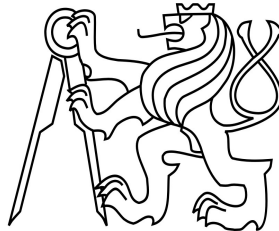


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Budovy a prostředí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VYTÁPĚNÍ POLYFUNKČNÍHO DOMU

HEATING OF MULTIFUNCTIONAL BUILDING

Vypracoval:

Bc. Jan Jeřábek

Vedoucí práce:

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Jeřábek</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>468635</u>
Zadávající katedra: <u>K11125 TZB</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>3608T006 - Budovy a prostředí</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Vytápění polyfunkčního domu</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Heating of Multifunctional Building</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte koncept TZB zahrnující zásobování teplem, chladem, vodou, elektrickou energií, větrání a likvidaci odpadních vod pro daný objekt. Dále zpracujte projektovou dokumentaci vytápění na úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb.	
Seznam doporučené literatury: [1] Kabele, K. a kol.: Energetické a ekologické systémy budov 1 Zdravotní technika Vytápění ČVUT 2005, ISBN 80-01-03327-9 [2] Kabele, K. a kol.: TZB.Vytápění - podklady pro cvičení, ČVUT 2014, ISBN 978-80-01-05203-7 [3] Chadderton, D.: Building Services Engineering, Routledge 2013, ISBN 0415699312 [4] Papež, K., Vyoralová Z., Marková L., Garlík B., Jokl M. Energetické a ekologické systémy budov 2. Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace, umělé osvětlení. Fakulta stavební, 1. vydání, ISBN: 978-80-01-03622-8, 2007. (NTK TH6021 .P37 2007 z)	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>prof.Ing.Karel Kabele, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>20.9.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>2.1.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem vypracoval svoji diplomovou práci samostatně s použitím níže uvedené literatury a potřebných podkladů.

V Praze dne:.....

.....

Bc. Jan Jeřábek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat za cenné odborné rady svému vedoucímu diplomové práce, panu prof. Ing. Karlovi Kabelemu, Csc a dále celé své rodině a nejbližším za podporu během celého studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá praktickým návrhem vytápění v polyfunkční budově. Práce je rozdělena na dva celky. V teoretické části práce je zpracován celkový koncept profesí technických zařízení budov, obsahující systémy splaškové a dešťové kanalizace, hospodaření s vodou, zásobování teplem, chladem, elektrickou energií a větrání budovy. V praktické části práce je řešen podrobněji projekt vytápění polyfunkční budovy, který je v rozsahu rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Návrh vytápění je řešen v softwaru Raucad/TechCON X, ve kterém je otopná soustava vymodelována včetně konstrukcí zadané budovy.

Klíčová slova

Vytápění, podlahové vytápění, tepelné čerpadlo, geotermální vrty, koncept systémů TZB

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the practical design of heating system in a multifunctional building. The work is divided into two parts. The theoretical part of the work, in which the overall concept of professions technical equipment of building is elaborated, includes sewage and rain sewerage systems, water management, heat supply, cold supply, electricity supply, and building ventilation. . In the practical part of the work, the project of heating system in a multifunctional building is being addressed in more detail, which is within the scope of the extended building permit documentation. The heating system is modeled in the Raucad/TechCON X software, including building structures.

Keywords

Heating system, floor heating, heat pump, geothermal wells, concept of HVAC systems

Obsah

1	Část 1. koncept profesí TZB v řešené budově.....	7
1.1	Úvod.....	7
1.2	Informace o stavbě.....	7
1.2.1	Celkový popis budovy	7
1.2.2	Konstrukce	8
1.2.3	Rozdělení budovy	8
1.3	Koncepce jednotlivých profesí TZB	10
1.3.1	Studená voda.....	10
1.3.2	Teplá voda.....	10
1.3.3	Splašková kanalizace	11
1.3.4	Dešťová kanalizace	11
1.3.5	Elektrická energie	12
1.3.6	Vzduchotechnika.....	12
1.3.7	Chlazení	12
1.3.8	Vytápění	13
2	Část 2.- projekt vytápění Polyfunkční budovy.....	22
2.1	Technická zpráva s přílohami	22
2.1.1	Technická zpráva	22
2.2	Výkresová dokumentace	22
	Seznam obrázků.....	23
	Literatura	24

1 Část 1. koncept profesí TZB v řešené budově

1.1 Úvod

V první části této diplomové práce je řešen celkový koncept technického zařízení pro objekt polyfunkčního domu v Zábřehu na Moravě. Budova je čtyřpodlažní a je rozdělena do několika funkčních celků dle provozů. V budově jsou tyto provozy: prodejna lékárny, vyšetřovny lékařů, bytové jednotky, kancelářské prostory a veřejné prostory. Pro jednotlivé provozy jsou popsány systémy TZB, které se mohou v závislosti na provozu lišit. První teoretická část diplomové práce je doplněna schématem konceptu ve formě výkresu, který je přiložen na konci první části diplomové práce.

Druhá část diplomové práce se zabývá návrhem vytápění dané budovy v rozsahu rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Rozsah druhé části zahrnuje projekt vytápění ve kterém je řešena technická zpráva a výkresová dokumentace, výpočet tepelných ztrát objektu, návrh otopných ploch a těles, hydraulické vyvážení vodní otopné soustavy, návrh tepelného zdroje a návrh ohřevu teplé vody.

1.2 Informace o stavbě

1.2.1 Celkový popis budovy

Jedná se o Polyfunkční budovu, která je umístěna na fiktivní adrese KÚ v Zábřehu na Moravě pro účel stanovení výpočtových teplot. Budova je umístěna na křižovatce ulic Trnkova a V Ostružnici a tvoří tak nároží městské zástavby. Polyfunkční budova je čtyřpodlažní, na jedné části se sedlovou střechou s neobytným podkrovím a na druhé s plochou střechou. Poslední (3.) podlaží je ustupující, s terasami a zbylá podlaží jsou již plnohodnotná. Třetí podlaží je obsazeno pěti bytovými jednotkami, kanceláří. Ve druhém podlaží se nachází devět bytových jednotek a dvě kancelářské. V prvním podlaží jsou umístěny vyšetřovny lékařů s čekárnami a v přízemí objektu je prostor prodejny lékárny (dle podkladů) a kancelářský prostor. Ve zbytku částečně podzemního podlaží se nachází technické místnosti a veřejné toalety. Celá budova je propojena vertikálním komunikačním výtahovým jádrem se schodištěm. Vstup do objektu je možný jak z 1.PP tak i z 1.NP, přičemž vstup z 1.PP je uvažován spíše pro kancelářské prostory a lékárnu - veřejnost. Terén v okolí budovy je mírně svažité a díky tomu je umožněn vstup do budovy ze dvou výškových úrovní. V podzemní části budovy je umístěna technická místnost, místnost ZTI a elektro, strojovna výtahu, skladové prostory a veřejné WC. Terén v okolí budovy je mírně svažité a díky tomu je vstup do budovy ze dvou výškových úrovní.



Obrázek 1 - Jižní pohled na budovu [vlastní dokumentace]

1.2.2 Konstrukce

Nosný systém budovy tvoří svíslé nosné konstrukce, kterými jsou obvodové a dělicí stěny a vnitřní sloupy. Tyto konstrukce jsou železobetonové a dělicí stěny jsou z cihelného zdiva. Obvodové stěny mají tloušťku 250 mm, vnitřní nosné železobetonové stěny mají tloušťku 250 mm. Nosné stěny ve třetím podlaží jsou z pórobetonu z důvodu potřeby menšího zatížení stropní konstrukce ustupující obvodovou stěnou. Schodišťové jádro s výtahem je z železobetonových stěn včetně třetího podlaží. Nenosné dělicí konstrukce jsou z cihelného svíslé děrovaného zdiva.

Vodorovné nosné konstrukce tvoří železobetonové stropní desky tloušťky 230 mm. Základovou konstrukci budovy tvoří 400 mm silná základová deska v celé ploše objektu, s lokálním zesílením pod nosnými sloupy a obvodovými stěnami.

1.2.3 Rozdělení budovy

Pro řešení problematiky TZB je nutné budovu rozdělit do samostatně funkčních částí, kde každá část má jiné požadavky. Rozdělení je dáno provozem v dané funkční části.

Provozy v budově:

- Kanceláře
- Vyšetřovny
- Prodejna
- Bytové jednotky
- Veřejné prostory

Jednotlivé úseky jsou samostatně schopné provozu, je možné je regulovat a měřit spotřebované energie.

Kanceláře

Úsek kanceláří je v budově zastoupen hned v několika poschodích budovy. V částečně podzemním podlaží se nachází velká kancelář označená číslem P21, ve druhém nadzemním podlaží se nacházejí dvě kanceláře s označením 2.10.01 a 2.11.01 a poslední kancelářský prostor je ve třetím nadzemním podlaží s označením 3.06 a 3.07. Kancelářský prostor P21 je koncipovaný jako open-space se samostatnou kanceláří pro vedení a zasedací místností a zázemím pro zaměstnance. Pro dostatečnou výměnu vzduchu a zjištění tepelné zátěže nejen od osob, ale i od vybavení kanceláře, v těchto prostorech, je stěžejní informací počet zaměstnanců v kanceláři. Technické zařízení pro výměnu vzduchu a vytápění by mělo umožnit snadnou regulaci ve společné místnosti, ale zároveň i v ostatních místnostech kanceláře. Proto je vhodné využít samostatné lokální větrací jednotky pro danou kancelář, s možností zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu, která zajistí požadované mikroklima v prostoru dané kanceláře. Pro vytápění je vhodné zvolit podlahového vytápění s rozdělením velkých kanceláří na několik okruhů topné podlahové plochy. Pro všechny kancelářské prostory se uvažuje s vnějším zastíněním proti slunečnímu záření.

Vyšetřovny

Vyšetřovny praktických lékařů se nacházejí v celém půdorysu prvního nadzemního podlaží. Celkem je na daném podlaží 12 vyšetřoven a 4 společné čekárny pro klienty. Ve vyšetřovnách je požadavek na vyšší výpočtovou teplotu (24°C), než u běžných bytových jednotek. Vyšetřovny jsou vždy zdvojeny a připadá k nim vždy jedna čekárna. Spotřeby tepla na vytápění budou měřeny vždy pro dvě dané vyšetřovny dohromady společná čekárna bude vytápěna přípojkami podlahových otopných ploch. V čekárně jsou k dispozici klientům veřejné toalety, které připadají vždy k provozu vyšetřoven. Výměna vzduchu pro tento úsek bude zajištěna centrální VZT jednotkou s rekuperací tepla, která bude společná pro celé podlaží. Jednotka bude umístěna v technické místnosti v přízemním podlaží.

Prodejna

Prodejna lékárny je umístěna v částečně podzemním podlaží objektu, s označením úseku P.20. Lékárna je rozdělena do několika částí, jimiž jsou prodejna, zázemí pro zaměstnance, přípravná léků a sklad léků. Větrání těchto prostor je závislý na objemu prostor a počtu zařizovacích předmětů, protože personálu je v tomto provozu minimum. Výměnu vzduchu bude zajišťovat lokální podstropní větrací jednotka s rekuperací tepla a vytápění bude zajištěno podlahovými otopnými plochami. Vstup do lékárny je řešen přes společnou chodbu objektu. Měření spotřeby tepla bude zajištěno v podlahovém rozdělovači na vytápění.

Bytové jednotky

Bytových jednotek se v objektu nachází celkem 15 a zaplňují druhé a třetí nadzemní podlaží. Bytové jednotky ve třetím nadzemním podlaží jsou nejvíce vystavené slunečnímu záření a hrozí tedy letní přehřívání těchto prostor. Počítá se s instalací vnějších stínících prvků na všechna okna na objektu, ale i přesto může k přehřívání posledního podlaží docházet. Bude tedy vyšší potřeba chladu pro toto podlaží. Větrání bytových jednotek budou zajišťovat lokální rekuperační jednotky umístěné ve sníženém podhledu podružných místností. Každá bytová jednotka bude vybavena měřičem spotřebovaných energií. Vytápění bytových jednotek budou zajišťovat podlahové otopné plochy a elektrická topná tělesa v koupelnách, která nebudou závislá na otopné sezóně. Měření spotřebovaného tepla na vytápění bude měřeno v rozdělovačích podlahového vytápění v každé bytové jednotce.

1.3 Koncepte jednotlivých profesí TZB

- *Blokové schéma koncepte všech profesí TZB je přiloženo na konci kapitoly 1.*

1.3.1 Studená voda

Budova je napojena na veřejný vodovodní řad vedený v ulici Trnkova. Přípojka vstupující do objektu s hlavní vodoměrnou sestavou se nachází v částečně podzemním podlaží budovy v místnosti ZTI s označením 1.P.13, kde jsou zároveň umístěny zásobníky na teplou vodu. Vodoměrná sestava s hlavním vodoměrem bude osazena na stěně a před vodoměrnou sestavou bude rozvod rozdvojen pro účel rozvodu pitné vody a požární vody po objektu. Rozdvojení budou umístěny nad sebou. Dimenze vodovodní přípojky je stanovena na DN63. Měření spotřeby pitné vody pro ohřev na teplou vodu bude měřeno podružným vodoměrem umístěným v místnosti ZTI před vstupem pitné vody do nepřímotopných zásobníků na ohřev TV.

Budova bude využívat dešťovou vodu ke splachování toalet a vnitřní vodovod bude tedy dvojitý. Dešťová voda je sbírána svodným potrubím ze střech a teras do nadzemních nádrží umístěných v technické místnosti v částečně podzemním podlaží objektu. V případě nedostatku dešťové vody je využívána voda pitná, která je čerpána přes oddělovací nádobu do systému užitkového vodovodu.

Ležaté rozvody, jak pitné, tak užitkové vody budou spádovány ve sklonu 0,4% směrem ke stoupacím potrubím, kde se nacházejí vypouštěcí ventily. Spádování je navrženo z důvodu možnosti vypuštění potrubí a jeho úplného odvodnění.

1.3.2 Teplá voda

Teplá voda je v objektu připravována centrálně ve dvou nepřímotopných zásobnících teplé vody a jejich objem byl stanoven na 2x 1000l. Stacionární zásobníky jsou napojeny přímo na otopnou soustavu tepelného čerpadla umístěného v technické místnosti. Zásobníky budou

propojeny pomocí Tichelmanova souproudeho zapojení. Termická dezinfekce zásobníků bude řešena nárazovým přehřátím zásobníků pomocí elektrické topné vložky v zásobnících. Aby bylo zabráněno opaření uživatelů objektu horkou vodou, bude na výstupní potrubí teplé vody osazen mechanický termostatický ventil na maximální výstupní teplotu 55°C. Teplota otopné vody je maximálně 60°C a uvažovaná teplota teplé vody je v rozmezí 55-50°C. Podrobněji řeší projekt ZTI.

Množství teplé vody bylo určeno pomocí bilance potřeby teplé vody na základě provozních hodin daných úseků. Každý úsek má jinou dobu potřeby teplé vody a také je uvažováno s jiným množstvím teplé vody pro jednotlivce v daném provozu. Bylo tedy vytvořeno pět křivek odběru teplé vody pro provozy: byty, kanceláře, vyšetřovny, lékárnu a veřejné prostory. Potřeba teplé vody je závislá na počtu osob v provozu a na době odběru vody. Pomocné grafy odběrů jednotlivých provozů byly po hodinách sečteny do jednoho grafu, kde se odečetla celková velikost zásobníku.

Ležaté rozvody, teplé vody budou spádovány ve sklonu 0,4% směrem ke stoupacím potrubím, kde se nacházejí vypouštěcí ventily. Spádování je navrženo z důvodu možnosti vypuštění potrubí a jeho úplného odvodnění.

1.3.3 Splašková kanalizace

Veškeré splaškové vody jsou z objektu odváděny do veřejné splaškové kanalizace vedené v ulici V Ostružnici. Splaškové potrubí je vedeno pod základovou deskou objektu ve spádu 3%. Před zaústěním kanalizační přípojky do stoky je na trase osazena betonová revizní šachta. V objektu jsou osazeny dvě revizní šachty, ve kterých jsou osazeny uzavřené čistící tvarovky na splaškovém potrubí.

1.3.4 Dešťová kanalizace

Dešťová kanalizace je svedena do nádrží na dešťovou vodu, které jsou umístěny v technické místnosti P.22. Dešťová voda je pak nadále čerpána do oddělené sítě vnitřního vodovodu určeného ke splachování toalet. Dešťová voda podléhá dvojí filtraci od hrubých nečistot. První stupeň filtrace probíhá při průtoku vody přes venkovní lapač střešních splavenin a speciální podzemní filtrační šachtu, která se osazuje při dalším využívání dešťové vody a dále je pak voda filtrována před vstupem do nadzemní dešťové nádrže trubkovým filtrem nečistoty s čistící tvarovkou. Tyto stupně čištění a filtrování musejí být pravidelně kontrolovány a zbavovány nečistot, aby nedocházelo k zanášení celého systému.

Nádrže na dešťovou vodu jsou mezi sebou propojeny a systém je vybaven bezpečnostním přepadem pro případ, že by byl přebytek dešťové vody. Stejně tak jsou vybaveny bezpečnostním přepadem vnitřní trubkové filtry, pokud by došlo k zanesení filtru a voda by nemohla protékat dále do nádrží. Přepady jsou zaústěny do splaškové kanalizace a odvedeny pryč z objektu.[1, 2]

1.3.5 Elektrická energie

Objekt je zásobován elektrickou energií z veřejné elektrické sítě, na kterou je napojen přípojkou elektro z ulice V Ostřuznici. Elektrická energie je dopravována do budovy přes hlavní domovní skříň s pojistkami a dále do hlavního rozvaděče elektro. Jednotlivé provozy mají své podružné elektroměrové rozvaděče, ve kterých je měřena spotřeba elektrické energie. Elektrická energie spotřebovaná na provoz objektu a vytápění je rozpočítána podle spotřeby energie na vytápění a paušální položkou za provoz společných prostor. Bytové jednotky mají svůj elektroměrový rozvaděč v místnosti elektro v částečně podzemním podlaží, stejně, jako ostatní provozy. Bytové jednotky jsou pak vybaveny jen podružným bytovým rozvaděčem elektrické energie.

1.3.6 Vzduchotechnika

Celý objekt je větrán rovnotlakým nuceným větráním se zpětným získáváním tepla. Odvod škodlivin z WC a sociálních zařízení zajišťují lokální nárazově ovládané ventilátory s odděleným okruhem od nuceného větrání objektu. Odvod škodlivin je vyústěn nad střechu budovy.

Nucené větrání jednotlivých provozů je uvažováno decentrálním řešením vzduchotechniky. Bytové jednotky budou provětrávány lokálními rekuperačními jednotkami umístěnými v podružných místnostech bytů. Tyto jednotky budou malých dimenzí, neboť bytové jednotky nejsou nikterak rozlehlé. Odpadne tedy rozsáhlá montáž vzduchotechnického potrubí velkých rozměrů a bude stačit pouze menší kruhové potrubí. Ostatní provozy mimo vyšetřovny budou větrány rovněž decentrálními vzduchotechnickými jednotkami umístěnými v přidružených místnostech provozu.

Pro provoz vyšetřoven bude větrání řešeno centrální vzduchotechnickou jednotkou se zpětným získáváním tepla umístěnou v technické místnosti v částečně podzemním podlaží.

1.3.7 Chlazení

Chlazení objektu je zajištěno tepelným čerpadlem pro vytápění typu ZEMĚ/VODA, které se s tímto zdrojem primární energie hodí k chlazení budov. Chlazením budovy dochází k odebírání tepla z budovy a k tzv. regeneraci primární strany tepelného čerpadla. Primární stranu tepelného čerpadla tvoří hlubinné geotermální vrty, ze kterých je v otopném období teplo odebíráno a proto je tedy provoz chlazení vhodný, protože se geotermální vrty opět zásobí teplem z budovy a rychleji se zregenerují na topnou sezónu. Tímto způsobem se dá dlouhodoběji udržovat dobrá kondice primární strany a v čase dochází k pomalejšímu tzv. vychlazování vrtů. Přívětivé podmínky pro dobrý topný faktor COP tepelného čerpadla jsou, když z primární strany tepelného čerpadla je přiváděna nemrzoucí směs s teplotou vyšší než 0°C a více. Teploty pod 0°C jsou právě způsobeny přetížením primární strany nebo absencí regenerace pomocí chlazení objektu. Tato regenerace se vyplácí až u větších soustav

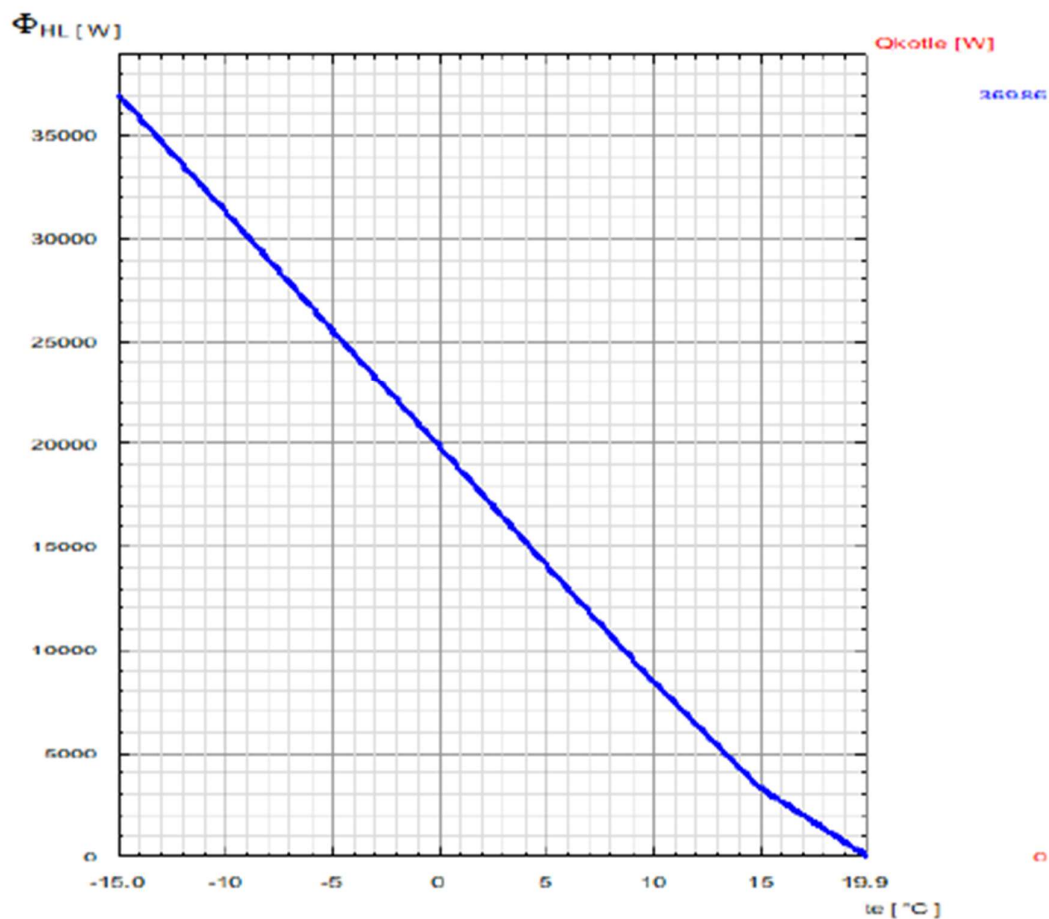
než jsou navrhovány například pro rodinné domy, čemuž instalace v polyfunkčním domě vyhovuje. [3]

Chlazení objektu bude zajištěno podlahovými otopnými plochami, které mohou fungovat, jak pro vytápění, tak pro chlazení. Teplota chladicí vody nesmí poklesnout pod teplotu rosného bodu (cca 17°C), aby nedocházelo ke srážení vlhkosti v roznášecí vrstvě. Chlazení podlahovou plochou je oproti klasické klimatizaci komfortní z hlediska pocitové teploty v místnosti, kdy například při chlazení podlahou s teplotním spádem 22/18°C je povrchová teplota podlahy v závislosti na podmínkách cca 20°C a teplota vzduchu v interiéru cca 24°C je teplotní rozdíl 4°C. Oproti klasické splitové klimatizaci, kde je v režimu chlazení teplota výparníku v rozmezí 6-8°C a teplota vyfukovaného vzduchu okolo 10°C, nastává rozdíl v ohledu na průměrnou teplotu v interiéru (24°C) až 14°C. [4]

1.3.8 Vytápění

Budova je vytápěna centrálním zdrojem tepla, kterým je stejně jako pro systém chlazení, tepelné čerpadlo typu ZEMĚ/VODA s primární stranou se zemními vrtly. Primární strana tepelného čerpadla bude umístěna na přilehlém pozemku budovy, na kterém je plánované parkoviště pro vozidla. Vnitřní jednotka tepelného čerpadla včetně dalších komponentů centrálního rozvodu tepla je umístěna v technické místnosti P.22. Primární strana zdroje je přivedena ze severní strany objektu z rozdělovače geotermálních vrtů. Tepelné čerpadlo bude provozováno jak pro vytápění tak pro přípravu teplé vody, která bude ohřívána teplotním spádem 60/50°C a otopná soustava bude pracovat s maximální teplotou otopné vody 55°C, která je potřebná k maximálnímu výkonu uvažovaného ohříváče ve vzduchotechnické jednotce. Otopná soustava bude rozdělena na jednotlivá podlaží. Centrální rozdělovač bude mít tedy 4 větve pro 4 podlaží na vytápění, jednu větev pro zásobování vzduchotechniky a jednu rezervní větev. Větvě vedoucí do jednotlivých pater budou osazeny čerpadlovými skupinami Flamco s trojcestnými ventily pro nastavení konstantní teploty otopné vody. Teplota otopné vody bude řízena ekvitermní regulací tepelného čerpadla. To znamená, že pro danou teplotu v exteriéru bude přepočtem v řídicím počítači tepelného čerpadla nastavena požadovaná teplota výstupu za směšovacími ventily. Teplota výstupu z tepelného čerpadla pro vytápění bude nastavena podle požadavku vzduchotechniky nebo podle nejvyšší požadované teploty na vytápění a to z důvodu rozdílných požadavků na teploty jednotlivých otopných větví.

Závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě dle vypočtené tepelné ztráty z praktické části diplomové práce je uvedena na následujícím obrázku č.2. Jedná se o tepelnou ztrátu objektu převzatou z projektu vytápění.

t_{min} : -15.0 °C t_{max} : 19.9 °Ckrok Δt : 5.0 K

Obrázek 2 - závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě

1.3.8.1 Otopné plochy:

V celém objektu bude navrženo podlahové vytápění, které může být využito i pro podlahové chlazení. Podlahové vytápění bude navrženo v obytných místnostech a chodby budou vytápěny přípojkami podlahového vytápění.

Otopná tělesa nejsou v objektu navržena, pouze v koupelnách jsou umístěny topné elektrické žebříky, které místnost dotápejí na požadovaných 24°C při výpočtových venkovních podmínkách a v přechodových obdobích budou sloužit k sušení ručníků nebo

jiného prádla. Volba elektrických topných žebříků je záměrná, protože vytvoření speciálního rozvodu jen pro topné žebříky by nebylo výhodné z pohledu tepelných ztrát na potrubí a účinnosti samotných těles. Elektrická tělesa budou mít maximální výkon 500W a uvažuje se pouze nárazové používání nebo používání v kombinaci s programovatelným termostatem s volitelným časovým rozvrhem, který zajistí nastavení tepelné pohody v obvyklých časech využívání těchto místností. Připojení topných žebříků do podlahových rozdělovačů je sice možné, ale vzhledem k nízké teplotě v podlahovém vytápění (cca 32°C) by byl efekt hřejivého tělesa velice mizivý. Zároveň se dají elektrické žebříky používat i v jiné než topné sezóně, když bude potřeba například něco rychleji usušit.

Otopné plochy budou vždy napojeny ze samostatného podlahového rozdělovače podlahového vytápění, který bude umístěn v každé samostatné jednotce ať už se bude jednat o byt, kancelář, prodejnu nebo veřejnou chodbu. V rozdělovači podlahového vytápění bude umístěn měřič tepla pro měření spotřebovaného tepla na vytápění. Dále bude spotřebované teplo měřeno na každé otopné větvi, která bude napojena na centrální rozdělovač/sběrač v technické místnosti, aby se rozdělilo spotřebované teplo, které je ztraceno na rozvodech vytápění.

1.3.8.2 Strojovna vytápění

Strojovna vytápění se nachází v technické místnosti v částečně podzemním podlaží budovy a je v ní umístěno veškeré technologické zařízení potřebné pro soustavu vytápění, tedy: vnitřní jednotka tepelného čerpadla, akumulární nádoba topné vody, centrální rozdělovač/sběrač topné vody, expanzní nádoby, čerpadlové skupiny a vyvažovací ventily jednotlivých topných větví.

1.3.8.3 Volba zdroje tepla:

Jako zdroj tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo ZEMĚ/VODA právě z těchto důvodů:

- možnost vytápět nebo chladit
- obnovitelný zdroj energie s minimální potřebou paliva (elektrické energie)
- budoucnost je v těchto zdrojích energie, ve smyslu k pomalu přicházejícím sankcím na klasické spalovací zdroje ať už na zemní plyn, uhlí nebo dřevěné peletky
- zdroj tepla neprodukuje emise v místě provozu
- stálé okrajové podmínky primárního okruhu (při dobré regeneraci geot. vrtů)
- nevyužívá teplo pro tzv. odmrazování výparníku venkovní jednotky
- bezhlučné v exteriéru
- dlouhá životnost tepelného čerpadla i primární strany

Tepelné čerpadlo tohoto typu má sice větší pořizovací investici vzhledem k náročnosti vybudování primární strany zdroje a vzhledem k ceně samotné vnitřní jednotky zdroje, ale

pro větší instalace, kterou je i tento objekt polyfunkčního domu, začíná být poměr primárních nákladů vzhledem k nákladům na vytápění velmi zajímavý. Například v porovnání s běžným spalovacím zdrojem, jako je plynový kotel, nebo v dnešní době naprosto ekologicky nepřijatelným čistě elektrickým zdrojem tepla (elektrické přímotopy). Nehledě na to, že se v okolí stavby nenachází plynovodní přípojka, která by musela být vybudována, nebo by musel být na pozemku umístěn zásobník zemního plynu. Srovnání s jinými typy tepelných čerpadel je investice jen o několik procent vyšší než například u typu VZDUCH/VODA. Musíme ale uvážit v potaz u to, že čerpadlo typu VZDUCH/VODA operuje s horšími podmínkami provozu vzhledem k podmínkám v exteriéru a tím jeho účinnost klesá pro rozlehlejší typy budov. [5]

Úvahu dokresluje následující porovnání zdrojů tepla (tepelné čerpadlo, plynový kotel, kotel na dřevěné pelety a dřevo a elektrické přímotopy) na online porovnávači, dostupném zde [6].

Vstupní údaje byly ponechány v původním nastavení, pouze se změnilo tepelné čerpadlo VZDUCH/voda na typ ZEMĚ/voda s průměrným topným faktorem 3,5.

Co porovnávat - výběr paliv, zdrojů tepla, ceny a investiční náklady

Zobrazit v tabulce: Nejběžnější paliva / Další obvyklá paliva

Palivo / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Potřeba paliva [rok ⁻¹]	Roční náklady [Kč]					Celkem
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	
Zemní plyn Kondenzační kotel 102 % RWE Energie, a.s.	2.46859 /kWh 281 /měsíc	14 515 kWh 1 376 m ³	25 473	10 357	22 525	5 952	10260	74 568 až 82 628
Tepelné čerpadlo Země/voda Top. faktor: 3,5 D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 5.13774 /kWh VT 5.46444 /kWh 485 /měsíc	3 776 kWh	13 791	5 607	16 641	5 820	23493	65 352 až 72 146
Elektrina přímotop Podlahové rohože a fólie 99 % D57d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 5.13774 /kWh VT 5.46444 /kWh 485 /měsíc	11 924 kWh	41 442	19 823	16 641	5 820	3350	87 076 až 88 326
Dřevní pelety Speciální kotel na pelety 92 %	5.8 /kg	3 042 kg	12 542	5 099	22 525	2 580	13993	56 740 až 65 334
Palivové dřevo Zplynovací kotel na dřevo 86 %	750 /PRM 20 %	13.4 PRM 4 067 kg	7 134	2 901	22 525	2 580	10227	45 367 až 51 293

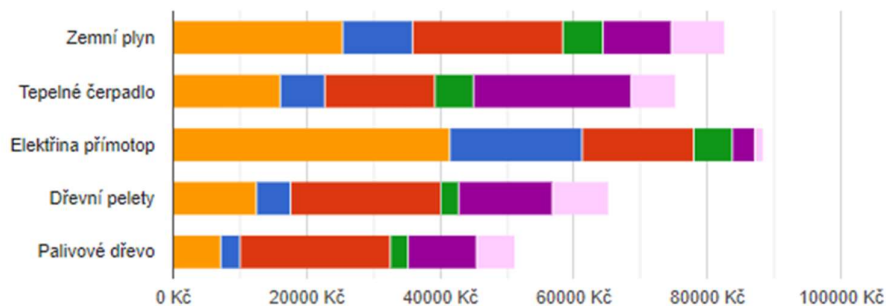
Obrázek 3 - porovnání zdrojů tepla a jejich náklady[6]

GRAF ROČNÍCH NÁKLADŮ NA ENERGIE V DOMĚ

Zobrazit: Náklady dle jednotlivých složek [Kč]

Vytápění Teplá voda Ostatní elektrická potřeba Paušální platby Investice a údržba

Potřeba energie na vytápění a teplou vodu 13 214 kWh/rok, potřeba elektrické energie pro ostatní spotřebiče 3 229 kWh/rok



Obrázek 4 - grafické porovnání nákladů na zdroje tepla[6]

Výsledné porovnání zdrojů tepla:

Výsledkem porovnání zdrojů tepla se zadanými poměrově správnými hodnotami docházíme ke zjištění, že tepelné čerpadlo vychází v hodnocení nejlépe z novodobých ekologických zdrojů.

Tepelné čerpadlo je v jiném tarifu pro dodávku elektrické energie než plynový kotel a ostatní zdroje vytápění kromě elektrického přímotopu a proto má i nižší náklady na ostatní elektrické potřeby domácnosti. Vzhledem k využití energie prostředí je účinnost tohoto zdroje vysoká a to i díky ekvitermní regulaci teploty otopné vody vstupující do systému. Čím nižší teplota otopné vody, tím účinněji tepelné čerpadlo pracuje.

Plynový kotel má nižší počáteční investici do zařízení, ale v čase se dražší provoz projeví právě větší spotřebou paliva, kdy potřebujeme pokrýt dodávkou plynu celou potřebu energie a nemáme k dispozici energii prostředí (země).

Elektrický přímotop je nejhorší variantou co se spotřeb energie týká. Snaha dnešní doby je spotřeby minimalizovat a co nejvíce využívat obnovitelných zdrojů z prostředí okolo nás. Přímotopné elektrické zdroje jsou pravým opakem. Jinak řečeno, jsou to uhelná kamna o pár kilometrů dále. Dokud nebude elektřina vyráběna čistými metodami, nedá se elektrický přímotop, resp. elektrický zdroj vytápění považovat za ekologický ani ekonomicky přijatelný. Spotřeby elektrické energie na vytápění jsou několika násobné oproti ostatním zdrojům a i s nižším tarifem za spotřebovanou kWh jsou měsíční platby několikanásobně vyšší.

Palivové dřevní peletky a dřevo samotné je sice ekonomicky zajímavý koncept „levného“ vytápění, ale jsme svazováni povinnostmi starat se o tento zdroj. Rozumí se tím doplňování paliva a vynášení již vyhořelého paliva, zabránění prostoru v objektu pro skladování paliva, zaměstnání obsluhy – kotelníka. Pro dnešní moderní budovy, rozlehlých půdorysů je to nepřípustné řešení.

1.3.8.4 Primární strana tepelného čerpadla

Primární stranu tepelného čerpadla bude tvořit sestava geotermálních vrtů uspořádána do jednoho vrtného pole. Návrh vrtného pole pro potřeby objektu je velmi složitý a pro výkony větší než 30kW je nutno vytvořit numerické modely chování geotermálních vrtů v čase. V projektové dokumentaci bude uveden předběžný návrh vrtného pole na základě vypočtených potřeb energií budovy, který odpovídá Německé normě VDI 4640. Postup předběžného návrhu jsem konzultoval v odborné společnosti GE.TRA, která se zabývá dlouhodobě projektováním a realizací nejen primárních stran tepelných čerpadel ZEMĚ/VODA.[7]

Podrobný návrh vrtného pole provádí vždy odborná firma, která vrtné pole realizuje nebo projektuje primární strany tepelných čerpadel. Návrh vrtného pole vždy závisí na mnoha faktorech, které ovlivňují okrajové podmínky návrhu. Základními faktory jsou

podmínky v podloží, požadovaný výkon vrtného pole, předpokládaná možná hloubka geotermálních vrtů, maximální možný chladicí výkon vrtů a v neposlední řadě způsob provozu v budově – nastává rozdíl mezi budovou, která bude využívat tepelné čerpadlo jen na vytápění a ohřev teplé vody a mezi budovou, která bude využívat zařízení i na letní chlazení objektu. V případě kombinace vytápění i chlazení nastává příznivější situace pro geotermální vrty, které během chladicí sezóny mnohem lépe regenerují, než vrty využívané pouze na vytápění (obecně řečeno).[8]

Nejlepším způsobem pro zjištění co nejpřesnějších okrajových podmínek v místě realizace vrtného pole je provedení TRT (Thermal Response Test) testu. Tento test se však provádí až u větších instalovaných výkonů a to zpravidla nad 50 kW tepelné ztráty objektu. Podstata TRT testu spočívá ve vyhotovení jednoho testovacího vrtu, který se po dobu zpravidla 72h sleduje a jsou kontinuálně zaznamenávána naměřená data. Měří se hodnoty pro přesnější informace o tepelné vodivosti podloží, tepelném odporu vrtu a neovlivněné teplotě podloží. Test probíhá po standardním vyhotovení vrtu a následným čerpáním vody potrubím vrtu. Záznamem testu jsou pak nastavené průtoky vody a její vstupní a výstupní teploty do/z vrtu. Test se zpravidla provádí až po úplném vytvrdnutí cemento-bentonitové injektážní směsi, která celý vrt zpětně těsní.[8]

Příklad z realizace TRT testu:



Obrázek 5 – GE.TRA - provádění TRT testu[9]



Obrázek 6 - sběrná šachta geotermálních vrtů[10]



Řez kruhovou sběrnou šachtou pro přímání okruhů tepelného čerpadla země-voda

Obrázek 7 - vystrojení sběrné šachty uzavíracími kohouty a regulátory průtoku[10]



Obrázek 8 - Y kus jako redukce počtu okruhů[11]



Obrázek 9 - Y kus vybaven 90° tvarovkou[11]



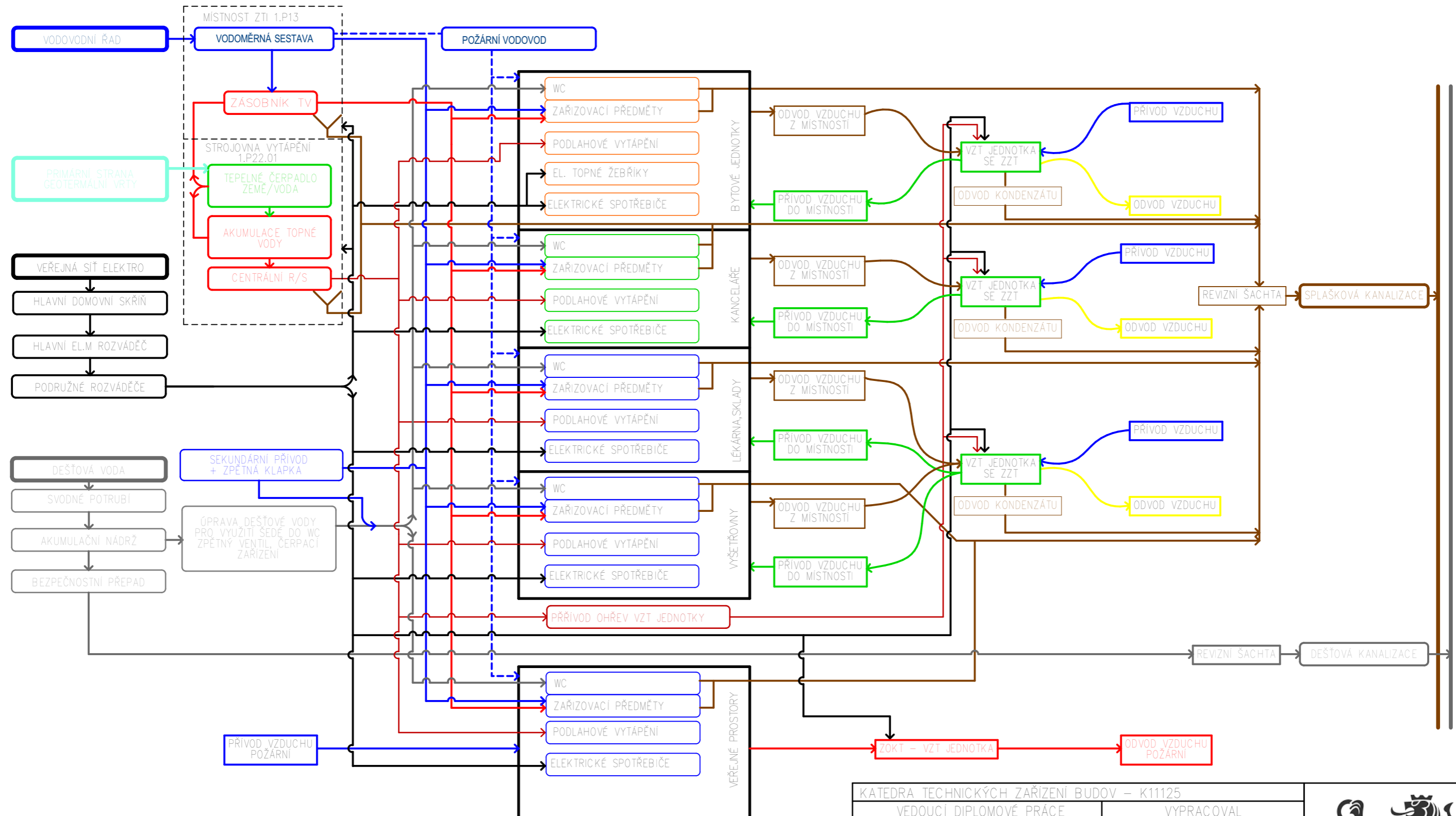
Obrázek 10 - geotermální sonda vrtu[12]




Obrázek 11 - navinuté potrubí s připravenou sondou[12]

PRIMÁRNÍ STRANA TZB

OBJEKT



KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV – K11125			
VEDOUcí DIPLOMOVÉ PRÁCE			VYPRACOVAL Bc. JAN JEŘÁBEK
prof. Ing. KAREL KABELE, C.Sc.	ROČNÍK : 2		OBOR: B
PŘEDMĚT: 125DPM			PODPIS:
AKCE: NOVOSTAVBA POLYFUNKČNÍ BUDOVY			MĚŘITKO
vÝKRES č. 1. KONCEPT SYSTÉMŮ TZB			DATUM
			-
			30.12.2021

2 Část 2.– projekt vytápění Polyfunkční budovy

Praktická část diplomové práce se zabývá návrhem otopné soustavy objektu. Návrh soustavy je řešen jako klasická projektová dokumentace v rozsahu rozšířené dokumentace pro stavební povolení. Projektová dokumentace je umístěna v samostatných deskách s tkaničkami ve společném boxu diplomové práce a obsahuje tyto části:

2.1 Technická zpráva s přílohami

2.1.1 Technická zpráva

2.1.1.1 Příloha č.1 Výpočtová část

- Příloha výpočtové části č. 1.1 – Tepelné ztráty objektu – *dostupné pouze v elektronické podobě diplomové práce – netiskne se*
- Příloha výpočtové části č. 1.2 – Celková bilance podlahového vytápění – *dostupné pouze v elektronické podobě diplomové práce – netiskne se*
- Příloha výpočtové části č. 1.3 – Hydraulické vyvážení soustavy – *dostupné pouze v elektronické podobě diplomové práce – netiskne se*

2.1.1.2 Příloha č.2 Technické podklady navržených zařízení

- Technický list tepelného čerpadla WATERKOTTE 5112
- Technický list zásobníku teplé vody Reflex AH 1000/1
- Technický list akumulční nádoby topné vody Reflex R800 H
- Technická dokumentace centrálního rozdělovače/sběrače ETL EKOTERM

2.2 Výkresová dokumentace

- Výkres č. 1 – Koordinační situace 1:200
- Výkres č. 2 – Půdorys 1.PP - vytápění 1:50
- Výkres č. 3 – Půdorys 1.NP - vytápění 1:50
- Výkres č. 4 – Půdorys 2.NP - vytápění 1:50
- Výkres č. 5 – Půdorys 3.NP - vytápění 1:50
- Výkres č. 6 – Schéma strojovny vytápění -
- Výkres č. 7 – Půdorys a řez strojovny vytápění 1:25
- Výkres č. 8 – Rozvinuté schéma otopné soustavy 1:50
 - Výkres č.8 rozdělen na tři části, 8A, 8B, 8C

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Jižní pohled na budovu [vlastní dokumentace]	8
Obrázek 2 - závislost tepelných ztrát na venkovní teplotě	14
Obrázek 3 - porovnání zdrojů tepla a jejich náklady[6]	17
Obrázek 4 - grafické porovnání nákladů na zdroje tepla[6]	17
Obrázek 5 - GE.TRA - provádění TRT testu[9]	19
Obrázek 6 - sběrná šachta geotermálních vrtů[10]	20
Obrázek 7 - vystrojení sběrné šachty uzavíracími kohouty a regulátory průtoku[10]	20
Obrázek 8 - Y kus jako redukce počtu okruhů[11]	20
Obrázek 9 - Y kus vybaven 90° tvarovkou[11]	20
Obrázek 10 - geotermální sonda vrtu[12]	20
Obrázek 11 - navinuté potrubí s připravenou sondou[12]	20

Literatura

- [1] R.O, ASIO, spol s. Dešťová voda v domě. *ASIO, spol. s r.o.* [online]. [vid. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/destova-voda-v-dome>
- [2] Herkules 1 600 l nadzemní nádrž. *Dešťovénádrže.cz* [online]. [vid. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.destovenadrze.cz/eshop/nadzemni-nadrz-herkules-1600-l-detail>
- [3] *Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/>
- [4] IVT, Tepelná čerpadla. Mýty o chlazení podlahovým vytápěním. *Tepelná čerpadla IVT* [online]. [vid. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/myty-o-chlazení-podlahovym-vytapenim>
- [5] *Školení Blesková nalejvárna - PROTC* [online]. [vid. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/skoleni-bleskova-nalejvarna>
- [6] Porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii. *TZB-info* [online]. [vid. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-teplou-vodu-a-elektrickou-energii-tzb-info>
- [7] *Norma VDI 4640, Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/problematiky/norma-vdi-4640>
- [8] *Tepelná čerpadla - primární okruhy, Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/problematiky/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy>
- [9] *Thermal Response Test, Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/problematiky/thermal-response-test>
- [10] *Kruhová šachta MONO, Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/katalog/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy/kruhova-sachta-mono>
- [11] *Redukce počtu větví (Y-kus), Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/katalog/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy/redukce-poctu-vetvi-y-kus->
- [12] *JANSEN Geotwin - zemní sondy, Tepelná čerpadla a kompaktní těsnění od GE-TRA s.r.o.* [online]. [vid. 2021-12-23]. Dostupné z: <https://www.ge-tra.cz/katalog/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy/jansen-geotwin-zemni-sondy>