

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ RODINNÉ VILY POMOCÍ
TEPELNÝCH ČERPADEL**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

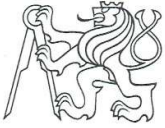
Vypracoval:

Bc. Jindřich Svoboda

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2019/2020



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Svoboda Jméno: Jindřich Osobní číslo: 438370

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov K125

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění a chlazení rodinné vily pomocí tepelných čerpadel

Název diplomové práce anglicky: Heating and cooling the family villa using heat pumps

Pokyny pro vypracování:

Předmětem zadání bude moderní rodinná vila, které bude pro výrobu chladu a tepla využívat tepelná čerpadla. Předmětem práce bude zpracování koncepčního návrhu řešení a vytápění a chlazení zadaného objektu a následný projekt řešení.

Rešeršní část bude obsahovat: bilanční výpočet potřeby tepla a chladu zadaného objektu pomocí simulačního výpočtu zpracovaného v SW Designbuilder, bilanční výpočet soustavy s tepelnými čerpadly podle TNI 730351, přehled možných řešení a návrh zvoleného řešení pro daný objekt

Projekt bude obsahovat: detailní návrh všech prvků soustavy vytápění a chlazení, výkresovou dokumentaci a technickou zprávu.

Seznam doporučené literatury:

Chladicí a klimatizační technika I a II, Svaz chladicí a klimatizační techniky, Praha 2015

ČSN EN 15450

TNI 730351

Dušan Petráš a kol. - Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie

Jméno vedoucího diplomové práce: Miroslav Urban

Datum zadání diplomové práce: 23.9.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020

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 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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

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

Praha, 5. 1. 2020

podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi svými znalostmi a zkušenostmi pomohli k vypracování mé diplomové práce. Poděkování patří především vedoucímu práce panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí užitečných rad a ochotné zodpovězení všech mých dotazů a také oddělení technické podpory IVT Tepelná čerpadla s.r.o. za poskytnuté projekční podklady k problematice tepelných čerpadel.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	POPIS OBJEKTU	8
3	TEPELNÁ BILANCE V PROGRAMU DESIGNBUILDER	8
3.1	Tvorba modelu.....	8
3.2	Nastavení parametrů modelu	10
3.3	Výsledky tepelného výkonu a tepelné zátěže	11
3.4	Ověření správnosti výsledků.....	11
3.5	Optimalizace modelu, úskalí práce s DesignBuilder	12
3.6	Konečné výsledky tepelné bilance.....	13
4	PŘEHLED MOŽNÝCH ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ.....	16
4.1	Podlahové vytápění.....	16
4.2	Stropní a stěnové vytápění.....	17
4.3	Otopná tělesa	17
5	PŘEHLED MOŽNÝCH ŘEŠENÍ CHLAZENÍ.....	17
5.1	Stropní chlazení	17
5.2	Multisplit systém	18
5.3	Další možnosti chlazení	18
6	ZVOLENÉ ŘEŠENÍ PRO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ OBJEKTU	18
7	ČSN EN 15450 - NAVRHOVÁNÍ TEPELNÝCH SOUSTAV S TEPELNÝMI ČERPADLY	19
8	NÁVRH ZDROJE TEPLA A ZEMNÍCH VRTŮ	20
8.1	Návrh tepelného čerpadla země/voda.....	20
8.2	Návrh zemních vrtů	23
9	BILANČNÍ VÝPOČET SOUSTAVY DLE TNI 73 0351.....	24
9.1	Vyhodnocení navržené soustavy	25
10	ZÁVĚR.....	28
11	POUŽITÉ ZDROJE	29
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	32
13	SEZNAM TABULEK.....	33
14	SEZNAM PŘÍLOH	34

Anotace

Diplomová práce se ve své první části věnuje vytvoření výpočetního modelu v simulačním softwaru DesignBuilder a zmiňuje některá úskalí práce s ním. Dále se zabývá návrhem tepelného čerpadla a popisuje bilanční výpočet uvedený v TNI 73 0351, podle kterého následně stanovuje sezónní topný faktor navržené soustavy. Uvádí možná řešení pro vytápění a chlazení objektu, z nichž je vybráno to nejvhodnější. Druhá část práce je věnovaná vlastnímu návrhu vytápění a chlazení objektu a pro zvolené řešení je zde zpracována projektová dokumentace ve stupni pro provedení stavby.

Klíčová slova: tepelné čerpadlo, vytápění, chlazení, DesignBuilder

Abstract

The first part of this thesis deals with creating a computational model in simulation software DesignBuilder and mentions some pitfalls of working with it. It also deals with the design of the heat pump and describes the balance calculation given in TNI 73 0351, which determines the seasonal heating factor of the proposed system. It lists possible solutions for heating and cooling the building, from which the most suitable one is selected. The second part of the work is devoted to the design of heating and cooling of the building and there is the project documentation in the stage of construction for the selected solution.

Keywords: heat pump, heating, cooling, DesignBuilder

1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je návrh vytápění a chlazení daného objektu s použitím zdroje tepla a chladu v podobě tepelného čerpadla.

V první fázi vytvořím výpočetní model objektu v softwaru DesignBuilder, který bude simulovat pravděpodobné chování objektu a pomocí kterého stanovím tepelné bilance objektu. Pro ověření správnosti výsledků tepelného výkonu použiji v praxi běžně používaný výpočetní nástroj Protech. Výsledky simulace v podobě roční potřeby tepla na vytápění a vypočtené potřeby tepla na přípravu teplé vody využiji pro návrh tepelného čerpadla. Také uvádím přehled jednotlivých možných řešení pro vytápění a chlazení objektu, ze kterých je vybráno to nejvhodnější. Dále intervalovou metodou podle TNI 73 0351 provedu bilanční výpočet navržené instalace, jejímž hlavním výstupem bude stanovení sezonního topného faktoru.

Druhou část práce tvoří vlastní projekt vytápění a chlazení objektu, v rámci kterého provedu návrh jednotlivých prvků soustavy a zpracuji projektovou dokumentaci ve stupni pro provedení stavby.

2 POPIS OBJEKTU

Jedná se o novostavbu třípatrové rodinné vily s plochou střechou. Vila je rozdělena na obytnou část v západní polovině objektu a neobytnou část ve východní polovině objektu, kterou tvoří prostor bazénu spolu se zázemím a posilovna. Hlavní vstup do objektu je na severní straně z ulice.

Obytná část se skládá z jednoho podzemního a dvou nadzemních podlaží. První podzemní podlaží je z většinové části pod úrovní terénu a předpokládá se, že bude využíváno příležitostně. Nahází se zde společenská místnost, WC a sklep. V prvním nadzemním podlaží se nachází hlavní obytný prostor, který v části prostupuje až do úrovně druhého nadzemního podlaží. K obytnému prostoru přilehá kuchyň, v opačném rohu bar s posezením a na jižní straně prosklená venkovní terasa. V západní části tohoto patra je dále ložnice, koupelna, prádelna a také atrium s venkovním krbem a prostorem pro uskladnění dřeva. Vstup do atria je možný z obytného prostoru, kuchyně nebo přes prádelnu a také přímo z ulice. V obytném prostoru se nachází interiérový krb s odkouřením nad střechu objektu a přívodem spalovacího vzduchu z exteriéru. Celá jižní fasáda prvního nadzemního podlaží je z významné části prosklená. Druhé nadzemní podlaží je pojato jako klidová zóna. Nahází se zde dvě pracovny, dva pokoje, koupelna, komora a také terasa se vstupem z chodby nebo z jednoho z pokojů.

Východní polovina objektu je celá ve výškové úrovni prvního nadzemního podlaží. Vstup do této části je z prostoru schodiště, kde se následně nachází zázemí této části objektu složené z umývárny s přílehlými toaletami, místnosti určené k odpočinku a šatny. Velkou část zde zabírá prostor bazénu, ke kterému přiléhá menší sauna a také ochlazovna. Dále se zde nachází místnost určená pro bazénové technologie a posilovna. V severní části této poloviny objektu je zastřešené parkovací stání, garáž a technická místnost.

3 TEPELNÁ BILANCE V PROGRAMU DESIGNBUILDER

3.1 Tvorba modelu

V této části popíši tvorbu výpočetního modelu v softwaru DesignBuilder, přičemž níže uvedený text může sloužit také jako stručný návod.

V první fázi bylo nutné si připravit jednotlivá podlaží ve formátu DXF a to tak, aby každé podlaží bylo vždy na stejných souřadnicích. Po založení nového souboru v programu jsem zvolil požadovanou lokaci, v tomto případě Praha Ruzyně. Následně jsem založil budovu a vložil DXF podklad prvního podzemního podlaží.

V případě, že se jedná o objekt s podzemním podlažím, je vhodné dodržovat standardní stavební výškové rozložení pater, tedy výškovou kótu podlahy 1.NP na $\pm 0,000$. DesignBuilder u obvodových stěn, které mají nižší výškovou úroveň, defaultně uvažuje, že přiléhají k zemině a tudíž do nich nelze osadit žádné okno. Pokud některá ze stěn podzemního podlaží přiléhá k exteriéru a obsahuje okno, lze tento problém vyřešit dvěma způsoby. Tím jednodušším je v nastavení konkrétní stěny zaškrtnout, že nepřiléhá k zemině. U tohoto objektu ovšem jedna strana prvního podzemního podlaží přilehlá k zemině pouze ve své spodní části, zbytek této strany sousedí s exteriérem a obsahuje okno. V takovém případě je nutné použít druhý způsob, tedy posunout výškové kóty pater a $\pm 0,000$ uvažovat jako výšku podlahy 1.PP.

Upravil jsem orientaci ke světovým stranám dle projektové dokumentace a v úrovni budovy vytvořil building blok 1.PP, který bylo následně nutné rozdělit na jednotlivé místnosti. Z důvodu potřeby tepelných bilancí všech místností jsem se musel vyhnout pro určité potřeby vhodnému zjednodušení modelu v podobě slučování místností se stejným provozem a stejnou návrhovou teplotou. Pro jednodušší orientaci bylo vhodné přejmenovat místnosti dle projektu. Následně jsem vytvořil okenní otvor a vnitřní dveře.

Po dokončení prvního podzemního podlaží jsem nahrál DXF podklad pro první nadzemní podlaží, vytvořil building blok 1.NP a postupoval stejným způsobem jako v případě prvního podzemního podlaží. Při vytvoření druhého nadzemního podlaží jsem postupoval obdobně.

Po použití druhého z výše uvedených způsobů bylo nutné vytvořit zeminu pomocí component bloku ground všude tam, kde má být, protože vlivem posunutí výškové kóty pater software uvažoval exteriér také pod nepodsklepenou částí prvního nadzemního podlaží, kde se ve skutečnosti nachází zemina.

Dále jsem vymodeloval další blok znázorňující nevytápěnou venkovní prosklenou terasu. Ten je nutný z toho důvodu, že na terase bude jiná teplota než přímo v exteriéru a to v letním i zimním stavu.



Obrázek 1: Výpočetní model objektu [13, 43]

3.2 Nastavení parametrů modelu

V této fázi jsem vytvořil veškeré svislé a vodorovné konstrukce, překontroloval jejich nastavení v úrovni jednotlivých místností, vytvořil vlastní typ okenních otvorů tak, aby součinitel prostupu tepla byl roven $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a reprezentoval na objektu použitá trojskla. Ten jsem následně použil pro okna v obvodovém plášti i pro střešní okna. Jako stínění jsou navrženy venkovní žaluzie s automatickým ovládáním podle intenzity slunečního záření. Tato intenzita je měřena slunečním čidlem a k zatažení žaluzií dochází automaticky po překročení předem nastavené hodnoty $180 \text{ W}/\text{m}^2$ a to pouze v letním stavu. V zimní části roku je tato regulace vypnuta, aby nedocházelo k nechtěnému snižování tepelných zisků ze slunečního záření. Jako osvětlení jsem pro všechny prostory objektu zvolil LED žárovky s rozvrhem uvedeným v příloze 04, část 04.01. Ovládání je nastaveno v závislosti na denním osvětlení.

V objektu se předpokládá instalace VZT systémů, z tohoto důvodu neuvažuji žádnou intenzitu výměny vzduchu větráním, ale pouze infiltraci pláštěm budovy o hodnotě $0,1 \text{ h}^{-1}$ pro místnosti s jedním oknem a $0,15 \text{ h}^{-1}$ pro místnosti se dvěma okny. Jako zdroj tepla a chladu je zadáno tepelné čerpadlo, které dále zajišťuje také přípravu teplé vody. Vytápění i chlazení je v celém objektu regulováno podle vnitřní teploty.

Další hodnoty nastavení modelu a použité rozvrhy jsou uvedeny v příloze 04, část 04.01.

3.3 Výsledky tepelného výkonu a tepelné zátěže

Po kompletním nastavení modelu byl v záložce heating design stanoven tepelný výkon bez návrhové přírážky na 14,2 kW, stejně tak tepelná zátěž objektu v záložce cooling design na 8,0 kW. Výsledné potřeby tepla a chladu budou stanoveny po optimalizaci modelu.

3.4 Ověření správnosti výsledků

Jelikož DesignBuilder je simulační software a jeho výsledky závisí na velkém množství proměnných, které jsou defaultně nastaveny anebo zadány uživatelem a není tak na první pohled jednoznačně patrný postup, jakým byly zpracovány, rozhodl jsem se ověřit správnost hodnoty tepelného výkonu. Pro ověření použiji v praxi běžně užívaný výpočet v softwaru Protech podle ČSN EN 12831.

Aby byly výsledky porovnatelné, použiji stejnou zimní návrhovou teplotu. V jednotlivých místnostech budu uvažovat stejnou výpočtovou teplotu a intenzitu výměny vzduchu, respektive infiltraci obálkou budovy. U konstrukcí jsou zohledněny tepelné vazby pomocí zhoršení součinitele prostupu tepla o hodnotu $\Delta U=0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Následně byl stanoven tepelný výkon objektu na hodnotu 19,1 kW, což je rozdíl 4,9 kW mezi těmito použitými metodami, tedy téměř o 35 % více. Takto výrazně jiná hodnota pravděpodobně indikuje nějaký problém na použitém modelu. Výsledky jednotlivých místností jsou uvedeny v příloze 03, část 03.01.

Obdobným způsobem byla pro porovnání stanovena také tepelná zátěž. Zde podle normy ČSN 73 0548, kdy jsou veškeré vnitřní zisky sčítány, byly výsledné hodnoty pro jednotlivé místnosti vyšší oproti modelu z DesignBuilder, který například neuvažuje souběžný tepelný zisk ze slunečního záření a vnitřního osvětlení.

Při zanedbání vnitřních zisků byla tepelná zátěž chlazených místností podobná a lze ji považovat za správnou, až na místnost č. 1.07, kde byl rozdíl způsoben jiným důvodem, a to tím, že stínící venkovní žaluzie nejsou navrženy na jižní fasádě obytného prostoru č. místnosti 1.07, ale na fasádě venkovní terasy č. místnosti 1.27, která k němu přiléhá. Protech bohužel nedokáže při výpočtu tepelných zisků zohlednit tuto venkovní

nechlazenou prosklenou terasu, která k obytnému prostoru přiléhá. Lze tedy zadat venkovní žaluzie pouze přímo na prosklenou fasádu obytného prostoru. To ovšem není požadovaný stav ideální a vede ke zkreslení hodnot. Z těchto důvodů v této práci nebudu uvádět výsledky tepelné zátěže stanovené pomocí softwaru Protech.

3.5 Optimalizace modelu, úskalí práce s DesignBuilder

Výsledný rozdíl tepelného výkonu mezi použitými metodami byl výrazný, proto bylo nutné vrátit se zpět k výpočtům a zjistit proč tomu tak je. Aby byl problém lépe zjištělý, byly určeny jednotlivé tepelné ztráty pro každý použitý typ konstrukce. Díky tomu bylo patrné, že největší rozdíl tvoří podlaha na zemině a výplně otvorů v obvodovém plášti.

U software DesignBuilder byla tepelná ztráta do zeminy velmi malá a v prostoru garáže s výpočtovou teplotou 12 °C byl dokonce uvažován mírný tepelný zisk. Z toho vyplývalo, že uvažovaná teplota zeminy není správná. V nastavení software byla tato teplota přednastavena na výchozí hodnotu 18 °C, tu jsem tedy změnil na standardně uvažovanou teplotu zeminy 5 °C. To považuji za celkem velký problém, protože většina uživatelů při pouhém použití výsledného tepelného výkonu prakticky nemá šanci tento podstatný detail odhalit.

Dále bylo zjištěno, že software Protech u výplní okenních a dveřních otvorů implicitně uvažuje bezpečnostní korekční činitel $kU = 1,15$. Z tohoto důvodu jsem o 15 % zvýšil také součinitel prostupu tepla těchto výplní v první použité metodě výpočtu. Zbylé rozdíly byly dány zohledněním tepelných vazeb v Protechu. Následně jsem tyto vazby manuálně zohlednil také v DesignBuilder. U obvodových stěn byl rozdíl vyšší také proto, že podstatná část podzemního patra je obklopena zeminou.

Níže uvedená tabulka udává původní rozdíl mezi použitými metodami pro konstrukce tvořící obálku objektu. Rozdíl je zaokrouhlen na celé desítky.

Typ konstrukce	Rozdíl [W]
Obvodové stěny	910
Podlaha na zemině	2000
Podlaha nad exteriérem	100
Střecha	360
Výplně otvorů v obvodovém plášti	1530
Σ	4900

Tabulka 1: Rozdíly ve výpočtu pro jednotlivé typy konstrukcí [43]

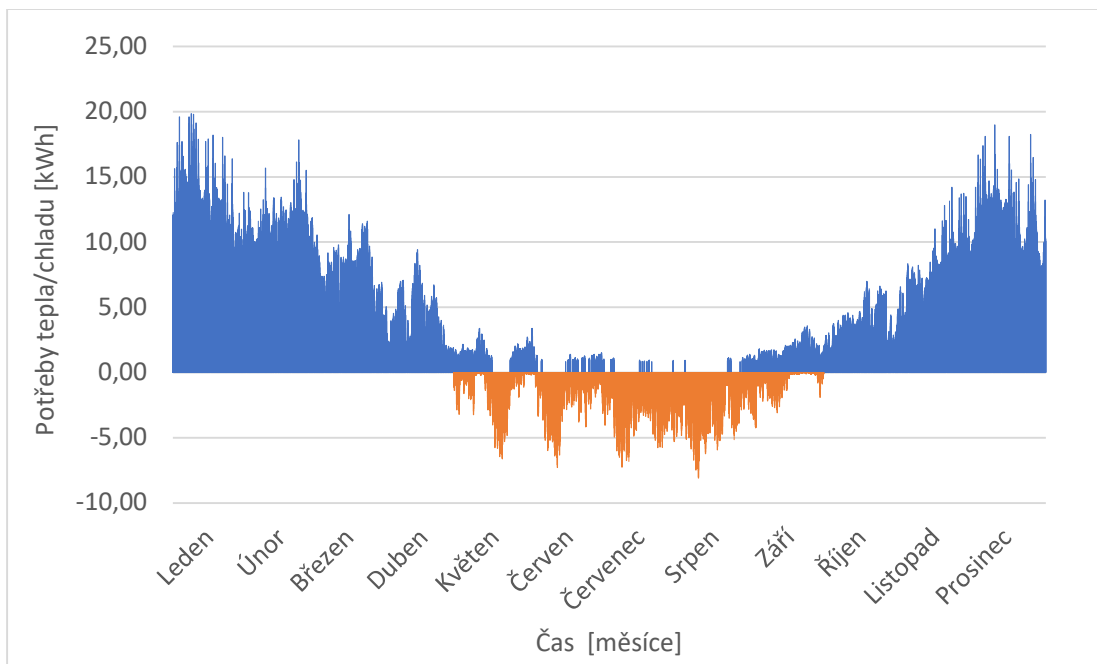
3.6 Konečné výsledky tepelné bilance

Po optimalizaci výpočetního modelu byl v záložce heating design znovu stanoven tepelný výkon bez návrhové přírážky na konečnou návrhovou hodnotu 18,6 kW. Tepelná zátěž objektu v záložce cooling design se po provedených úpravách nepatrně zvýšila a to na hodnotu 8,3 kW. Po provedení simulace byla stanovena výsledná roční potřeba tepla na vytápění 42 197 kWh a roční potřeba chladu 5 226 kWh. Dále jsem za pomoci ručního výpočtu stanovil potřebu tepla na přípravu teplé vody, potřebu tepla pro jednorázový ohřev a následné dohřívání bazénové vody.

Potřeba tepla na vytápění	42 197 kWh
Potřeba tepla na přípravu teplé vody	8 014 kWh
Potřeba chladu	5 226 kWh
Potřeba tepla na dohřev bazénové vody	9 116 kWh
Potřeba tepla na jednorázový ohřev bazénové vody	636 kWh
Tepelný výkon	18,6 kW
Tepelná zátěž	8,3 kW
Výkon zdroje chladu	8,0 kW

Tabulka 2: Souhrnné výsledky bilancí [13, 43]

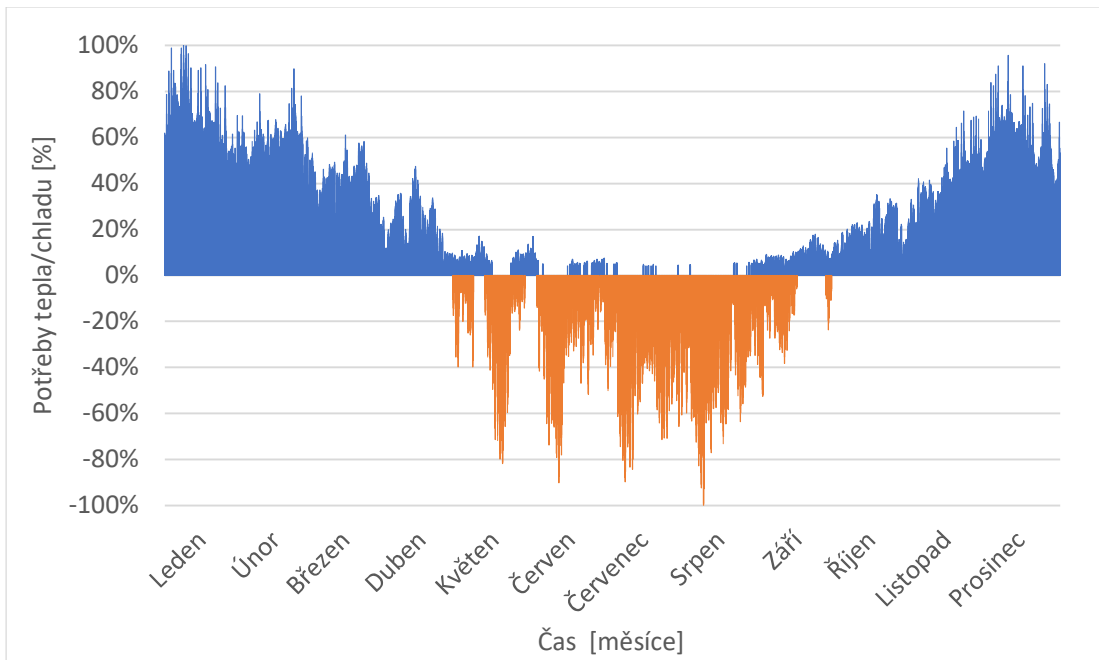
Na základě výstupních hodinových potřeb tepla a chladu ze simulace byly vytvořeny níže uvedené grafy. Minimální potřeby tepla do hodnoty 4 % z maximální hodinové potřeby nebyly uvažovány z důvodů jejich velmi vysoké četnosti prakticky po celý rok. Stejná úprava byla provedena také u hodinových hodnot potřeby chladu.



Obrázek 2: Roční průběh potřeby tepla a chladu [43]

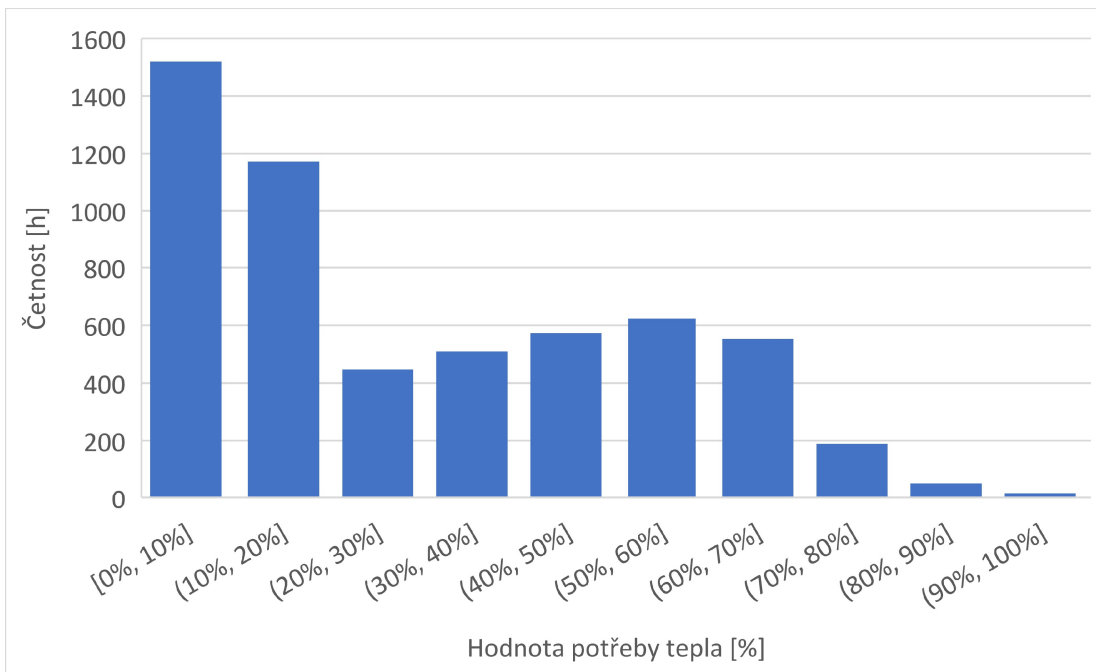
Z grafu je patrná souběžná potřeba tepla a chladu v části roku. Ta je způsobena hlavně prostorem s bazénem, protože ten je celoročně vytápěn na 28 °C, zatímco obytné prostory objektu jsou v případě potřeby chlazeny na teplotu 26 °C. Dále je vidět, že potřeba tepla oproti potřebě chladu převažuje a to hlavně díky použití venkovních žaluzií. Při použití jiného typu stínění prosklených ploch lze očekávat zvýšení potřeby chladu.

Kvůli přehlednějšímu znázornění průběhu hodinové potřeby chladu je u dalšího grafu svislá osa vyjádřena v procentech.

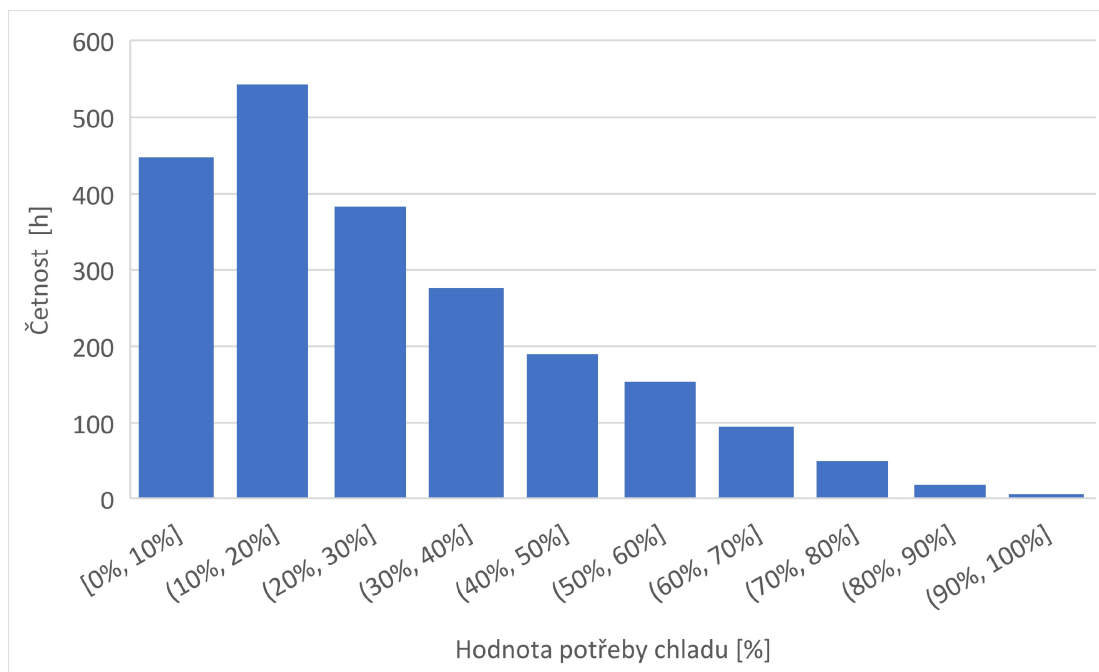


Obrázek 3: Roční průběh potřeby tepla a chladu vztažený k procentům [43]

Další dva grafy vyjadřují hodinovou četnost potřeby tepla a chladu v závislosti na jejím procentuálním rozložení po hodnotě 10 %.



Obrázek 4: Hodinová četnost potřeby tepla [43]



Obrázek 5: Hodinová četnost potřeby chladu [43]

4 PŘEHLED MOŽNÝCH ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ

4.1 Podlahové vytápění

Jedná se o otopnou plochu, která pro předání tepla do interiéru místnosti využívá převážně sálavou složku tepelného toku a pouze malou část tepla předává konvekcí. Díky převažující sálavé složce se nejdříve zahřívají okolní konstrukce v interiéru a od nich poté vzduch. Povrchová teplota okolních konstrukcí je tedy vyšší než v případě otopných těles.

[3]

Teplota podlahy u navrženého podlahového vytápění musí splňovat požadavky na její maximální hodnotu 33 °C pro koupelny, 29 °C pro obytné místnosti a 27 °C při použití dřevěné nášlapné vrstvy podlahy. Podlahové vytápění není vhodné instalovat pod pevně zabudované prvky interiéru, jakými jsou kuchyňské linky, vany atd. Také je nevhodné zakrývat tyto plochy koberci případně nábytkem bez nožiček.

Výhody podlahového vytápění: architektonicky čisté řešení, příjemné teplo od podlahy, velká akumulační schopnost (ta může být v některých případech brána spíše jako nevýhoda), rovnoměrné rozložení tepla.

4.2 Stropní a stěnové vytápění

Stejně jako u podlahového vytápění se i stropní a stěnové vytápění řadí mezi sálavé velkoplošné vytápění. Sdílení tepla je v těchto případech shodné. Stropní a stěnové vytápění může být realizováno pomocí kapilárních rohoží nebo otopných hadů, které jsou na stěnu případně strop připevněny pomocí systémových prvků a následně zakryty omítkou. U návrhu stěnového vytápění je důležité znát budoucí rozmístění nábytku v místnosti. Tato skutečnost velmi omezuje využívání tohoto systému v obytných stavbách.

Výhody stropního a stěnového vytápění: architektonicky čisté řešení, rovnoměrné rozložení tepla hlavně u stropního provedení.

4.3 Otopná tělesa

U otopných těles se teplo předává pomocí konvekce a přímo tak ohřívá vzduch v interiéru místnosti a až následně od něho jsou ohřívány okolní konstrukce. Teplota vnitřního vzduchu je tedy vyšší než teplota okolních konstrukcí. [3]

Otopná tělesa se dělí na desková, článková, trubková, designová a konvektory. Takto různorodý objekt s prostorem bazénu a velkým počtem francouzských oken prakticky nejde vytápět pouze jedním typem otopných těles. Muselo by se jednat o kombinaci podlahových konvektorů, deskových případně designových otopných těles a samozřejmě jsou trubková otopná tělesa v koupelnách.

Výhody otopných těles: rychlá a jednodušší instalace oproti velkoplošnému vytápění, estetika v případě podlahových konvektorů a designových otopných těles.

5 PŘEHLED MOŽNÝCH ŘEŠENÍ CHLAZENÍ

5.1 Stropní chlazení

Jedná se o vysokoteplotní systém chlazení a stejně jako v případě podlahového, stropního i stěnového vytápění o systém, který předává teplo v tomto případě chlad převážně sáláním. Při návrhu stropního chlazení je velmi důležité trvale zajistit, aby teplota stropu

neklesla pod aktuální teplotu rosného bodu a bylo tak zamezeno kondenzaci vodních par na povrchu chladné stropní konstrukce.

Výhody stropního chlazení: architektonicky čisté řešení, nedochází k odvlhčování vzduchu, nevzniká nepříjemné chladné proudění vzduchu, vytvoření komfortního prostředí.

5.2 Multisplit systém

Multisplit je chladivový systém, kdy je ke každé venkovní jednotce možné připojit několik vnitřních, nejčastěji dvě až pět. Jejich přesný počet závisí na konkrétním výrobcí. Systém se vyznačuje tím, že z venkovní jednotky vede ke každé vnitřní jednotce samostatný rozvod chladiva. Přičemž vnitřní jednotka je vybavena výparníkem, ventilátorem a řídicí elektronikou a venkovní jednotka kompresorem, kondenzátorem, kondenzačním ventilátorem a řídicí elektronikou kompresoru. [2]

Výhody multisplit systému: jednoduché řešení, malé dimenze rozvodů chladiva.

5.3 Další možnosti chlazení

Mezi další prvky pro chlazení tohoto objektu lze zahrnout především podlahové konvektory se zajímavou myšlenkou využít je současně pro chlazení v létě a vytápění v zimě. Dále také chlazení pomocí vzduchotechniky, kdy by byl vzduch ochlazován pomocí suchého výparníku nebo vodního chladiče.

6 ZVOLENÉ ŘEŠENÍ PRO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ OBJEKTU

Jako nejvhodnější řešení pro tento objekt jsem zvolil kombinaci několika výše uvedených možností, a to jak pro vytápění, tak pro chlazení.

Pro vytápění objektu je navrženo převážně podlahové vytápění, které je v prvním patře objektu doplněno podlahovými konvektory podél prosklené fasády. V koupelnách jsou navržena trubková otopná tělesa. Vytápění společenské místnosti v prvním podzemním podlaží zajišťuje podlahový konvektor a garáž bude vytápěna pomocí ocelového deskového otopného tělesa.

Pro chlazení objektu je ve druhém nadzemním podlaží a některých místnostech v prvním nadzemním podlaží navrženo stropní chlazení a dále jsou pro chlazení využity podlahové konvektory v místnostech číslo 1.07 a 1.12.

7 ČSN EN 15450 - NAVRHOVÁNÍ TEPELNÝCH SOUSTAV STEPELNÝMI ČERPADLY

Norma ČSN EN 15450 vydaná v listopadu 2011 nahrazuje stejnojmennou normu z dubna 2008. Celou tuto normu lze charakterizovat následujícími slovy: zabývá se obecnými požadavky a aspekty, které je nutné zohlednit při návrhu tepelné soustavy s elektricky poháněnými tepelnými čerpadly, případně soustavy v kombinaci s jiným zdrojem tepla. Ve svém textu také vysvětluje odborné termíny, jakými jsou například topný faktor COP, sezónní topný faktor SPF, bivalentní režim provozu atd. V informativních přílohách normy jsou uvedeny doporučené hodnoty pro návrh a výpočetní postupy týkající se této problematiky. [4]

Za zmínku stojí uváděné hodnoty minimálního a cílového sezónního topného faktoru. Celá otopná soustava by měla být navržena tak, aby byla splněna alespoň hodnota minimálního sezónního topného faktoru. Pro jeho co nejvyšší hodnotu je vhodné mít nízké teploty otopné vody na výstupu z kondenzátoru a naopak vysoké na vstupu do výparníku. [4]

Z následného výstupu programu NTC vyplývá, že u soustavy navržené v rámci této práce vede snížení teploty otopné vody na výstupu z kondenzátoru z hodnoty 50 °C na 45 °C k navýšení sezónního topného faktoru o 7,5 %.

Typ tepelného čerpadla	Minimální hodnoty SPF	Cílové hodnoty SPF
vzduch/voda	2,5	2,8
země/voda	3,3	3,7
voda/voda	3,5	4,2

Tabulka 3: Minimální a cílové hodnoty sezónního topného faktoru pro soustavy s kombinovanou přípravou teplé vody a vytápěním [4]

Obecně platí, že tepelná čerpadla země/voda a voda/voda dosahují vyššího sezónního topného faktoru než tepelná čerpadla vzduch/voda.

8 NÁVRH ZDROJE TEPLA A ZEMNÍCH VRTŮ

8.1 Návrh tepelného čerpadla země/voda

V instalacích, ve kterých tepelné čerpadlo zajišťuje přípravu tepla i chladu, je zpravidla rozhodující zimní stav. Pro jeho návrh lze použít několik různých variant. Zřejmě tou nejčastěji používanou je návrh topného výkonu v závislosti na doporučené procentuální hodnotě z tepelné ztráty objektu. Tato hodnota je v různých publikacích odlišná. Obecně lze říci, že pro tepelná čerpadla země/voda je udávána v rozmezí 55 až 85 %. [1,16]

Další a zároveň nejjednodušší možností je držet se přímo doporučení výrobců tepelných čerpadel. Ti zpravidla udávají pro konkrétní tepelné čerpadlo minimální a maximální tepelné ztráty objektu, pro které je čerpadlo možné použít.

Také je možné použít návrh tepelného čerpadla podle roční potřeby tepla. V tomto případě by se měl roční podíl tepelného čerpadla na výrobě potřebné energie pohybovat v rozmezí 92 až 98 %. [22] Pro tento způsob návrhu je optimální použít volně přístupný program NTC - Návrh tepelných čerpadel. V programu jsou již předdefinována některá tepelná čerpadla. V případě potřeby použití jiného, je možné ho do NTC zadat manuálně pomocí jeho charakteristik. Dále je nutné zadat základní potřebné údaje pro návrh. Mezi ty hlavní patří roční potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody, teplota přívodní otopné vody, teplota připravované teplé vody a klimatické údaje.

Při návrhu tepelného čerpadla použiji primárně tuto poslední uvedenou možnost, kdy jsem do programu zadal dvě předvybraná tepelná čerpadla a veškeré potřebné údaje pro návrh. Na základě výsledků navrhuji tepelné čerpadlo IVT PremiumLine EQ E13.

Návrhová venkovní teplota	-12 °C
Mezní teplota otopného období	12 °C
Průměrná teplota vzduchu v interiéru	21 °C
Teplota připravované teplé vody	55 °C
Teplota přírodní topné vody	45 °C
Teplota vratné topné vody	31 °C
Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody	8 016 kWh
Roční potřeba tepla na vytápění	42 197 kWh
Elektrický příkon pomocných zařízení pracujících na přípravě teplé vody	0,025 kW
Elektrický příkon pomocných zařízení pracujících na vytápění	0,06 kW
Teplotní exponent podle převažujících otopných ploch	1,1

Tabulka 4: Vstupní údaje pro program NTC [43]

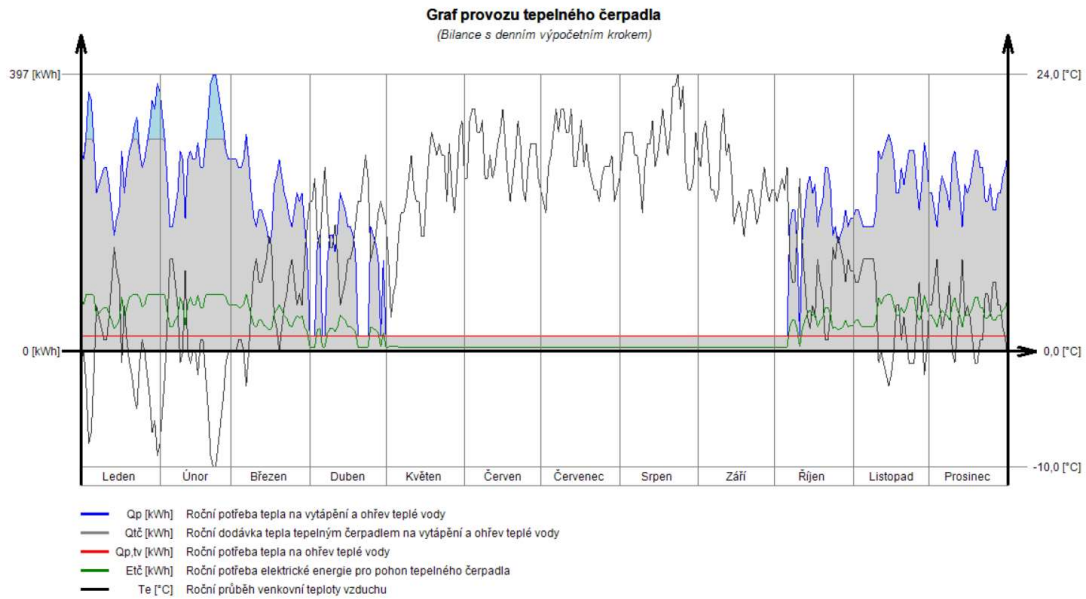
Uvažované parametry tepelného čerpadla v podobě jeho tepelného výkonu a topného faktoru pro jednotlivé teplotní spády jsou shodné s parametry uvažovanými v kapitole 9.1, kde jsou také konkrétně uvedeny.

Počet hodinostupňů za otopné období	85 395 Kh
Roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody	50 213 kWh
Roční dodávka tepla tepelným čerpadlem na vytápění a ohřev teplé vody	49 136 kWh
Roční dodávka tepla doplňkovým zdrojem tepla na vytápění a ohřev teplé vody	1 077 kWh
Roční potřeba elektrické energie pro pohon tepelného čerpadla	11 995 kWh
Roční potřeba elektrické energie pro pohon pomocných zařízení	197 kWh
Roční pokrytí potřeby tepla z tepelného čerpadla na ohřev teplé vody a vytápění	97,85 %
Sezónní topný faktor tepelného čerpadla	4,1
Sezónní topný faktor celé soustavy	4,03

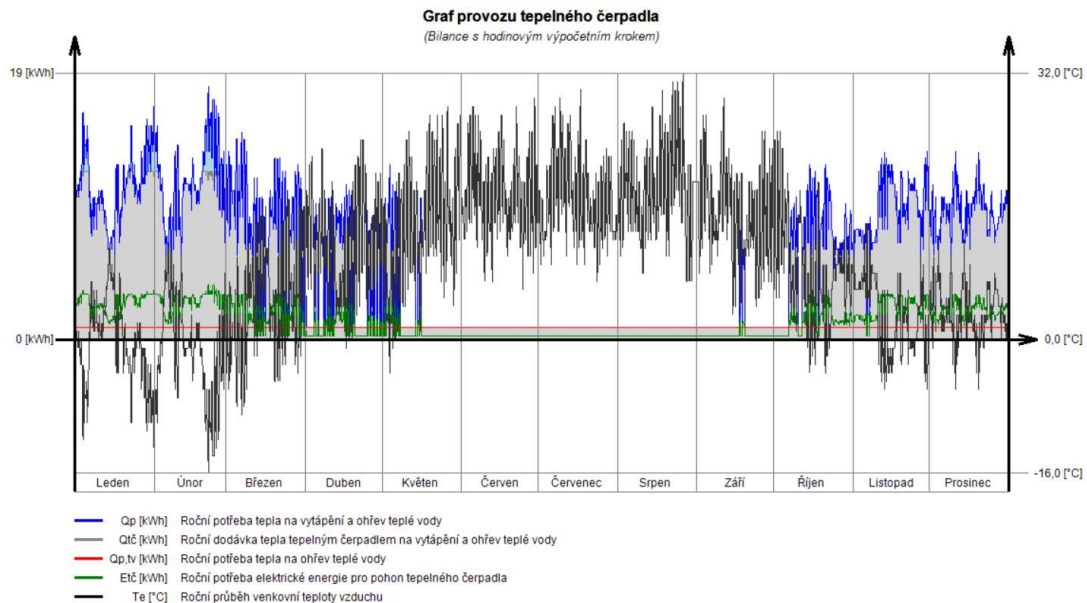
Tabulka 5: Výsledné hodnoty pro navržené tepelné čerpadlo [12]

Navržené tepelné čerpadlo IVT PremiumLine EQ E13 pokrývá necelých 98 % roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody. Při návrhu není uvažováno s potřebou tepla na ohřev bazénové vody. Tato potřeba bude po většinu roku kryta také tepelným čerpadlem a v zimních dnech s nízkou venkovní teplotou, kdy už jeho výkon bude nedostačující, bude kryta elektrickým kotlem vestavěným v tepelném čerpadle.

Níže jsou zobrazeny grafy s denním a hodinovým krokem, které v závislosti na programem uvažované venkovní teplotě znázorňují dodávku tepla tepelným čerpadlem, potřebu elektrické energie pro jeho pohon a potřebu tepla na vytápění a přípravu teplé vody.



Obrázek 6: Graf provozu tepelného čerpadla s denním krokem [12]



Obrázek 7: Graf provozu tepelného čerpadla s hodinovým krokem [12]

8.2 Návrh zemních vrtů

Návrh zemních vrtů provedu podle ČSN EN 15450 s přihlédnutím k roční potřebě tepla. Návrhový postup je dále dobře popsán ve zdroji číslo 17. Návrhová potřeba tepla pro zemní vrty se skládá z potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody a také z potřeby tepla na dohřev bazénové vody. Z této celkové potřeby tepla byla odečtena potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody a na dohřev bazénové vody za tři letní měsíce, protože v těchto měsících bude tato potřeba kryta převážně odpadním teplem z aktivního chlazení. Jelikož tepelné čerpadlo není dimenzované na 100 % pokrytí potřeby tepla, odečetl jsem teplo dodané vestavěným elektrickým kotlem a zjistil tak skutečné teplo dodané tepelným čerpadlem. Tuto hodnotu použiji při návrhu zemních vrtů.

Vstupní údaje:

Návrhová potřeba tepla $Q = 52400 \text{ kWh}$

Roční hodinová zátěž vrtů $t = 2400 \text{ h}$

Sezónní topný faktor tepelného čerpadla $SCOP = 4,1$

Uvažovaný výkon z vrtu $Q_{VRT} = 50 \text{ W/m}$

- Teoretický topný výkon Q_t

$$Q_t = \frac{Q}{t}$$

$$Q_t = \frac{52400}{2400}$$

$$Q_t = 21,8 \text{ kW}$$

- Teoretický chladicí výkon Q_{CHL}

$$Q_{CHL} = Q_t - \frac{Q_t}{SCOP}$$

$$Q_{CHL} = 21,8 - \frac{21,8}{4,1}$$

$$Q_{CHL} = 16,5 \text{ kW}$$

- Celková potřebná délka vrtů L

$$L = \frac{Q_{CHL}}{Q_{VRT}}$$

$$L = \frac{16,5 * 1000}{50}$$

$$L = 330 \text{ m}$$

- **Návrh:** 3x zemní vrt o délce 110 metrů

Zdroj použitých vzorců [17]

9 BILANČNÍ VÝPOČET SOUSTAVY DLE TNI 73 0351

Tato normalizační informace uvádí výpočtový postup energetického hodnocení projektovaných instalací s elektricky poháněnými tepelnými čerpadly. [5]

Vstupními údaji pro hodnocení jsou jednotné venkovní teploty bez ohledu na konkrétní lokalitu udávány v podobě roční četnosti výpočetních teplotních intervalů v rozlišení standardně 1 K. Každý tento interval je charakterizován délkou trvání a jeho střední teplotou vzduchu. Pro názornost zde uvedu příklad: uvažovaný teplotní interval se střední teplotou vzduchu $-5,5 \text{ °C}$ trvá během otopného období dle TNI 89 hodin, další interval se střední teplotou $-4,5 \text{ °C}$ nastává v otopném období dle TNI po dobu 108 hodin atd. Norma ve své příloze uvádí jednotné roční a měsíční venkovní teploty. [5]

Druhou část vstupních údajů tvoří parametry posuzované tepelné soustavy, mezi které patří návrhový teplotní spád otopné vody, teplotní exponent otopných ploch, které v soustavě převažují, požadovaná teplota teplé vody. Dále také potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody, které budou kryty tepelným čerpadlem a ve špičkách doplňkovým zdrojem tepla. Tyto potřeby jsou v ročním nebo měsíčním kroku rozděleny na jednotlivé výpočetní teplotní intervaly pomocí koeficientu f_{VTJ} pro vytápění a f_{TVJ} pro přípravu teplé vody. Koeficienty pro jednotné klimatické podmínky uvádí norma ve své příloze. [5]

Poslední část vstupních údajů tvoří pomocná elektrická energie potřebná pro chod celé soustavy a charakteristiky tepelného čerpadla v podobě tepelných výkonů a topných faktorů pro různé teploty na vstupu do výparníku a na výstupu z kondenzátoru. Norma stanovuje jejich minimální počet na pět pro tepelná čerpadla typu voda/voda, na sedm pro typ země/voda a na 12 pro typ vzduch/voda. [5]

Samotný výpočet je principiálně založen na intervalové metodě, kdy je pro každý výpočetní interval použita jeho střední teplota venkovního vzduchu, pro kterou jsou bilancovány tyto parametry: *potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody, provozní podmínky a charakteristiky tepelného čerpadla, teplo dodané tepelným čerpadlem, teplo dodané doplňkovým zdrojem, potřeba elektrické energie pro tepelné čerpadlo, doba provozu tepelného čerpadla a potřeba pomocné elektrické energie.* [5]

Výsledkem výpočtu jsou výše uvedené (kromě dvou prvních) bilancované parametry v ročním nebo měsíčním rozlišení a hlavně měsíční nebo sezonní topný faktor celé otopné soustavy. *Postup nerespektuje denní ani roční profil odběru teplé vody. Vliv doby blokace tarify elektrické energie, tepelné ztráty zásobníku tepla a teplé vody jsou zanedbány.* [5]

9.1 Vyhodnocení navržené soustavy

Pro vyhodnocení navržené soustavy dle TNI 73 0351 použiji volně přístupný software Balance TČ-v2, jehož autorem je doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.

Podle této normy lze bilancovat a stanovit sezonní topný faktor soustavy samostatně pro vytápění, přípravu teplé vody anebo jako celek pro soustavu s kombinovanou přípravou teplé vody a vytápěním. V tomto výpočetním programu lze samostatně stanovit také

sezonní topný faktor soustavy pro ohřev bazénové vody, nikoliv však pro kombinace ohřevu bazénové vody, vytápění a přípravy teplé vody.

Vstupní údaje pro vyhodnocení:

Měsíc	Potřeba tepla na vytápění [kWh/měs]	Potřeba tepla na přípravu TV [kWh/měs]
Leden	8537	681
Únor	6441	615
Březen	4889	681
Duben	2728	659
Květen	1747	681
Červen	251	659
Červenec	81	681
Srpen	137	681
Září	1887	659
Říjen	2722	681
Listopad	5083	659
Prosinec	7693	681

Tabulka 6: Měsíční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody [13, 43]

Návrhová venkovní teplota	-12 °C
Průměrná teplota vzduchu v interiéru	21 °C
Teplota připravované teplé vody	55 °C
Teplota přírodní topné vody	45 °C
Teplota vratné topné vody	31 °C

Tabulka 7: Vstupní údaje pro vyhodnocení [43]

Zbývající vstupní údaje v podobě navýšení teploty otopné vody pro vytápění a přípravu teplé vody, převažujících otopných ploch, příkonů pomocných zařízení a charakteristik tepelného čerpadla jsou uvedeny na následujícím obrázku číslo 8.

Je třeba dodat, že TNI 73 0351 vychází z výpočetního postupu uváděného v ČSN EN 15316-4-2, podle něhož počítá rovněž program NTC. Z toho plyne, že u vyhodnocení navržené soustavy bychom měli dostat velmi podobné výsledky, jako při návrhu tepelného čerpadla v kapitole 8.1.

Specifikace tepelného čerpadla

Příprava teplé vody a vytápění

Druh: Země-voda

Počet: 1

Typ:

Topný výkon Φ [kW]

Topný faktor COP

$t_{v1} \setminus t_{v2}$	-5	0	5	10	$t_{v1} \setminus t_{v2}$	-5	0	5	10		
35	11,4	13,3	15,2	17,1	35	4,1	4,8	5,5	6,2	Zvýšení teploty TV	5 K
45	11,0	12,8	14,5	16,3	45	3,3	3,8	4,2	4,7	Zvýšení teploty VYT,BV	1 K
50	10,6	12,4	14,2	15,9	50	2,9	3,3	3,7	4,2	Podlahové vytápění	
55	10,3	12,1	13,8	15,6	55	2,5	2,9	3,3	3,7	Příkon čerpadel TV,BV	25 W
										Příkon čerpadel VYT	60 W

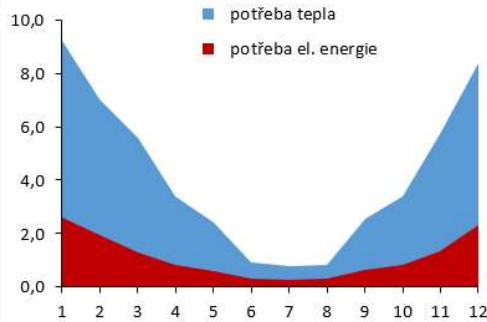
Výsledky výpočtu

PŘEPOČET HODNOT A KONTROLA

Souhrnné výsledky

Měsíc	t_{em} °C	Q_p MWh	Q_{TC} MWh	Q_{ZZ} MWh	E_{sys} MWh	τ_{TC} h	SPF
Led	1,8	9,2	8,7	0,50	2,612	669	3,5
Úno	2,7	7,1	6,9	0,14	1,922	537	3,7
Bře	6,3	5,6	5,6	0,00	1,308	425	4,3
Dub	10,7	3,4	3,4	0,00	0,824	260	4,1
Kvě	16	2,4	2,4	0,00	0,610	188	4,0
Čer	18,6	0,9	0,9	0,00	0,303	75	3,0
Čvc	20,5	0,8	0,8	0,00	0,279	64	2,7
Srp	21,1	0,8	0,8	0,00	0,290	68	2,8
Zář	17,1	2,5	2,5	0,00	0,619	196	4,1
Říj	11,7	3,4	3,4	0,00	0,813	261	4,2
Lis	6,4	5,7	5,7	0,00	1,341	438	4,3
Pro	3,6	8,4	8,0	0,35	2,325	619	3,6
Celkem		50,2	49,2	1,0	13,246	3800	3,8

Potřeba el. energie 13,2 MWh/rok
 Sezónní topný faktor 3,8
 Pokrytí potřeby tepla TČ 98%



Výpočetní nástroj v souladu s TNI 73 0351:2014

Autor: T. Matuška, 2017

Obrázek 8: Parametry tepelného čerpadla a výsledky vyhodnocení navržené soustavy [11]

kde:

t_{em} Střední teplota vzduchu v měsíci

Q_p Potřeba tepla, která má být kryta soustavou

Q_{TC} Teplo dodané tepelným čerpadlem

Q_{ZZ} Teplo dodané záložním zdrojem tepla (elektrokotlem)

E_{sys} Celková spotřeba elektrické energie celé soustavy, včetně pomocné energie

τ_{TC} Doba provozu tepelného čerpadla

SPF Sezónní topný faktor celé soustavy

Výše uvedený obrázek uvádí výsledky vyhodnocení navržené soustavy, ze kterých je patrná významná podobnost s výstupem z NTC. Jediné hodnoty, které se odlišují, jsou topný faktor a s ním spojená potřeba elektrické energie celé soustavy. Důvodem snížení topného faktoru je uvažované navýšení teploty topné vody o 1 K a navýšení teploty pro přípravu teplé vody o 5 K. Tato navýšení nejsou v předchozím návrhu tepelného čerpadla podle programu NTC uvažována.

10 ZÁVĚR

V rámci této práce jsem vytvořil výpočetní model objektu v simulačním softwaru DesignBuilder. Pro ověření správnosti výsledků tepelného výkonu jsem použil v praxi běžně používaný výpočetní nástroj Protech. Prvotní hodnoty tepelného výkonu se z těchto dvou softwarů celkem výrazně lišily. Aby bylo patrné, které konstrukce objektu tento rozdíl vytvářejí, určil jsem tepelné ztráty pro každý použitý typ konstrukce. Díky tomu bylo zjištěno, že největší rozdíl tvoří konstrukce podlahy přilehlé k zemině a výplně otvorů v obvodovém plášti. To bylo zapříčiněno defaultně špatně nastavenou hodnotou uvažované teploty zeminy u software DesignBuilder a také tím, že software Protech u výplní okenních a dveřních otvorů vždy uvažuje bezpečnostní přírážku součinitele prostupu tepla 15 %. Na základě těchto poznatků jsem optimalizoval výpočetní model a stanovil tepelné bilance objektu. Dále bylo za pomoci softwaru NTC a roční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody navrženo vhodné tepelné čerpadlo země/voda. Intervalovou metodou podle TNI 73 0351 byl proveden bilanční výpočet navržené instalace, jejímž hlavním výstupem je stanovení sezonního topného faktoru celé soustavy.

Ve druhé části práce byla pro zvolené vhodné řešení vytápění a chlazení objektu zpracována projektová dokumentace ve stupni pro provedení stavby. Soustava je navržena tak, aby umožňovala pokrývat současnou potřebu tepla a chladu v objektu. Pro vytápění objektu bylo navrženo převážně podlahové vytápění, které je v prvním patře objektu doplněno podlahovými konvektory podél prosklené fasády. Ve společenské místnosti v prvním podzemním podlaží zajišťuje vytápění podlahový konvektor. V koupelnách jsou navržena koupelňová otopná tělesa s elektrickou topnou patronou pro možnost využití tělesa i mimo otopné období. Garáž bude vytápěna pomocí ocelového deskového otopného tělesa. Pro chlazení objektu je v některých místnostech navrženo stropní chlazení, dále jsou pro chlazení využity podlahové konvektory s odděleným napojením na rozvod chladicí a otopné vody.

11 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] VALENTA Vladimír a kol. Topenářská příručka 3 - návody na projektování tepelných zařízení. Praha: Agentura ČSTZ, s.r.o., 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [2] BROŽ, Jiří a kol. Chladicí a klimatizační technika, svazek 1. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2014
- [3] PETRÁŠ, Dušan a kol. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Bratislava: Jaga group, s. r. o., 2008. ISBN 978-80-8076-069-4
- [4] ČSN EN 15450. Tepelné soustavy v budovách - Navrhování tepelných soustav s tepelnými čerpadly. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [5] TNI 73 0351. Energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - Zjednodušený výpočtový postup. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [6] ČSN 06 0310. Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž. Praha: ČNI, 2014.
- [7] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. Praha: ČNI, 2006.
- [8] ČSN EN 12831-1. Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápěný prostor. Praha: ÚNMZ, 2018.
- [9] ČSN EN 12828+A1. Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [10] ČSN 06 0830. Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení. Praha: ČNI, 2014.
- [11] MATUŠKA, Tomáš. Bilance TČ-v2 [software]. 2017. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=161
- [12] HORÁK, Petr. NTC - Návrh tepelných čerpadel [software]. 2012. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/horak.p/ntc.rar>
- [13] DEKPROJEKT s.r.o. DesignBuilder v5 [software].
- [14] Armacell. ArmWin Profesionální kalkulátor tloušťky izolace [software]. Dostupné z: <https://armwin.armacell.com/>

- [15] Reflex. Reflex Pro Win verze 1.1.27 [software]. Dostupné z:
<http://www.reflexcz.cz/cz/stazeni-programu>
- [16] IVT Tepelná čerpadla s.r.o. Firemní literatura a poskytnutý materiál
- [17] Trs, Milan. Dimenzování hlubinných vrtů pro tepelná čerpadla In: GEROTop [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.gerotop.cz/dimenzovani-hlubinnych-vrtu>
- [18] Schwarzer, Jan. Návrh a dimenzování VZT pro bazény (I) In: TZB-info [online]. [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>
- [19] Vavříčka, Roman. Tepelné čerpadlo a příprava teplé vody In: Topin [online]. [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <http://www.topin.cz/clanky/tepelne-cerpadlo-a-priprava-teple-vody-detail-3481>
- [20] Bašta, Jiří. Regulační armatury - teoretická základna (I) In: TZB-info [online]. [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>
- [21] Rosení oken. Proč vzniká a jak mu předcházet In: STAVEBNICTVI 3000.CZ [online]. [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/roseni-oken-proc-vznika-a-jak-mu-predchazet>
- [22] Metodika pro návrh tepelného čerpadla země - voda [online]. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.avtc.cz/?download=_/dokum/metodika-pro-navrh-tepelneho-cerpadla-zeme---voda_28_5_2012-pracovni-verze.pdf
- [23] IMI. Praktické příklady zapojení s dvoucestnými a třícestnými regulačními ventily TA (V) In: TZB-info [online]. [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/4284-prakticke-priklady-zapojeni-s-dvoucestnymi-a-tricestnymi-regulacnimi-ventily-ta-v>
- [24] Získávání Energie z vrtů In: EKG elektronický katalog geotermie [online]. [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <https://www.ekg-gerotop.cz/energie-z-vrtu>
- [25] Bazénové výměníky Bowman Titanové In: Výměníky s.r.o. [online]. [cit. 2019-11-6]. Dostupné z: <http://www.vymeniky.cz/bazenove-vymeniky-bowman-titan/>

- [26] Plošné vytápění/chlazení In: Rehau [online]. [cit. 2019-9-25]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/1398624/vytapeni-chlazení-ti-cz.pdf>
- [27] RAUTHERMEX Předizolované potrubí In: Rehau [online]. [cit. 2019-12-5]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/download/2118510/cen%C3%ADk-2019.pdf>
- [28] Konvektory - Kompletní sortiment In: Korado [online]. [cit. 2019-9-31]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/konvektory-kompletni-sortiment-1527239494.pdf>
- [29] Radik – desková otopná tělesa In: Korado [online]. [cit. 2019-9-31]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa.pdf>
- [30] Koupelňová otopná tělesa In: P.M.H. [online]. [cit. 2019-10-1]. Dostupné z: http://www.pmh-co.eu/download/downloads_cs/1576055422_cs_pmh_kat_radiatory_2020_cz.pdf
- [31] Membránové expanzní nádoby In: Reflex [online]. [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: http://www.reflexcz.cz/?download=tk/2014/reflex_refix_2014.pdf
- [32] Technické podklady pro projektanty In: Reflex [online]. [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: https://www.reflexcz.cz/?download=tk/i_longtherm.pdf
- [33] Armaflex ACE In: AZ FLEX [online]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.azflex.cz/storage/products/62/ace-hadice-tl.pdf>
- [34] AF/Armaflex In: AZ FLEX [online]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.azflex.cz/storage/products/1/af-hadice-tl.pdf>
- [35] Wilo-Select 4 In: Wilo [online]. [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <https://www.wilo-select.com/StartMain.aspx>
- [36] Výrobky pro řízení systémů teplovodního vytápění pro každodenní práci In: ESBE [online]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/ESBE-katalog-2018.pdf>
- [37] Technický list In: IVAR.CS [online]. [cit. 2019-12-2]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/34001-36000/35842-file-CSTL-FIV.08412.pdf>
- [38] Technický list In: IVAR.CS [online]. [cit. 2019-12-2]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/32001-34000/33031-file-CSTL-IVAR.CIM-30-VA.pdf>

- [39] Globo H In: IMI Hydronic Engineering [online]. [cit. 2019-12-3]. Dostupné z: https://imihydronic.blob.core.windows.net/resources/Documents/Catalogues/Czech/Low/Globo_H_CS_low.pdf
- [40] Regulace vytápění v praxi In: Danfoss - Engineering tomorrow [online]. [cit. 2019-10-18]. Dostupné z: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC141886465702/DOC141886465702.pdf>
- [41] Výpočet zásobníku TV, Výpočet tepelného výkonu pro vytápění, Výpočet roční potřeby tepla In: TZB, FSv ČVUT [online]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/6_vytapeni_ohrev_tv/6a_prip_ravratv_potreba_tepla
- [42] Hořejší, Miroslav., Novák, Jan. Výpočet pojistného ventilu pro kotle a výměníky tepla. In: TZB-info [online]. [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/43-vypocet-pojistneho-ventilu-pro-kotle-a-vymeniky-tepla>
- [43] Svoboda, Jindřich. Vlastní tvorba autora

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Výpočetní model objektu	10
Obrázek 2: Roční průběh potřeby tepla a chladu	14
Obrázek 3: Roční průběh potřeby tepla a chladu vztažený k procentům	15
Obrázek 4: Hodinová četnost potřeby tepla	15
Obrázek 5: Hodinová četnost potřeby chladu	16
Obrázek 6: Graf provozu tepelného čerpadla s denním krokem.....	22
Obrázek 7: Graf provozu tepelného čerpadla s hodinovým krokem.....	23
Obrázek 8: Parametry tepelného čerpadla a výsledky vyhodnocení navržené soustavy....	27
Obrázek 9: Prostup potrubí do objektu	01
Obrázek 10: Návrh zásobníku teplé vody	03.04
Obrázek 11: Charakteristiky oběhového čerpadla okruhu podlahového vytápění.....	03.06
Obrázek 12: Charakteristiky oběhového čerpadla okruhu otopných těles	03.06
Obrázek 13: Charakteristiky oběhového čerpadla okruhu podlahového vytápění neobytné části.....	03.06
Obrázek 14: Tlakové ztráty primárního okruhu	03.06

Obrázek 15: Charakteristiky oběhového čerpadla primárního okruhu vestavěného v tepelném čerpadle	03.06
Obrázek 16: Charakteristiky oběhového čerpadla topného okruhu vestavěného v tepelném čerpadle	03.06
Obrázek 17: Návrh pojistných ventilů	03.07
Obrázek 18: Charakteristiky oběhového čerpadla okruhu stropního chlazení	04.05
Obrázek 19: Charakteristiky oběhového čerpadla okruhu podlahových konvektorů pro chlazení	04.05
Obrázek 20: Charakteristiky oběhového čerpadla hlavního rozvodu okruhu chlazení ..	04.05
Obrázek 21: Charakteristiky oběhového čerpadla rozvodu pro odvod přebytečného tepla	04.05
Obrázek 22: Návrh pojistného ventilu	04.06

13 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdíly ve výpočtu pro jednotlivé typy konstrukcí	13
Tabulka 2: Souhrnné výsledky bilancí	13
Tabulka 3: Minimální a cílové hodnoty sezónního topného faktoru pro soustavy s kombinovanou přípravou teplé vody a vytápěním	19
Tabulka 4: Vstupní údaje pro program NTC.....	21
Tabulka 5: Výsledné hodnoty pro navržené tepelné čerpadlo.....	21
Tabulka 6: Měsíční potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody	26
Tabulka 7: Vstupní údaje pro vyhodnocení	26
Tabulka 8: Výsledky tepelných ztrát ze softwaru DesignBuilder	03.01
Tabulka 9: Autority navržených trojcestných směšovacích ventilů.....	03.06
Tabulka 10: Tlakové ztráty okruhu podlahového vytápění	03.06
Tabulka 11: Tlakové ztráty okruhu otopných těles.....	03.06
Tabulka 12: Tlakové ztráty okruhu podlahového vytápění neobytné části.....	03.06
Tabulka 13: Tlakové ztráty hlavního rozvodu okruhu vytápění.....	03.06
Tabulka 14: Objem vody v soustavě vytápění	03.07
Tabulka 15: Návrh tepelné izolace - vytápění.....	03.08
Tabulka 16: Výsledky tepelné zátěže ze softwaru DesignBuilder	04.01
Tabulka 17: Uvažované rozvrhy pro DesignBuilder	04.01
Tabulka 18: Autorita navrženého trojcestného směšovacího ventilu	04.05

Tabulka 19: Tlakové ztráty okruhu stropního chlazení.....	04.05
Tabulka 20: Tlakové ztráty okruhu podlahových konvektorů pro chlazení.....	04.05
Tabulka 21: Tlakové ztráty hlavního rozvodu okruhu chlazení	04.05
Tabulka 22: Tlakové ztráty rozvodu pro odvod přebytečného tepla.....	04.05
Tabulka 23: Objem vody v soustavě chlazení	04.06

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 01: Technická zpráva a specifikace

Příloha 02: Výkresová dokumentace

Příloha 03: Výpočtová část - vytápění

Příloha 04: Výpočtová část - chlazení