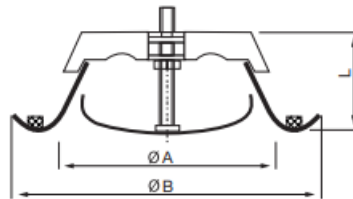


Dvouřadá štěrbinová vyústka NSAL 2



Obrázek 33 - Štěrbinová vyústka NSAL 2 (viz technický list, příloha 8)

Odvodní nerezový talířový ventil KOC



Typ	Ø A (mm)	Ø B (mm)	L (mm)
KOC 100	95	137	55
KOC 125	115	164	60
KOC 150	138	202	60
KOC 160	148	212	60
KOC 200	203	248	60

Obrázek 34 - Talířový ventil KOC (viz technický list, příloha 8)

Kruhové potrubí SONOVAC



Obrázek 35 - Potrubí Sonovac (viz technický list, příloha 8)

Distribuční prvky pro obvod a přívod jsou napojeny pod stropní konstrukcí na rozvody kruhového potrubí, které je izolované a vede přes místnost posilovny do technické místnosti, kde je napojeno do vzduchotechnické jednotky. Potrubí je volně zavěšené do stropní konstrukce. Podrobné rozmístění distribučních prvků a vedení rozvodů potrubí viz příloha 5: výkres 10.



11. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo z analyzovat řešený objekt, navrhnout a vyhodnotit možné varianty zdroje tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Součástí bakalářské práce je návrh koncepce větrání budovy s vnitřním bazénem umístěným v suterénu. Celkový návrh vytápění a větrání byl proveden v souladu příslušných norem a podkladů.

V první fázi došlo k zaměření celého objektu a byly odkryty části jednotlivých konstrukcí podlah a střechy. Poté bylo možné spočítat stávající součinitele prostupu tepla příslušných konstrukcí. Dalším krokem bylo navrhnout vhodné stavební opatření pro snížení energie na vytápění, tedy zlepšit součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. V návrhu stavebních opatření se počítá s výměnou všech dveřních a okenních výplní, zateplením celé střešní konstrukce a všech podlah, které jsou v kontaktu se zeminou. Tímto opatřením se dosáhlo snížení tepelné ztráty prostupem 8,898 kW vytápěné obálky budovy bez započítání 1. podzemního podlaží.

Po výpočtu tepelných ztrát po jednotlivých místnostech byla navržena otopná tělesa a otopné plochy. V 1. podzemním a nadzemním podlaží se jedná o kombinaci podlahového vytápění s deskovými otopnými tělesy. V dalších nadzemních podlaží jsou pouze desková otopná tělesa kromě koupelny ve 2. nadzemním podlaží, kde je i podlahové topení. V každé koupelně je vždy jedno trubkové otopné těleso. Všechna otopná tělesa a otopné plochy mají tepelný spád 40/35 °C.

Celková tepelná ztráta objektu je 37,02 kW. V této tepelné ztrátě jsou zahrnuty hodnoty pro potřeby tepla na vytápění, ohřev teplé vody a ohřev vody v bazénu. Jako zdroj tepla bylo určeno tepelné čerpadlo AquaMaster-75Z o výkonu 28,2 kW (typ země/voda s hloubkovým vrtem). Součástí tepelného čerpadla je akumulární zásobník o objemu 200l a zásobník na teplou vodu o objemu 500l. Jako záložní zdroj byl zvolen elektrokotel o výkonu 7,5 kW, který bude využíván pokud nastane situace, kdy by tepelné čerpadlo nebylo schopno pokrýt celou tepelnou ztrátu.

Na tento systém je napojena expanzní nádoba Global Water PWB-35LX o objemu 35l. Otopný systém je napojen na rozdělovač a sběrač v počtu 6 okruhů. Dva okruhy jsou pro přívod otopné vody k otopným tělesům, tři okruhy pro připojení podlahového vytápění a jeden okruh pro napojení ohříváče vzduchotechnické jednotky.

Samostatný systém vytápění je v místnosti s bazénem, kde je navrženo podlahové vytápění a dva nástěnné konvektory. Tímto vytápěním je docíleno pokrýt tepelnou ztrátu prostupem této místnosti. Tepelná ztráta větráním je pokryta vzduchotechnickou jednotkou Duplex RDH5, která zajistí ohřev vzduchu. Na tuto jednotku je také napojena místnost posilovny. Teplý vzduch do místností je přiváděn štěrbinovou vyústkou NSAL 2 a odvod je zajištěn pomocí talířových ventilů KOC. Distribuční prvky pro přívod jsou umístěny nad okny, kde teplý vzduch dopadá na prosklenou plochu a tím se zabraňuje vzniku možné kondenzace nebo případné tvorbě plísní. Prvky pro odvod vzduchu jsou umístěny na druhé straně místnosti. Toto řešení zajišťuje dostatečné provětrání místnosti.

Větrání zbytku vily je zajištěno přirozeným způsobem. Přívod čerstvého vzduchu je umožněn okny s větrací štěrbinou (EHA² 11-35) a odvod z nehodnoceného vzduchu pomocí ventilátorů (Dalap 100 LVZ). Ventilátory pro odvod vzduchu jsou umístěny v koupelnách, na toaletě a ve vedlejších místnostech. Množství odváděného vzduchu je stanoveno dle ČSN EN 15665/Z1. V kuchyni je nainstalována digestoř (Stillo SP). Všechny vnitřní dveře mezi jednotlivými místnostmi jsou bezprahové z důvodu fungování podtlakového odvětrání.

Celý systém vytápění a větrání byl vytvořen podle dostupných norem a podkladů.



Seznam příloh

- Příloha 1 – Tepelné ztráty prostupem a větráním
- Příloha 2 – Plynový kondenzační kotel
- Příloha 3 – Tepelné čerpadlo
- Příloha 4 – Výpočty vytápění
- Příloha 5 – Výkresy vytápění a větrání
- Příloha 6 – Technická zpráva vytápění, větrání a VZT
- Příloha 7 – Objemy vzduchu po místnostech
- Příloha 8 – Výpočty větrání a VZT
- Příloha 9 – Hydraulické výpočty

Použité programy

- Allplan 2017
- RAUCAD/TechCON
- Microsoft office 365 – Word 2020
- Microsoft office 365 – Excel 2020



Literatura a použité zdroje

- [1] - Marushka - Mapový aplikační server.... 403 - *Forbidden: Access is denied*. [online]. Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=721620&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [2] - Mapy.cz. *Mapy.cz* [online]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?x=12.3472830&y=50.2183807&z=20&source=muni&id=1242>
- [3] - KABELE, Karel. *Technická zařízení budov: vytápění - podklady pro cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05203-7.
- [4] - <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/8358-vetrne-podminky-pro-male-vetrne-elektrarny>
- [5] - Plynárenství v ČR - dodávka plynu a základní statistiky. *oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/plynarenstvi-v-cr-dodavka-plynu-zakladni-statistiky>
- [6] - zemní plyn - těžba, vlastnosti a rozdělení. *oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plynarenstvi/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>
- [7] - Méně paliva, více tepla | HOME . *HOME - byt/dům/styl/zahrada* [online]. Copyright © 2020 [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/mene-paliva-vice-tepla/>
- [8] - 301 Moved Permanently [online]. Copyright ©02 [cit. 23.04.2021]. Dostupné z: https://www.bosch-thermotechnology.com/cz/media/country_pool/dokumentace/projekcni-podklady/pp_cerapurcomfort.pdf
- [9] - Jak funguje kondenzační kotel. *Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika* [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/jak-funguje-kondenzacni-kotel.html>
- [10] - Jak vlastně tepelná čerpadla fungují | Kvalitní tepelná čerpadla | Vaillant. *Kvalitní tepelná čerpadla | Vaillant* [online]. Copyright © 2020 Vaillant Group [cit. 24.04.2021]. Dostupné z: <https://www.kvalitni-tepelna-cerpadla.cz/tepelna-cerpadla/jak-vlastne-funguji-a-v-cem-je-vlastne-rozdil/>
- [11] - Princip tepelného čerpadla | TERMO KOMFORT. *Tepelná čerpadla | TERMO KOMFORT* [online]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/princip-tepelneho-cerpadla.html>
- [12] - Topný faktor COP - účinnost tepelného čerpadla : Abeceda tepelných čerpadel. *Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla* [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [13] - Základní rozdělení tepelných čerpadel | Stavebnictvi3000.cz. *Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály* [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zakladni-rozdeleni-tepelnych-cerpadel>
- [14] - Tepelné čerpadlo voda/voda princip : Abeceda tepelných čerpadel. *Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla* [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-voda-voda>
- [15] - Tepelná čerpadla vzduch/vzduch – Tepelná čerpadla IVT. *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita pro vaše pohodlí* [online]. Copyright © 2003 [cit. 24.04.2021]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [16] – Tepelné čerpadlo země/voda princip : Abeceda tepelných čerpadel. *Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla* [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>



- [17] – Tepelná čerpadla země - voda | KVB ENERGY - tepelná čerpadla Opava, Ostrava, Bruntál, Krnov. *KVB ENERGY - tepelná čerpadla Opava, Ostrava, Bruntál, Krnov | Tepelná čerpadla Opava, Ostrava, Bruntál, Krnov, vytápění, solární ohřev* [online]. Copyright © 2021 [cit. 24.04.2021]. Dostupné z: <https://kvb-uspora-energie.cz/domacnosti/tepelna-čerpadla/zeme-voda/>
- [18] -Tepelná čerpadla země/voda - Zemní plošný kolektor | SOLARENVI a.s.. *SOLARENVI a.s. - solární elektrárny, tepelná čerpadla, sluneční kolektory* [online]. Copyright ©2014 SOLAR ENVI a.s. [cit. 26.04.2021]. Dostupné z: <https://www.solarenavi.cz/a-46-tepelna-čerpadla-zeme-voda-zemni-plosny-kolektor.html>
- [19] -Návrh tepelného čerpadla . *Projekty tepelných čerpadel země - voda / GEROTop.cz* [online]. Copyright © 2021 GEROTop spol. s r.o. [cit. 26.04.2021]. Dostupné z: <https://www.gerotop.cz/dimenzovani-hlubinnych-vrtu>
- [20] – Tepelné čerpadlo vzduch/voda princip : Abeceda tepelných čerpadel. *Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla* [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-čerpadel.cz/cz/tepelne-čerpadlo-vzduch-voda>
- [21] – Tepelná čerpadla země/voda - Průvodce porovnání nabídek : Abeceda tepelných čerpadel. *Abeceda tepelných čerpadel : Tepelná čerpadla* [online]. Dostupné z: <https://www.abeceda-čerpadel.cz/cz/porovnani-nabidky-zeme-voda>
- [22] – Primární okruhy | Jiří Fabián a synové s.r.o.. *Plynoservis, instalatérství, montáž – servis, solární systémy, kondenzační technika* [online]. Dostupné z: <http://www.ifs.cz/primarni-okruhy.htm>
- [23] - Topenářská příručka. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [24] -Marushka - Mapový aplikační server.... 403 - *Forbidden: Access is denied.* [online]. Dostupné z: <http://sgj-nahliznidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=721620&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [25] - Správný výkon tepelného čerpadla vzduch/voda - PROTC. *PROTC - Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 26.04.2021]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-čerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-čerpadla-vzduch-voda>
- [26] – Kondenzační plynové kotle – montáž, servis, výměna | Topíte.cz. *Topíte.cz - moderní topeňářská firma* [online]. Dostupné z: <https://www.topite.cz/plynove-kotle>
- [27] – Kalkulace ceny tepelného čerpadla online. *Revoluční tepelná čerpadla 2020 - Úsporné vytápění s. r. o.* [online]. Copyright © 2020 Úsporné vytápění s. r. o. [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <https://www.uspornevytapani.cz/cenova-kalkulace>
- [28] – Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní teploty. *Portál ČHMÚ : Home* [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- [29] - Nové požadavky na větrání obytných budov | ASB Portal. *ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys* [online]. Copyright © Jaga Media, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 02.05.2021]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/nove-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov>
- [30] - Korado Radik VK 21 600x900 deskový radiátor - Koupelny Bernold | Vše pro Vaši koupelnu již od roku 1990. *Koupelny Bernold | Vše pro Vaši koupelnu již od roku 1993* [online]. Dostupné z: <https://www.koupelny-bernold.cz/korado-radik-vk-21-600x900-deskovy-radiator/>
- [31] – Korado Koralux LLinear Comfort Trubkové otopné těleso KLT 900x600 mm, bílá, KLT-090060-00-10 | Koupelnové Vybavení.cz. *Koupelnové Vybavení.cz - vaše online koupelnové studio* [online]. Copyright © 2021 [cit. 04.05.2021]. Dostupné z: <https://www.koupelnovevybaveni.cz/korado-koralux-linear-comfort-trubkove-otopne-teleso-klt-900x600-mm-bila-klt-090060-00-10>



- [32] – Tepelné čerpadlo AquaMaster Inverter | MasterTherm.cz. *MasterTherm – česká tepelná čerpadla od roku 1994* | *MasterTherm.cz* [online]. Copyright © Mastertherm [cit. 06.05.2021]. Dostupné z: <https://mastertherm.cz/tepelne-cerpadlo-aquamaster-inverter/>
- [33] – Akustická štěrbina EHA2 . *Systém větrání od Bristec cz, s.r.o.* [online]. Copyright © 2021, Bristec cz, s.r.o., vytvořila eBRÁNA s.r.o. [cit. 06.05.2021]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/eha2>
- [34] - Ventilátor Dalap 100 LVZ - vyšší výkon, žaluzie, ložiska, časovač. *Ventilátory, revizní dvířka, větrací mřížky* [online]. Dostupné z: <https://www.ventilatory-online.cz/ventilatory-dalap-rady-lv/22256-ventilator-dalap-100-lvz-vyssi-vykon-zaluzie-loziska-casovac.html>
- [35] - Moderní nástěnný odsavač par Stilo SP nerez, 60 cm | VENTILATORY.cz. *VENTILÁTOR.Y.cz - Svět větrání na jednom místě* [online]. Copyright © 2011 [cit. 07.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/moderni-nastenny-odsavac-par-stilo-sp-nerez-60-cm-x12161>
- [36] – ADAMOVSKEÝ, Daniel. Větrání plaveckých bazénů. [online]. Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz [vid. 7.5.2021]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u2-vetrani_bazenu.pdf



Seznam obrázků

Obrázek 1 - Severovýchodní pohled.....	10
Obrázek 2 - Katastrální mapa vily a jejího okolí [1].....	10
Obrázek 3 - Letecký snímek z mapy [2].....	11
Obrázek 4 - Půdorys 1. nadzemního podlaží z projektové dokumentace z roku 1971 stav před rekonstrukcí.....	12
Obrázek 5 - Půdorys 1. nadzemního podlaží z projektové dokumentace z roku 1971 stav po rekonstrukci.....	13
Obrázek 6 - Řez objektu z naskenované projektové dokumentace z roku 1971 stav před rekonstrukcí.....	14
Obrázek 7 - Obvodová stěna nadzemní části objektu.....	15
Obrázek 8 - Obvodová stěna podzemní části objektu.....	15
Obrázek 9 - Strop nad 1. podzemním podlažím.....	15
Obrázek 10 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlaží.....	16
Obrázek 11 - Střecha.....	16
Obrázek 12 - Strop nad 1. podzemním podlažím.....	21
Obrázek 13 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - obytné místnosti.....	21
Obrázek 14 - Podlaha 1. nadzemního podlaží na zemině.....	22
Obrázek 15 - Střecha.....	22
Obrázek 16 - Strop nad 3. nadzemním podlažím.....	22
Obrázek 17 - Možnosti energie.....	28
Obrázek 18 - Schéma zapojení plynového kotle [8].....	29
Obrázek 19 - Princip funkce tepelného čerpadla [11].....	30
Obrázek 20 - Tepelné čerpadlo země/voda s plošným kolektorem [17].....	31
Obrázek 21 - využitelná plocha pro plošný kolektor [24].....	33
Obrázek 22 - Žebříkové otopné těleso Koralux Linear Comfort [31].....	40
Obrázek 23 - Deskové otopné těleso Korado RADIK VK [30].....	40
Obrázek 24 - Vytápění místnosti 1.03 Koupelna + WC (viz příloha 5, výkres 2).....	44
Obrázek 25 - Vytápění místnosti -1.05 Bazén (viz příloha 5, výkres 1).....	45
Obrázek 26 - Vnitřní jednotka tepelného čerpadla AquaMaster-75Z [32].....	45
Obrázek 27 - Okno s větrací štěrbinou (viz technický list, příloha 8) [33].....	46
Obrázek 28 - Ventilátor Dalap 100 LVZ (viz technický list, příloha 8) [34].....	47
Obrázek 29 - Digestoř Stilo SP (viz technický list, příloha 8) [35].....	47
Obrázek 30 - Schéma výměny vzduchu v místnosti bazénu (viz technický list, příloha 8).....	48
Obrázek 31 - Vzduchotechnická jednotka DUPLEX RDH 5 (viz technický list, příloha 8).....	49
Obrázek 32 - Rozmístění distribučních prvků (viz příloha 5, výkres 9).....	49
Obrázek 33 - Štěrbínová vyústka NSAL 2 (viz technický list, příloha 8).....	50
Obrázek 34 - Talířový ventil KOC (viz technický list, příloha 8).....	50
Obrázek 35 - Potrubí Sonovac (viz technický list, příloha 8).....	50



Seznam tabulek

Tabulka 1 - Obvodová stěna nadzemní části objektu	17
Tabulka 2 - Obvodová stěna podzemní části objektu	17
Tabulka 3 - Strop nad 1. podzemním podlažím	17
Tabulka 4 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím	18
Tabulka 5 - Střecha	18
Tabulka 6 - Minimální intenzita výměny vzduchu $n_{min,i}$	19
Tabulka 7 - Tepelná ztráta prostupem tepla stávající vytápěné obálky budovy (viz příloha 1) ..	19
Tabulka 8 - Strop nad 1. podzemním podlažím	23
Tabulka 9 - Strop nad 1. a 2. nadzemním podlažím - laminátová podlaha	23
Tabulka 10 - Podlaha 1. nadzemního podlaží na zemině - laminátová podlaha	23
Tabulka 11 - Strop koupelny nad 1. nadzemním podlažím - keramická dlažba	24
Tabulka 12 - Podlaha 1. nadzemního podlaží a podzemního podlaží na zemině - keramická dlažba	24
Tabulka 13 - Střecha	24
Tabulka 14 - Strop nad 3. nadzemním podlažím	25
Tabulka 15 - Porovnání součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	25
Tabulka 16 - Celková tepelná ztráta prostupem a větráním	27
Tabulka 17 - Přehled celkového výkonu pro zdroj tepla	27
Tabulka 18 - Optimální výkon tepelného čerpadla země/voda	32
Tabulka 19 - Potřebná hloubka vrtu	33
Tabulka 20 - Potřebná plocha kolektoru	33
Tabulka 21 - Optimální výkon tepelného čerpadla vzduch/voda	34
Tabulka 22 - pořizovací a provozní náklady jednotlivých variant.....	35
Tabulka 23 - Pořizovací a provozní náklady po 20 letech provozu	39
Tabulka 24 - Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [29]	40
Tabulka 25 - Navržená otopná tělesa - okruh 1	41
Tabulka 26 - Navržená otopná tělesa - okruh 2	42
Tabulka 27 - navržené otopné plochy - okruh 3.....	42
Tabulka 28 - navržené otopné plochy - okruh 4.....	43
Tabulka 29 - navržené otopné plochy - okruh 5.....	43
Tabulka 30 - Navržený výkon pro VZT jednotku (viz příloha 8).....	44

Seznam grafů

Graf 1 - Rozložení tepelných ztrát prostupem tepla stávající vytápěné obálky budovy	20
Graf 2 - Rozložení tepelných ztrát stávající vytápěné obálky budovy	20
Graf 3 - Rozložení tepelných ztrát prostupem tepla nové vytápěné obálky budovy bez započítání 1. podzemního podlaží	26
Graf 4 - Bivalentní bod tepelného čerpadla země/voda	32
Graf 5 - Bivalentní bod tepelného čerpadla vzduch/voda	34
Graf 6 - Porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant	36
Graf 7 - Porovnání provozních nákladů jednotlivých variant	36
Graf 8 - Návržnost TČ země/voda s plošným kolektorem	37
Graf 9 - Návržnost TČ země/voda s hloubkovým vrtem	37
Graf 10 - Návržnost TČ vzduch/voda.....	37
Graf 11 - Návržnost plynového kondenzačního kotle	38



Normy, zákony, směrnice, vyhlášky

- ČSN EN 15665/Z1 Požadavky na větrání obytných budov
- ČSN EN ISO 15927-1, 4, 5, 6: Tepelně vlhkostní chování budov - Výpočet a uvádění klimatických dat
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie
- ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody
- ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce: tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – výpočtová metoda
- ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
- ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění