

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÉHO DOMU
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala: Bára Bedřichová

Vedoucí: Ing. Zuzana Veverková Ph.D.

Školní rok: 2021/2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
 Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Bedřichová</u>	Jméno: <u>Bára</u>	Osobní číslo: <u>484422</u>
Zadávající katedra: <u>K125 Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>(B3651) Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>(3608R008) Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Vytápění a větrání rodinného domu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Heating and ventilation system of family house</u>	
Pokyny pro vypracování: Studie možných způsobů řešení vytápění a větrání rodinných domů, návrh vhodné varianty pro řešený objekt. Pro zvolenou variantu řešení zpracujete projektovou dokumentaci vytápění a větrání zadaného objektu. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou.	
Seznam doporučené literatury: Karel Kabele, Technická zařízení budov, Vytápění, ČVUT, Praha Daniel Klaus, Technika budov - Příručka pro projektanty, Jaga ČSN EN 15665 - Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov Gebauer G., Horká H., Rubínová O. - Vzduchotechnika, Era-vydavatelství, ISBN:80-7366-027-X, 262 s., 2005 Klaus D., Technika budov - Příručka pro projektanty, Jaga Zmrhal V., Drkal F., Šimánek V., Koncept větrání, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí Santamouris M., Wouters P. - Building ventilation: the state of the art, Earthscan, ISBN: 9781844071302.313s., 2006 Příslušné normy a vyhlášky	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Zuzana Veverková, PhD.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>16.2.2022</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>15.5.2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
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“.

22.2.2022 Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených podkladů.

V Praze dne: 16.5.2022

Podpis:

Poděkování:

Ráda bych poděkovala především své vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Veverkové Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a čas strávený konzultacemi. Také bych ráda poděkovala celému okruhu blízkých lidí, kteří mě během psaní této práce plně podporovali.

Obsah

1.	Úvod	8
2.	Vytápění rodinných domů	10
2.1	Zdroje tepla	10
2.1.1	Vytápění elektrinou	10
2.1.2	Tepelné čerpadlo	11
2.1.3	Vytápění zemním plynem	12
2.1.4	Vytápění pevnými palivy	13
2.1.5	Solární vytápění	16
2.2	Otopné plochy	17
2.2.1	Otopná tělesa desková	17
2.2.2	Otopná tělesa trubková	18
2.2.3	Konvektory	18
2.2.4	Velkoplošné vytápění	18
3.	Větrání rodinných domů	19
3.1	Přirozené větrání	19
3.2	Nucené větrání	19
3.2.1	Podtlakové větrání	19
3.2.2	Rovnotlaké větrání	21
3.2.3	Teplovzdušné vytápění	22
4.	Návrh vytápění a větrání zadaného objektu	24
4.1	Popis objektu	24
4.2	Výběr vhodného systému	24
4.2.1	Tepelné ztráty objektu	25
4.2.2	Vytápění	26
4.2.3	Větrání	29
5.	Závěr	32
6.	Použité zdroje	33
7.	Seznam obrázků	36

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vytápěním a větráním rodinných domů. Práce se skládá ze dvou částí – textové a projektové. Textová část podrobně popisuje možnosti vytápění a větrání v rodinných domech. Následně jsou tyto možnosti v textové části porovnány a v návaznosti na porovnání je popsán návrh optimálního řešení pro zadaný rodinný dvoupodlažní dům v pasivním standardu. Cílem projektové části bakalářské práce je návrh vytápění a větrání zadaného domu. Součástí této projektové části jsou výpočty a tabulky potřebné k návrhu otopné soustavy a systému větrání, technické zprávy, rozpracovaná výkresová dokumentace a technické listy od výrobců jednotlivých navržených zařízení.

Klíčová slova

Vytápění, větrání, otopná soustava, pasivní standard, rodinný dům, zdroj tepla, vzduchotechnická jednotka

Abstract

This bachelor thesis deals with heating and ventilation system of family houses. The thesis consists of two parts – text and project. The text part describes in detail the possibilities of heating and ventilation system of family houses. Then these possibilities are compared and following the comparison, the design of the optimal solution for the specified family two-storey house in the passive standard is described. The aim of the project part of the bachelor thesis is to design heating and ventilation system of the specified house. This project includes calculations and tables needed to design the heating and ventilation system, technical reports, drawing documentation and technical sheets of the designed equipment.

Keywords

Heating, ventilation, heating system, passive standard, family house, heat source, air conditioning unit

1. Úvod

V dnešní době tráví lidé v budovách okolo 90 % svého času. (1) Vnitřní prostředí budov, ve kterých lidé pobývají, má tedy zásadní vliv na lidské zdraví. Nezdravé vnitřní prostředí je spojováno s velkým výskytem vlhkosti, která zvyšuje riziko růstů plísní, nedostatkem čerstvého vzduchu a tepelnou nepohodou. Tyto stavy pak mohou zvyšovat riziko vzniku astmatu nebo alergií. Z toho vyplývá, že vnitřní prostředí je třeba vhodně větrat a udržovat v něm stálou teplotu tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda uživatelů. (2)



Obrázek 1: Vnitřní prostředí budov (24)

Cílem návrhu je tedy vytvořit prostředí, ve kterém bude zajištěno dostatečné množství čerstvého vzduchu a zároveň dosaženo tepelné rovnováhy, což je stav, při kterém je lidskému organismu odebíráno okolním prostředím právě tolik tepla, kolik v daný moment produkuje. Pokud je okolní prostředí chladnější než organismus člověka, odebírá tělu více tepla, než tělo produkuje a dochází tak k podchlazení. V opačném případě pak dochází k přehřívání organismu. (2)

Tepelná rovnováha je definována rovnicí:

$$M - W = C + R + E_{res} + C_{res}$$

- M - energetický výdej (2)
- W - mechanická práce (2)
- C - tepelný tok konvekcí (2)
- R - výdej tepla sáláním (2)
- E_{res} - výdej tepla odpařováním vody v plicích (2)
- C_{res} - teplo odevzdané ohříváním vdechovaného vzduchu (2)

Na levé straně rovnice je tedy teplo produkovaného člověkem a na pravé straně se nachází tepelný výkon, který člověk předává do okolí. (2)

2. Vytápění rodinných domů

2.1 Zdroje tepla

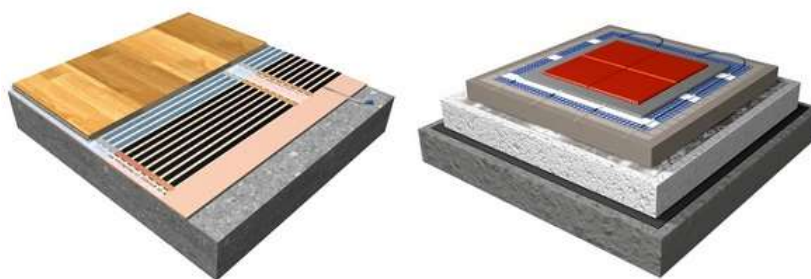
Při návrhu zdroje tepla rodinných domů je třeba zohlednit několik kritérií. Důležitým kritériem jsou vždy pořizovací a provozní náklady. Dále je třeba zohlednit dostupnost energonositele v okolí řešeného objektu, vliv zdroje tepla na celkovou energetickou náročnost budovy nebo také hledisko ekologické, kam spadá například produkce emisí. (3)

2.1.1 Vytápění elektřinou

Vytápění elektřinou je vhodné zejména pro pasivní a nízkoenergetické domy, které jsou velmi dobře tepelně izolovány. Díky nízkým tepelným ztrátám těchto typů domů je potřeba pouze méně výkonný zdroj tepla a lze využívat dvoutarifní sazby elektrické energie. (4)

2.1.1.1 Přímotopný zdroj tepla

Přímotopný zdroj tepla přeměňuje elektrickou energii na tepelnou díky průchodu elektrického proudu vodičem. Takový zdroj může být umístěn mimo vytápěnou místnost, kam je pak teplo dodávané pomocí teplovodní nebo teplovzdušné otopné soustavy (jedná se například o elektrokotel) nebo může být umístěn přímo v místnosti, kterou chceme vytápět. Takovým zdrojem tepla mohou být například přímotopné konvektory, sálavé



Obrázek 2: Podlahové vytápění s elektrickou tepnou fólií (vlevo), Tenkovrstvý systém s rychlým náběhem teploty – do koupelen pod dlažbu (vpravo)

stropní nebo stěnové panely, topné podlahové kabely, infrazářiče, aj. Výhodou přímotopných zdrojů tepla je možnost rychle přizpůsobit dodávku tepelné energie aktuální potřebě. (4)

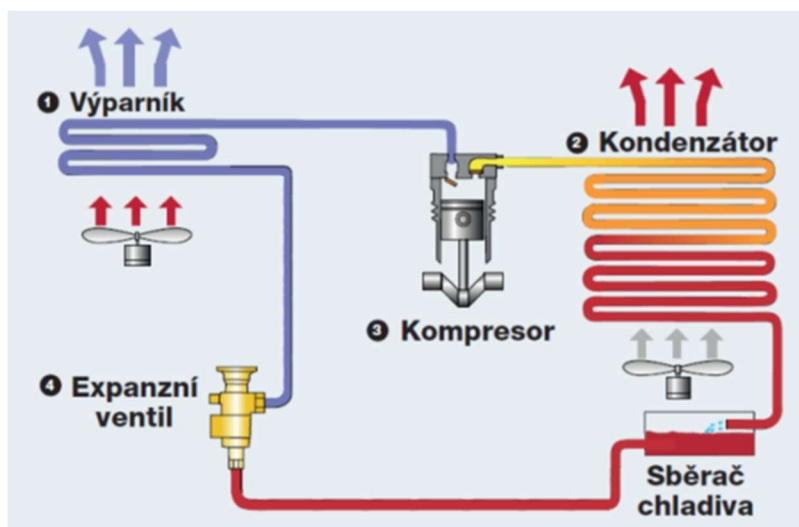
2.1.1.2 Akumulační zdroj tepla

Akumulační zdroj tepla ukládá do akumulátoru tepla tepelnou energii, která je vyrobena z elektřiny během levnějšího tarifu. Takovým akumulátorem tepla je například teplovodní zásobník nebo betonová vrstva podlahy. Akumulovaná tepelná energie může být následně využita během vysokého tarifu. (4)

Akumulační zdroj tepla může být stejně jako zdroj přímotopný umístěn přímo ve vytápěné místnosti nebo mimo ni. V případě zdroje umístěného mimo vytápěnou místnost se jedná například o akumulaci teplovodní zásobník, který je umístěn v rámci teplovodní otopné soustavy. Mezi akumulaci zdroje umístěné přímo ve vytápěné místnosti pak řadíme například elektrická akumulaci kamna. (4)

2.1.2 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo funguje na principu změny skupenství chladiva v uzavřeném pracovním okruhu. Součástí pracovního okruhu jsou dva výměníky – kondenzátor a výparník a dále expanzní ventil a kompresor. (5)



Obrázek 3: Schéma pracovního okruhu (tepelné čerpadlo vzduch-vzduch) (5)

V kompresoru probíhá stlačení par chladiva, což zapříčiní nárůst teploty těchto par. Chladivo dále putuje do prvního výparníku – kondenzátoru. V kondenzátoru páry odevzdávají své teplo teplotonosné látce (například otopné vodě nebo ohřívanému vzduchu), čímž se ochladí a zkondenzují. Při průchodu expanzním ventilem dochází ke snížení tlaku chladiva, které dále putuje do výparníku. Ve výparníku dochází ke kontaktu chladiva s vnější částí tepelného čerpadla (například proudící venkovní vzduch nebo zemní vrt), což způsobí odpařování chladiva, které vnějšímu prostředí odebírá tepelnou energii na svou změnu skupenství. (5)

Výhodou tepelných čerpadel je tedy možnost využití energií z vnějšího prostředí. Jeho využití proto může ušetřit až 60 % nákladů na vytápění domu a přípravu teplé vody. (6)

2.1.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch

Tento typ odebírá teplo z venkovního vzduchu a ohřívá vnitřní vzduch v budově. (7)

2.1.2.2 Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda odebírá teplo přímo z venkovního vzduchu a využívá ho pro ohřev vody v otopné soustavě nebo zásobníku teplé vody. (8)

2.1.2.3 Tepelné čerpadlo země – voda

Tento typ tepelného čerpadla nejčastěji odebírá energii z vrtu pod povrchem země. Do vrtu je zapuštěna plastová sonda s nemrznoucí směsí a přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. (9)

2.1.2.4 Tepelné čerpadlo voda – voda

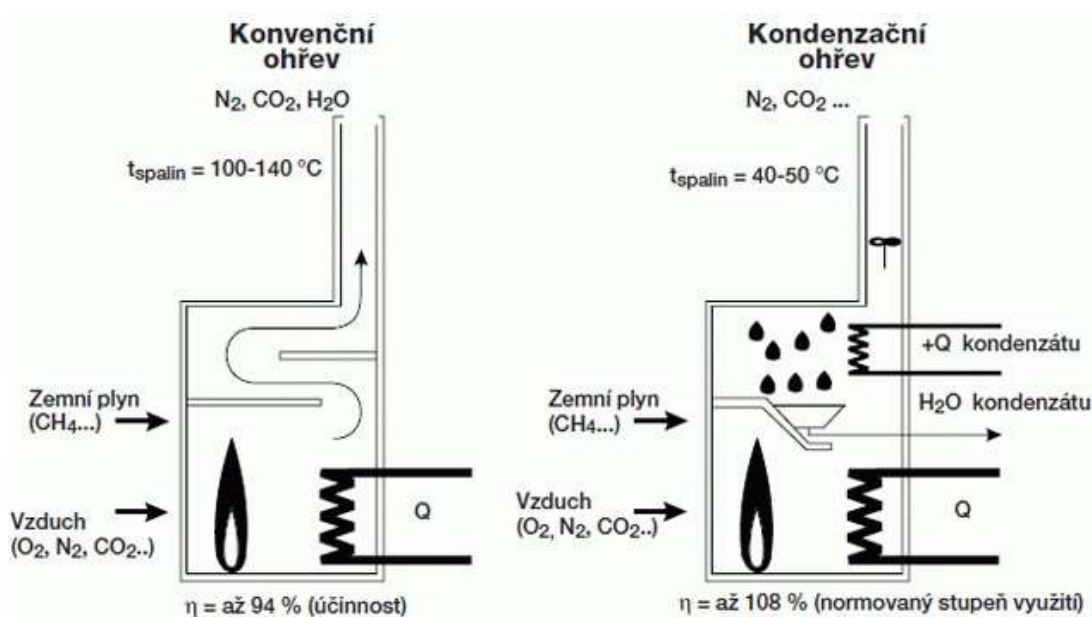
Tepelné čerpadlo voda/voda může odebírat energii ze spodní nebo geotermální vody, kdy je voda ze studny čerpána do výměníku tepelného čerpadla a následně je po ochlazení vrácena zpět do země. (10) Energie může být také odebírána přímo z vodní plochy. V tomto případě jsou na dně vodní plochy uloženy plastové hadice s nemrznoucí směsí, které přenáší teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem. (11)

2.1.3 Vytápění zemním plynem

Zemní plyn je hořlavá látka využívaná jako fosilní palivo. (12) Během spalování zemního plynu se neuvolňují žádné nespálené částice jako například saze nebo prach, ani jiné

nebezpečné látky. Při řízeném spalování zemního plynu také téměř nedochází k výskytu emisí oxidu uhelnatého. Plynové kotle běžně mívají vysokou účinnost, která se dosahuje až 98 %. (13)

Při vytápění plynem je dnes velmi používán kondenzační kotel, který kromě tepla vzniklého spalováním plynu využívá i teplo vzniklé kondenzací vodní páry, která vzniká při hoření plynu. U běžných kotlů odchází vodní pára spolu s ostatními spaliny. (12)



Obrázek 4: Rozdíl mezi běžným a kondenzačním kotlem (12)

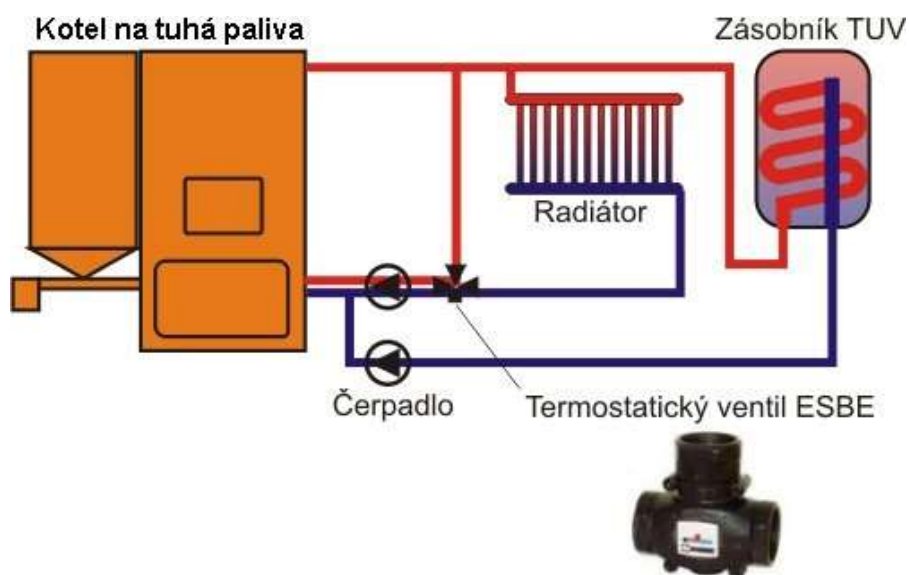
2.1.4 Vytápění pevnými palivy

Mezi typická pevná paliva řadíme především biomasu a uhlí. Kotle na tyto paliva lze rozdělit na prohořivací, odhořivací, zplyňovací a automatické. (14)

V prohořivacím kotli probíhá postupné spalování a produkované spaliny procházejí skrz palivo. V odhořivacím kotli probíhá postupné spalování paliva ve vrstvě, která je plynule doplňována a spaliny tedy neprocházejí vrstvou paliva. Oby typy kotlů vyžadují ruční dodávku paliva a spalovací vzduch je do nich přiváděn přirozeným přívodem. (14)

Zplyňovací kotel je typ odhořivacího kotle s nutností ručního přikládání. Vyšší úroveň spalování je dosaženo pomocí řízeného přísunu vzduchu ventilátorem. (14)

V případě automatického kotle se jedná o technologii se samočinnou dodávkou paliva a ventilátorem, který zajišťuje řízený přísun spalovacího vzduchu. (14)



Obrázek 5 Schéma zapojení automatických kotlů na pevná paliva (27)

2.1.4.1 Biomasa

Biomasa je jakákoliv organická hmota živočišného a rostlinného původu. Jedná se tedy o obnovitelný zdroj energie, jehož zásoby jsou v podstatě neomezené. Během spalování biomasy je zachována tzv. nulová bilance oxidu uhličitého. Biomasu pro vytápění nejčastěji získáváme jako odpad průmyslu, zemědělství nebo lesnictví, ale může být i cíleně pěstovaná. (15)

Biomasa má nejčastěji formu kusového dřeva, což je snadno dostupná a obnovitelná surovina. Dnešní moderní kotle na dřevo mají často inteligentní regulaci hoření a vytápění dřevem je tudíž snadné i pohodlné. Nevýhodou používání kusového dřeva je potřeba prostoru na uskladnění a větší časová náročnost. (15)

Dále můžeme pro vytápění používat biomasu ve formě pelet nebo briket. Pelety jsou vyráběny nejčastěji z dřevní biomasy a jsou dodávány ve formě slisovaných granulí. Brikety se stejně jako pelety vyrábějí z dřevní a rostlinné biomasy pod tlakem a za vysoké teploty. Hotové výrobky mají nejčastěji tvar válců. Brikety i pelety jsou paliva velmi

šeterná k životnímu prostředí. Mezi další výhody patří snadná manipulace, pohodlnost a vysoká výhřevnost. (15)



Obrázek 6: Dřevěné pelety (25)



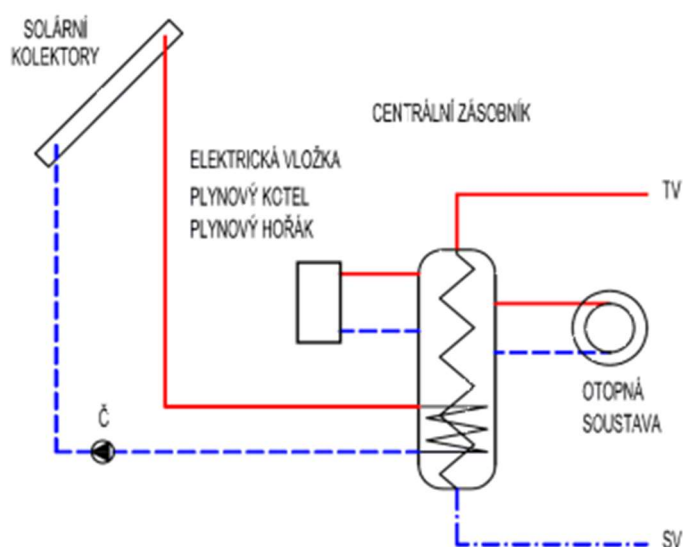
Obrázek 7: dřevěné brikety (26)

2.1.4.2 Uhlí

Uhlí je směs látek, která vznikla z odumřelé biomasy za specifických podmínek. (16) Výhodou vytápění uhlím je jeho dostupnost, a tudíž i nízká cena. Nemoderní kotel nebo jeho špatný technický stav však způsobuje nedostatečně účinné spalování uhlí. Z čehož plyne nadměrná produkce škodlivin a větší spotřeba paliva. U moderních kotlů tento problém již nenastává, výkon kotle lze plynule regulovat a jejich účinnost se pohybuje okolo 80 %. (17)

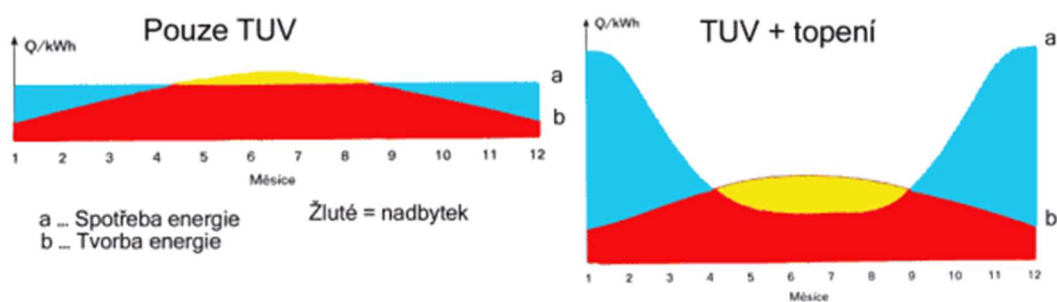
2.1.5 Solární vytápění

Solární vytápění je při výstavbě především nízkoenergetických a pasivních domů stále více uplatňováno. Může být navrženo jako tzv. solární kombinovaná soustava, což sdružuje vytápění a přípravu teplé vody. Při použití solárních systémů vytápění je vždy třeba dodržet dostatečnou tloušťku tepelné izolace a použít nízkoteplotní otopnou soustavu. (18)



Obrázek 8: Schéma solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla (18)

Během zimních měsíců v našich klimatických podmínkách dostupnost solárních zisků však klesá a potřeba tepla na vytápění roste, tudíž pomocí solárních kolektorů nelze pokrýt celou potřebu tepla a jejich použití je tedy nutné nakombinovat s dalším zdrojem vytápění. (18)



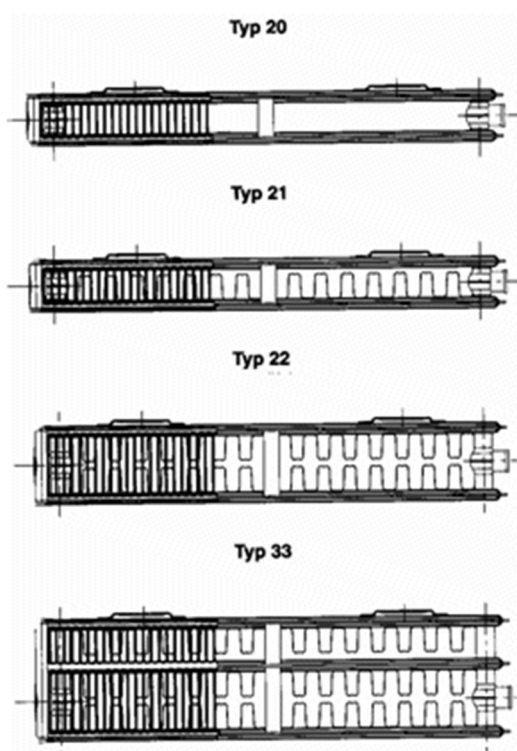
Obrázek 9: Orientační graf pokrytí potřeby tepla během roku (28)

2.2 Otopné plochy

Otopné plochy jsou důležitou částí každé otopné soustavy a slouží k předávání tepla vyrobeného ve zdroji do vytápěných místností tak, aby byla zajištěna dostatečná tepelná pohoda. (19)

2.2.1 Otopná tělesa desková

Desková otopná tělesa jsou nejčastěji používaným typem. Hlavní část tělesa je tvořena horní rozvodnou komorou a dolní sběrnou komorou. Komory jsou spojeny prolisy, které jsou tvořeny kanálky. Otopné těleso se tedy skládá ze dvou prolisovaných desek z ocelového plechu. Tělesa mají osový nebo boční výstup se závitem k připojení na potrubí. Původní desková tělesa měla pouze hladkou teplosměnnou plochu (typ 20), tudíž vytápění nebylo tak efektivní jako u modernějších typů deskových těles s rozšířenou teplosměnnou plochou. (20)



Obrázek 10: Typy deskových těles (20)

2.2.2 Otopná tělesa trubková

Trubková otopná tělesa se skládají z rozvodné komory a sběrné komory, které jsou propojeny trubkami menších průřezů. Ty mohou být uspořádány vodorovně, svisle nebo ve tvaru meandru. Čím více propojovacích trubek těleso má, tím je větší teplosměnná plocha. (20)

2.2.3 Konvektory

Konvektory jsou typy otopných těles, které předávají teplo do místnosti především prouděním. Pohyb vzduchu zajišťuje přirozený vztlak nebo ventilátor. Součástí konvektoru je výměník tepla a skříň s výdechovou mřížkou v horní části. Výhodou konvektorů je nízká hmotnost, malý obsah vody, estetický vzhled a rychlá odezva na regulaci. Nevýhodou je potřeba častějšího čištění skříně konvektoru a malé množství tepla, které je sdílené sáláním. (20)

2.2.4 Velkoplošné vytápění

Otopná plocha je při velkoplošném vytápění tvořena většinou některou stěnou, která ohraničuje vytápěný prostor. Takovou plochou může být stěna, strop nebo podlaha. Teplo je do místnosti předáváno především sáláním a provedení otopné plochy může být elektrické, teplovodní, přímotopné nebo akumuláční. (21)

3. Větrání rodinných domů

Větrání obytných prostor je nezbytné pro zajištění pohody uživatelů místnosti. Dlouhodobý pobyt v nevětraných prostorách může způsobovat únavu ale i vážnější zdravotní problémy. Cílem větrání je tedy nahradit znečištěný vnitřní vzduch čerstvým venkovním vzduchem. Větrání může probíhat přirozeně nebo nuceně. (22)

3.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání může probíhat infiltrací, mikroventilací nebo nárazovým větráním. V případě infiltrace se jedná o přirozenou výměnu vzduchu netěsnostmi okenních a dveřních otvorů nebo různými prostupy v konstrukci. Infiltrace probíhá díky rozdílu tlaků mezi vnitřním a vnějším prostředím. U moderních oken by k infiltraci však již nemělo docházet, proto na trhu začala být nabízena okna s možností mikroventilace. Určitá poloha klíčky vytváří šterbinu, díky které může čerstvý venkovní vzduch pronikat do místnosti. Větrání je tedy kontinuální bez prudké změny teploty. Nevýhodou mikroventilace je snížení zvukového odporu okna. Posledním možným způsobem přirozeného větrání je nárazové větrání. Nárazové větrání je efektivní z hlediska výměny vzduchu a téměř všude proveditelné. Během nárazového větrání může v případě velkého teplotního rozdílu mezi vnitřním a vnějším prostředím docházet k prudké změně teploty a je tedy nutná přítomnost osob, které sledují kvalitu vzduchu. (22)

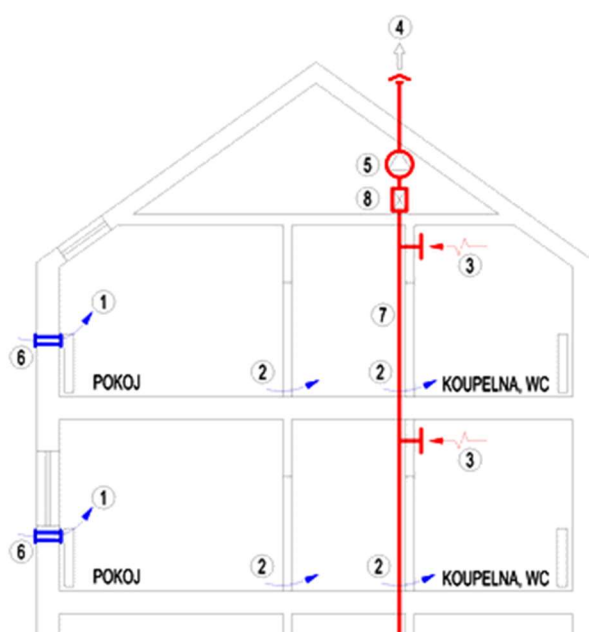
3.2 Nucené větrání

3.2.1 Podtlakové větrání

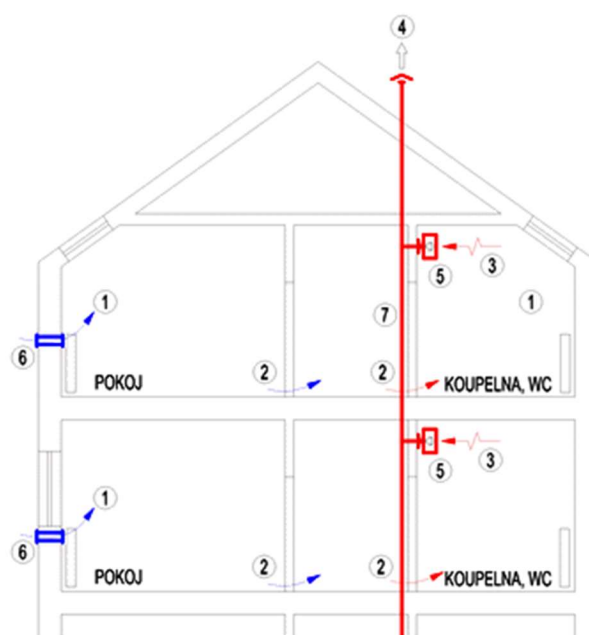
Podtlakové větrání je v budovách zajištěno nuceným odvodem znečištěného vzduchu, který je většinou realizován instalovanými zařízeními v kuchyních a hygienických zařízeních. Přívod venkovního vzduchu do budovy je zajištěn přívodními větracími otvory ve výplních stavebních otvorů (okna a dveře) nebo otvory, které jsou zabudované v obvodových stěnách. Ty jsou nejčastěji umístěny pod okenními otvory za nebo nad otopnými tělesy. Výhodou podtlakového větrání jsou poměrně nízké pořizovací náklady

a jednoduchost. K nevýhodám tohoto systému patří především vyšší provozní náklady na ohřev vzduchu, které jsou způsobeny absencí zařízení pro zpětný zisk tepla. (23)

System podtlakového větrání může být lokální nebo centrální. Lokální systémy jsou řešeny lokálním radiálním ventilátorem, který je umístěn ve větrané místnosti, odkud je vzduch odsáván nebo může pomocí více hrdel odsávat vzduch z více místností. Vzduch je pak odváděn zpravidla nad střechu. V centrálních systémech je odvod vzduchu zajištěn jedním centrálním ventilátorem, který je napojen na stoupací potrubí a bývá nejčastěji umístěn v nejvyšším místě budovy. (23)



Obrázek 11: Nucené podtlakové větrání centrální (23)

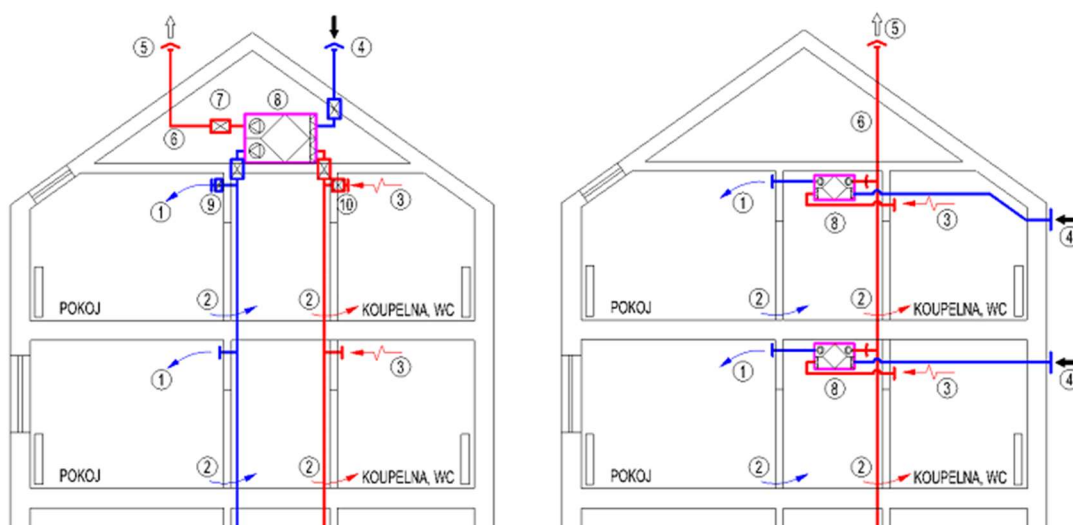


Obrázek 12: Nucené podtlakové větrání lokální (23)

3.2.2 Rovnotlaké větrání

Rovnotlaké větrací systémy zajišťují nucený přívod větracího vzduchu a zároveň odvádí znečištěný vzduch z místností. Hlavní součástí tohoto systému je vzduchotechnická jednotka, která umožňuje využití zpětného zisku tepla (ZZT) z odváděného vzduchu, což snižuje potřebu tepla k ohřevu přiváděného venkovního vzduchu. Kromě zařízení pro zpětný zisk tepla obsahuje dále vzduchotechnická jednotka dva ventilátory, filtry atmosférického vzduchu a případně ohřívač vzduchu. (23)

Rovnotlaké větrání může být řešeno jako lokální nebo centrální systém. Lokální systémy jsou používány zejména pro větrání jednotlivých bytů v bytových jednotkách a pro rodinné domy jsou tudíž nevhodné. V centrálních systémech je jádrem systému vzduchotechnická jednotka, na které je napojeno potrubí pro přívod a odvod vzduchu větraných místností. (23)

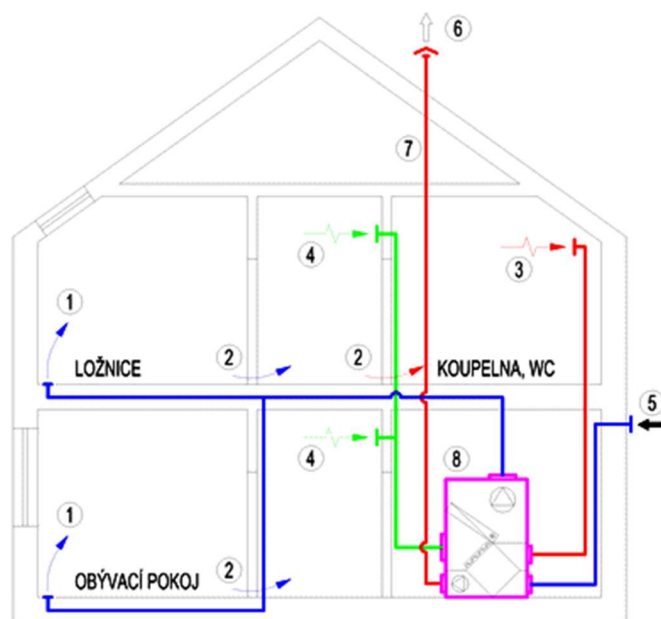


Obrázek 13: Nucené rovnotlaké větrání centrální (vlevo) a lokální (vlevo) (23)

3.2.3 Teplovzdušné vytápění

System teplovzdušného vytápění zajišťuje vytápění i větrání rodinných domů zároveň. Venkovní vzduch je předehříván pomocí výměníku zpětného získávání tepla cirkulačním vzduchem, který je odváděn z místností. Díky tomu dochází ke snížení spotřeby energie na ohřev vzduchu. Do objektu přiváděný vzduch je ohříván na požadovanou teplotu tak, aby byla pokryta tepelná ztráta objektu. Otopná soustava je použita pro přípravu otopné vody, která dohřívá vzduch. Výhodou tohoto systému je spojení větrání a vytápění do jednoho zařízení. Nevýhodou je především vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů, obtížné regulování v jednotlivých místnostech a nutnost větších průměrů potrubí, protože teplonosnou látkou je vzduch.

Tento typ větrání je používán především v novostavbách v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu. (23)

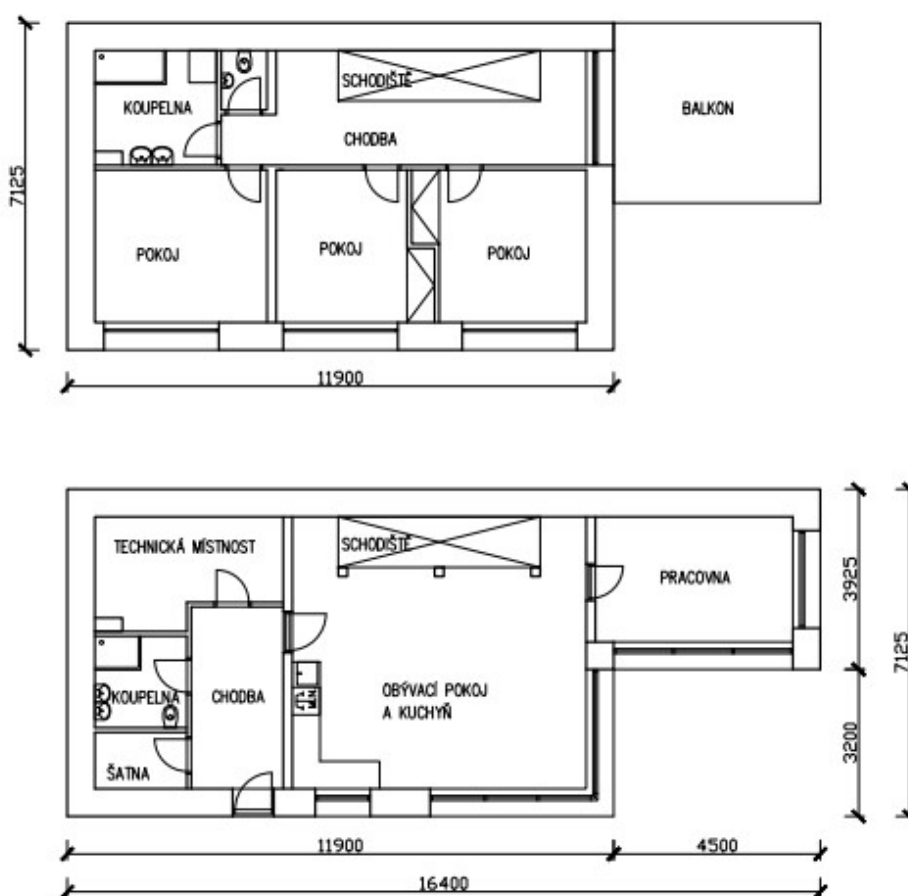


Obrázek 14: Teplovzdušné vytápění

4. Návrh vytápění a větrání zadaného objektu

4.1 Popis objektu

Projekt se zabývá návrhem systému větrání a vytápění novostavby, která je navržena v pasivním standardu. Jedná se o dvoupodlažní dřevostavbu s plochou střechou, kde se v přízemí nachází chodba, koupelna, šatna, technické zázemí, pracovna a obývací prostor a v patře se nachází koupelna, WC, ložnice a dva pokoje. Řešený objekt se nachází ve Zbraslavi a je situován v blízkosti lesa.



Obrázek 16: Orientační půdorysy

4.2 Výběr vhodného systému

Při výběru systému větrání jsem se rozhodla zvolit systém rovnotlakého větrání a použití vzduchotechnické jednotky se zařízením pro zpětné získávání tepla. Vzhledem k tomu, že je novostavba navržena v pasivním standardu, přirozené větrání není vhodné.

Vzduchotechnická jednotka se zařízením pro zpětný zisk tepla využívá vnitřní odpadní vzduch pro ohřev přiváděného venkovního vzduchu, což snižuje tepelnou ztrátu větráním. Při výběru systému vytápění jsem zvažovala dvě varianty. První zvažovanou variantou bylo teplovzdušné vytápění. Výhodou tohoto systému je spojení větrání a vytápění do jednoho zařízení, díky čemuž by v rodinném domku došlo k úspoře místa. Nakonec jsem se však rozhodla použít pro vytápění alespoň částečně obnovitelnou energii, a proto jsem zvolila druhou variantu – tepelné čerpadlo voda – vzduch v kombinaci s podlahovým vytápěním. Vzhledem k tomu, že je dům navržený v pasivním standardu a použila jsem vzduchotechnickou jednotku se zařízením pro zpětné získávání tepla, bude tepelná ztráta objektu velmi malá. Tepelné čerpadlo bude tedy možné využít i pro ohřev zásobníku teplé vody.

4.2.1 Tepelné ztráty objektu

Pro výpočet tepelných ztrát objektu postupem jsem využila program RAUCAD TechCON, který využívá normu ČSN EN 12831. Hodnoty součinitele prostupu tepla jsem zvolila podle normy ČSN 73 0540-2. Použila jsem rozmezí doporučených hodnot pro pasivní budovy.

Objekt se nachází v oblasti, kde je vnější výpočtová teplota $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vnitřní teplotu jsem zvolila $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v koupelnách $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Všechny místnosti kromě technické místnosti jsem uvažovala jako vytápěné.

Při těchto okrajových podmínkách vychází celková tepelná ztráta objektu postupem 2951 W.

č.	č.m.	Účel místnosti	$\theta_{int,j}$ [$^{\circ}\text{C}$]	A_i [m^2]	V_i [m^3]	g_i [-]	$V'_{inf,j}$ [m^3/h]	$V'_{sv,j}$ [m^3/h]	θ_{sv} [$^{\circ}\text{C}$]	$V'_{ox,j}$ [m^3/h]	$V'_{mech...}$ [m^3/h]	$V'_{sv,zm}$ [m^3/h]	V'_i [m^3/h]	n [1/h]	n_{min} [1/h]	$V_{min,j}$ [m^3/h]	$V'_{i,v}$ [m^3/h]	$\Phi_{V,j}$ [W]	$\Phi_{T,j}$ [W]	$f_{h,j}$ [-]	$\Phi_{RH,j}$ [W]	$\Phi_{HL,j}$ [W]
1	1.01	Chodba	20.0	7.93	21.41	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	172	1.00	0	172
2	1.02	Šatna	20.0	2.46	6.63	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	80	1.00	0	80
3	1.03	Koupelna	24.0	3.99	10.78	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	93	1.00	0	93
4	1.04	Technická míst	8.0	8.91	24.05	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	1.00	0	0
5	1.05	Obývací prost	20.0	37.89	102.31	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	782	1.00	0	782
6	1.06	Pracovna	20.0	17.67	38.88	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	625	1.00	0	625
7	2.01	Chodba	20.0	25.47	56.03	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	197	1.00	0	197
8	2.02	WC	20.0	2.20	4.85	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	30	1.00	0	30
9	2.03	Koupelna	24.0	10.40	22.88	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	237	1.00	0	237
10	2.04	Ložnice	20.0	17.86	39.29	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	285	1.00	0	285
11	2.05	Pokoj 1	20.0	12.95	28.50	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	196	1.00	0	196
12	2.06	Pokoj 2	20.0	11.61	25.54	1.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	254	1.00	0	254
		Spolu:		159.3	381.1		0.0			0.0	0.0							0	2951		0	2951

Obrázek 17: Tepelné ztráty postupem vygenerované programem Raucad TechCON

Pro systém větrání jsem navrhla vzduchotechnickou jednotku Atrea DUPLEX EASY s účinností zařízení pro zpětný zisk tepla 91 %, díky čemuž dosahuje přiváděný vzduch předehřívání odpadním vzduchem teploty 18,31 °C. Celková tepelná ztráta větráním pak činí 132 W. Základní verze programu neumožňuje připočítat odpovídající ztrátu větráním, proto je výpočet ztrát větráním proveden dodatečně.

Místnost	Poč. os.	Plocha (m ²)	Návrh. množství větr. vzduchu (m ³ /h)	T _{int} (°C)	Q _v (W)
KK	4	37,9	90	20	55,2
Pracovna	1	11,7	20	20	12,3
Ložnice	2	12,5	45	20	27,6
Pokoj 1	1	9,5	30	20	18,4
Pokoj 2	1	10,6	30	20	18,4

Obrázek 18: Tepelné ztráty větráním

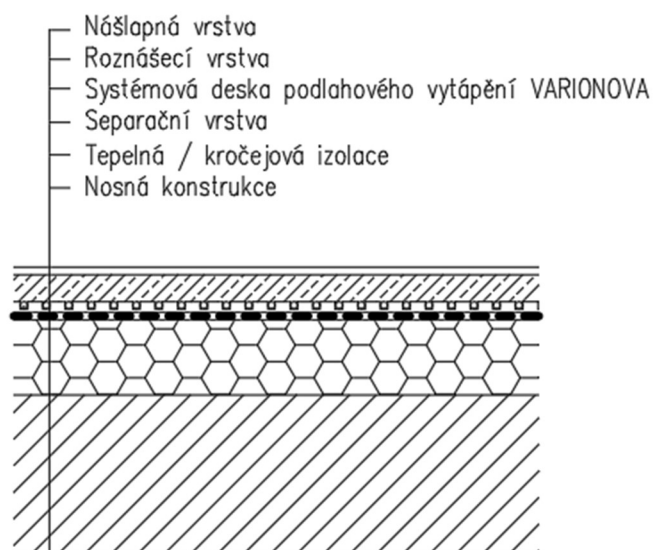
Celková tepelná ztráta objektu větráním a prostupem je tedy 3083 W.

4.2.2 Vytápění

Pro vytápění zadaného objektu jsem zvolila nízkoteplotní otopnou soustavu s teplotou na výstupu 35°C. Zdrojem tepla této soustavy je tepelné čerpadlo IVT Air X 50 s vnitřní jednotkou IVT AirModul E9. Otopné plochy jsou tvořeny podlahovými systémovými deskami REHAU Varionova s trubkami RAUTHERM speed 16x1,5 mm. Základní verze program RAUCAD Techcon neumožňuje připočítat odpovídající ztrátu větráním, proto jsou větrané místnosti (obývací prostor, pracovna, ložnice, pokoj 1 a pokoj 2) dimenzované na vyšší hodnoty výkonu podle tabulky tepelných ztrát větráním.

№	Krytina	Odch... [W]	Pokrytí [%]	Zóna	tpřív [°C]	S [m ²]	l-celk [m]	L [mm]	tpdl [°C]	Δt [K]
Zdroj: Rozdělovač HKV-D NEREZ (vnější závit) 6 : H=8663 Pa; tpřív=35.0 °C										
RZ 1 - 1. NP (6) H=8663 Pa (tpřív=35.0 °C; ts=30.6 (dt=4.4); Q=2034 W; Mh=398.22 kg/h; dPmax=8663 Pa)										
1.03 - Koupelna										
(ti=24 °C; Qr=93 W = Qvyk=93 W)										
		0	100 %							
1	PDL: (R=0.075) Keramická dlažba + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	3.3	21.7	250	26.9	2.1
1.02 - Šatna										
(ti=20 °C; Qr=80 W = Qvyk=80 W)										
		0	100 %							
2	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	2.5	24.3	200	23.2	5.2
1.01 - Choba										
(ti=20 °C; Qr=172 W = Qvyk=172 W)										
		0	100 %							
3	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	5.5	26.6	250	23.1	4.2
1.05 - Obývací prostor										
(ti=20 °C; Qr=782 W < Qvyk=836 W)										
		+54	107 %							
4	PDL: (R=0.071) Linoleum 4mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	26.1	111.6	250	23.2	7.3
1.06 - Pracovna										
(ti=20 °C; Qr=625 W < Qvyk=636 W)										
		+11	102 %							
5	PDL: (R=0.065) Linoleum 4mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 2	35.0	5.9	80.9	100	25.2	3.3
6	PDL: (R=0.065) Linoleum 4mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	5.9	79.9	100	25.2	3.3
Zdroj: Rozdělovač HKV-D NEREZ (vnější závit) 7 : H=870 Pa; tpřív=35.0 °C										
RZ 2 - 2. NP (7) H=870 Pa (tpřív=35.0 °C; ts=28.4 (dt=6.6); Q=1443 W; Mh=189.30 kg/h; dPmax=870 Pa)										
2.02 - WC										
(ti=20 °C; Qr=30 W < Qvyk=32 W)										
		+2	106 %							
1	PDL: (R=0.065) Keramická dlažba + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	1.3	10.1	300	22.5	10.0
2.03 - Koupelna										
(ti=24 °C; Qr=237 W < Qvyk=238 W)										
		+1	100 %							
2	PDL: (R=0.065) Keramická dlažba + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 2	35.0	3.2	71.8	50	27.7	5.0
3	PDL: (R=0.065) Keramická dlažba + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	3.2	71.1	50	27.7	5.0
2.04 - Ložnice										
(ti=20 °C; Qr=285 W < Qvyk=328 W)										
		+43	115 %							
4	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	12.5	49.3	300	22.7	6.0
2.05 - Pokoj 1										
(ti=20 °C; Qr=196 W < Qvyk=216 W)										
		+20	110 %							
5	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	9.5	41.1	300	22.3	8.5
2.06 - Pokoj 2										
(ti=20 °C; Qr=254 W < Qvyk=273 W)										
		+19	107 %							
6	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	10.6	48.2	300	22.6	6.5
2.01 - Chodba										
(ti=20 °C; Qr=197 W < Qvyk=201 W)										
		+4	102 %							
7	PDL: (R=0.130) Laminátová podlaha 7-8 mm + Podložka Starlon TOP 1,6 mm			PZ 1	35.0	8.9	32.1	300	22.3	8.7

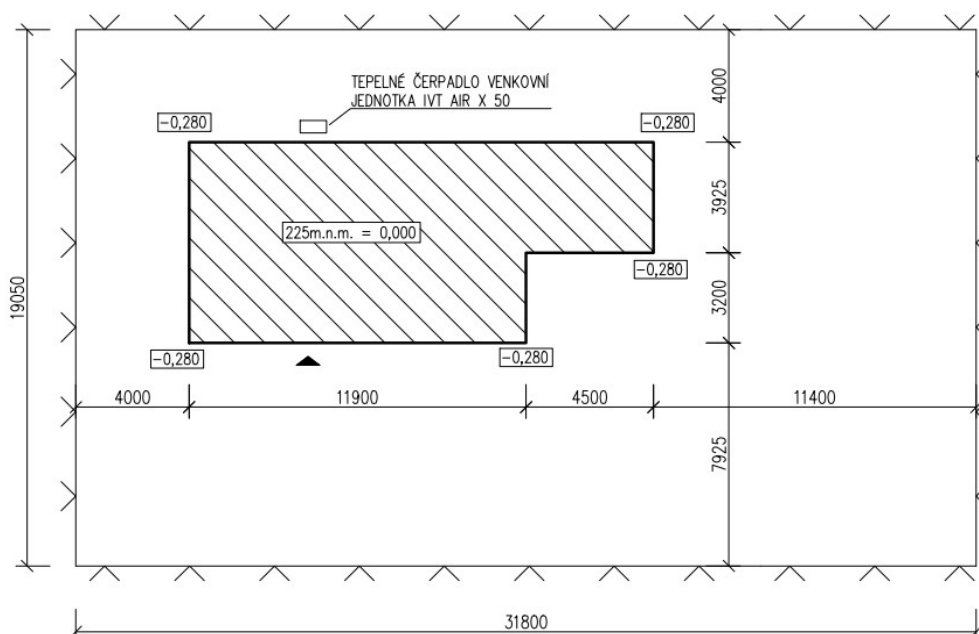
Obrázek 20: Návrh podlahového vytápění



Obrázek 19: Schéma umístění podlahových systémových desek do skladby podlahy

V každém podlaží je umístěn jeden rozdělovač REHAU HKV-D, do kterého jsou připojeny jednotlivé okruhy. Součástí rozdělovače jsou regulační ventily, které slouží pro jemnou regulaci přívodu pomocí průtoku. Přízemí je rozděleno na šest topných okruhů a první patro je rozděleno na sedm topných okruhů. Rozdělovače jsou napojeny na vnitřní jednotku tepelného čerpadla, která se nachází v technické místnosti.

Venkovní jednotka IVT Air X 50 se nachází přímo za obvodovou zdí technické místnosti na severní straně objektu, tudíž nedochází k šíření hluku do obytných místností. Vzhledem k tomu, že se pozemek nachází na samotě, nebude docházet k rušení ostatních sousedů hlukem. Jednotka bude osazena na betonový základ a kondenzát bude odveden pomocí potrubí z PVC do šterkového lože pod betonovým základem.



Obrázek 21: Schéma umístění venkovní jednotky tepelného čerpadla

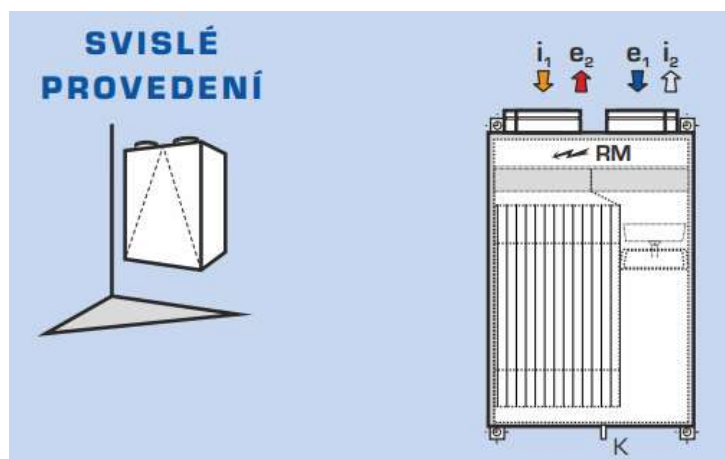
Vnitřní jednotka tepelného čerpadla IVT AirModul E9 má integrovaný zásobník teplé vody IVT DS o objemu 190 l se šnekovitým výměníkem a elektrokotel o výkonu 2 kW.

Tepelné čerpadlo tedy přepíná dle potřeby mezi ohřevem otopné vody (35 °C) a ohřevem teplé užitkové vody (55 °C). Případný nedostatečný výkon tepelného čerpadla může být kompenzován integrovaným elektrokotlem. Součástí tepelného čerpadla je také oběhové čerpadlo Grundfos UPM2 25–75 PWM, které zajišťuje proudění kapaliny na okruhu mezi vnitřní a venkovní jednotkou a chrání tak kapalinu proti zamrznutí.

Pro systém vytápění jsem navrhla hlavní oběhové čerpadlo Grundfos ALPHA1 L 25-60 180, které odpovídá potřebné dopravní výšce a průtoku. Dále jsem také navrhla membránovou expanzní nádobu Reflex N 12 4/1,5, jejíž použití jsem ověřila výpočtem. Tlak pojistného ventilu je nastaven na 2,5 baru.

4.2.3 Větrání

Pro větrání zadaného objektu jsem navrhla rovnotlaké větrání s nástěnnou vzduchotechnickou jednotkou Atrea DUPLEX 380 ECV5 se zařízením pro zpětné získávání tepla s účinností 91 %. Díky tomu je do místností přiváděn větrací vzduch o teplotě 18,3 °C. Tato jednotka je umístěna v technické místnosti.



Obrázek 22: VZT jednotka Atrea DUPLEX 380 ECV5 (29)

Distribuce větracího vzduchu a odvod odpadního vzduchu je zajištěno pomocí kruhového potrubí SPIRO DN 80 - DN 150. Větrací vzduch je v přízemí přiváděn do pracovny a obývacího prostoru a v prvním patře do ložnice a pokojů. Odpadní vzduch je pak odváděn z obou koupelen, toalety a obývacího prostoru. Přívod a odvod vzduchu do ostatních místností je zajištěn pomocí PVC větracích mřížek Dalap GP 350 AN o rozměrech 368 x 130 mm ve dveřích, které odpovídají navrženým průtokům. Potrubí je vedeno pod stropem v podhledu. V technické místnosti je z důvodu kondenzace potrubí zaizolováno pomocí izolace LAROCK 40 ALS. V místě vyústění potrubí do venkovního prostředí jsou instalovány kruhové odvětrávací mřížky VP MV 150 BVS. Vzdálenost vyústění potrubí odpadního a přívodního vzduchu je 1,5 m z důvodu zamezení mísení.

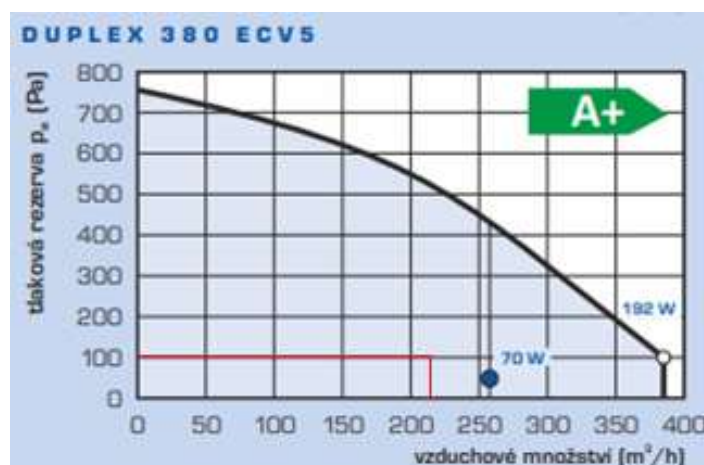
úsek	návrh potrubí – přívod								úsek	D (m)	U (m)	S _{skut} (m ²)	l (m)	W _{skut}	R _e (-)	typ	ε	30/Re ^{0,875}	drs.	λ (-)	ΔP _{fr} (Pa)	ξ(-)	ΔP _ξ (Pa)	ΔP _z (Pa)
	V	V	l	W _{před}	S _{vyp}	Ø D	S _{skut}	W _{skuteč}																
	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	m ²	m/s																
0	215	0,06	2,12	4	0,0149	150	0,0177	3,38																
1	110	0,031	7,80	4	0,0076	100	0,0079	3,89																
2	20	0,006	4,65	3	0,0019	80	0,0050	1,11																
3	105	0,029	5,95	4	0,0073	100	0,0079	3,71																
4	60	0,017	4,13	3	0,0056	100	0,0079	2,12																
5	30	0,008	3,70	3	0,0028	80	0,0050	1,66																

Obrázek 23: Návrh průměru potrubí a výpočet ztrát pro přívod

úsek	návrh potrubí – odvod								úsek	D (m)	U (m)	S _{skut} (m ²)	l (m)	W _{skut}	R _e (-)	typ	ε	30/Re ^{0,875}	drs.	λ (-)	ΔP _{fr} (Pa)	ξ(-)	ΔP _ξ (Pa)	ΔP _z (Pa)
	V	V	l	W _{před}	S _{vyp}	Ø D	S _{skut}	W _{skuteč}																
	m ³ /h	m ³ /s	m	m/s	m ²	mm	m ²	m/s																
0	215	0,060	1,38	4	0,0149	150	0,0177	3,38																
1	100	0,028	5,74	4	0,0069	100	0,0079	3,54																
2	115	0,032	0,68	4	0,0080	125	0,0123	2,60																
3	10	0,003	1	3	0,0009	80	0,0050	0,55																
4	105	0,029	6,16	4	0,0073	100	0,0079	3,71																
5	45	0,013	1,5	3	0,0042	80	0,0050	2,49																

Obrázek 24: Návrh průměru potrubí a výpočet ztrát pro odvod

Maximální tlaková ztráta na nejdelší větvi je 101,93 Pa a maximální průtok vzduchu větrací jednotkou je 215 m³/h.



Obrázek 25: Charakteristika navržené VZT jednotky (29)

Jako koncové prvky systému větrání jsem zvolila talířové ventily. Pro přívod vzduchu jsem dle nomogramů navrhla talířové ventily TVPM 80-100 a pro odvod vzduchu TVOM 80-125. Regulace systému je rovněž zajištěna koncovými prvky, které jsou tvořeny vstupním kuželem a nastavitelným středovým diskem. Pomocí tohoto mechanismu bude regulován průtok vzduchu. Navržené talířové ventily splňují akustické požadavky.

Vzhledem k architektonickému řešení interiéru místnosti a problematikou odvodu vzduchu mimo řešený objekt je nad varnou deskou navržen odsavač par TurboAir TILLY IX/F/60, který pomocí filtrů zachycuje nečistoty a očištěný vzduch vrací zpět do místnosti.

5. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala možnostmi vytápění a větrání rodinných domů, které jsem porovnávala a následně navrhla vhodnou variantu pro zadaný dvoupodlažní rodinný dům. V rámci návrhu jsem použila omezenou verzi programu RAUCAD TechCON, pomocí které jsem provedla výpočet tepelných ztrát objektu a výpočet dimenzí a ztrát na potrubí otopné soustavy. Dále jsem provedla návrh dimenzí vzduchotechnického potrubí a výpočet ztrát a rozpracovala výkresovou dokumentaci pro vytápění a větrání.

Pro vybranou formu vytápění jsem navrhla tepelné čerpadlo voda – vzduch IVT Air X 50 s vnitřní jednotkou IVT AirModul E9 a podlahové vytápění, které je tvořeno podlahovými systémovými deskami REHAU Varionova s trubkami RAUTHERM speed. Součástí vnitřní jednotky tepelného čerpadla je zásobník teplé vody IVT DS o objemu 190 l.

V rámci návrhu vytápění jsem navrhla vzduchotechnickou rovnotlakou jednotku Atrea DUPLEX 380 ECV5 se zařízením pro zpětné získávání tepla. Dále jsem navrhla kruhové potrubí SPIRO z pozinkovaného plechu a koncové prvky – talířové ventily TVOM a TVPM. Pro potřebný pohyb vzduchu jsou ve dveřích navrženy větrací mřížky. Do kuchyně jsem umístila odsavač par TurboAir TILLY IX/F/60, který pomocí filtrů odsává pachy a pachů zbavený vzduch přivádí zpět.

6. Použité zdroje

1. VELUX Česká republika, s.r.o. Pro zdravější budoucnost je potřeba změnit přístup k modernímu stavitelství. *TZB-info*. [Online] 2018. [Citace: 25. 02 2022.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/17435-pro-zdravejsi-budoucnost-je-potreba-zmenit-pristup-k-modernimu-stavitelstvi>.
2. Rubinová, Olga a Rubina, Aleš. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *TZB-info*. [Online] 2005. [Citace: 25. 02 2022.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/2650-vnitni-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>.
3. doc. Ing. Horák, Petr, Ph.D. Výběr zdroje tepla pro rodinný dům s ohledem na energetickou náročnost a další faktory. *TZB-info*. [Online] 2019. [Citace: 25. 02 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/19499-vyber-zdroje-tepla-pro-rodinny-dum-s-ohledem-na-energetickou-narocnost-a-dalsi-faktory>.
4. Ing. Kopáčková, Dagmar, Ph.D., Ing. Blažíček, Jan a Ing. Hodboď, Josef. Varianty elektrického vytápění – rozdělení podle zdroje tepla. *TZB-info*. [Online] 2022. [Citace: 01. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/elektricke-vytapani/10833-varianty-elektrickeho-vytapani-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>.
5. Ing. Hodboď, Josef. Tepelná čerpadla – základní informace. *TZB-info*. [Online] 2021. [Citace: 01. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>.
6. VIESSMANN, spol. s r.o. Tepelná čerpadla, druhy, výhody, úspory. *TZB-info*. [Online] 2019. [Citace: 01. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/20011-tepelna-cerpadla-druhy-vyhody-uspory>.
7. Vzduch/vzduch. *čerpadla-IVT*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>.
8. Vzduch/voda - venkovní vzduch. *čerpadla-IVT*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>.
9. Země/voda - vrt. *čerpadla-IVT*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vrt>.
10. Voda/voda (studny). *čerpadla-IVT*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-voda-voda-studny>.

11. Země/voda - vodní plocha. *čerpadla-IVT*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-vodni-plocha>.
12. Ing. Bufka, Aleš, a další. Přehled trhu plynových kotlů 2017 – 2019, díl 1. – Kategorie kotlů, druhy plynů a spotřeby. *TZB-info*. [Online] 2022. [Citace: 01. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/20786-prehled-trhu-plynovych-kotlu-2017-2019-dil-1-kategorie-kotlu-druhy-plynu-a-spotreby>.
13. Vytápíme plynem. *TZB-info*. [Online] [Citace: 01. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem>.
14. Ing. Lyčka, Zdeněk. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1). *TZB-info*. [Online] 2013. [Citace: 03. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>.
15. Ing. Stupavský, Vladimír. O vytápění biomasou od A až do Z. *TZB-info*. [Online] 2020. [Citace: 03. 03 2022.] <https://oze.tzb-info.cz/vytapani-peletami/8814-o-vytapani-biomasou-od-a-az-do-z>.
16. Straka, Pavel. Co je uhlí? *vesmir.cz*. [Online] 2009. [Citace: 03. 03 2022.] <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2009/cislo-6/co-je-uhli.html>.
17. Kotle na uhlí – nenáročné vytápění domů uhlím bez velkých investic. *topeni-topenari*. [Online] [Citace: 03. 03 2022.] <https://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/uhli/>.
18. doc. Ing. Matuška, Tomáš, Ph.D. Solární vytápění. *TZB-info*. [Online] [Citace: 03. 03 2022.] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/142-solarni-vytapani>.
19. Otopné plochy. *TZB-info*. [Online] [Citace: 03. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy>.
20. prof. Ing. Bašta, Jiří, Ph.D. a Ing. Vavříčka, Roman, Ph.D. Otopné plochy (II) - Druhy otopných těles. *TZB-info*. [Online] 2006. [Citace: 03. 03 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/otopne-plochy/3064-otopne-plochy-ii-druhy-otopnych-teles>.
21. Podlahové vytápění. *TZB-info*. [Online] [Citace: 03. 05 2022.] <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>.
22. Způsoby větrání bytů a rodinných domů. *STAVEBNICTVÍ3000.CZ*. [Online] 2016. [Citace: 03. 05 2022.] <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zpusoby-vetrani-bytu-a-rodinnych-domu>.

23. Ing. Zmrhal, Vladimír, Ph.D. a Ing. Petlach, Jiří. Systémy větrání obytných budov. *TZB-info*. [Online] 2011. [Citace: 05. 03 2022.] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>.
24. prof. Ing. Kabele, Karel, CSc., Ing. Veverková, Zuzana, Ph.D. a Ing. Dvořáková, Pavla, Ph.D. Složky vnitřního prostředí. *ASB-portal*. [Online] 2015. [Citace: 25. 02 2022.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>.
25. PR. 4 důvody, proč používat dřevěné pelety. *bydleni.cz*. [Online] 2020. [Citace: 03. 03 2022.] <https://www.bydleni.cz/clanek/4-duvody-proc-pouzivat-drevene-pelety>.
26. —. Využijte pro topení dřevěné brikety a ušetřete. *bydleni.cz*. [Online] 2020. [Citace: 03. 03 2022.] <https://www.bydleni.cz/clanek/Vyuzivejte-pro-topeni-drevene-brikety-a-usetrete>.
27. Automatické kotle na pevná paliva. *Kotle Sýkora s.r.o.* [Online] [Citace: 03. 03 2022.] <https://kotlesykora.cz/automaticke-kotle-na-pevna-paliva>.
28. REFLEX, s.r.o. Přehled praktického využití sluneční energie. *TZB-info*. [Online] 2004. [Citace: 03. 03 2022.] <https://www.tzb-info.cz/1960-prehled-praktickeho-vyuziti-slunecni-energie>.
29. s.r.o., ATREA. DUPLEX 280, 380, 580 ECV5 / ECV5-E. *atrea.cz*. [Online] <https://www.atrea.cz/cz/duplex-280-380-580-ecv5>.

7. Seznam obrázků

Obrázek 1: Vnitřní prostředí budov (24)	8
Obrázek 2: Podlahové vytápění s elektrickou tepnou fólií (vlevo), Tenkovrstvý systém s rychlým náběhem teploty – do koupelen pod dlažbu (vpravo)	10
Obrázek 3: Schéma pracovního okruhu (tepelné čerpadlo vzduch-vzduch) (5).....	11
Obrázek 4: Rozdíl mezi běžným a kondenzačním kotlem (12).....	13
Obrázek 5 Schéma zapojení automatických kotlů na pevná paliva (27)	14
Obrázek 6: Dřevěné pelety (25).....	15
Obrázek 7: dřevěné brikety (26)	15
Obrázek 8: Schéma solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla (18)	16
Obrázek 9: Orientační graf pokrytí potřeby tepla během roku (28)	16
Obrázek 10: Typy deskových těles (20).....	17
Obrázek 11: Nucené podtlakové větrání centrální (23)	20
Obrázek 12: Nucené podtlakové větrání lokální (23).....	21
Obrázek 13: Nucené rovnotlaké větrání centrální (vlevo) a lokální (vlevo) (23).....	22
Obrázek 14: Teplovzdušné vytápění	23
Obrázek 15: Teplovzdušné vytápění (23)	24
Obrázek 16: Orientační půdorysy	24
Obrázek 17: Tepelné ztráty prostupem vygenerované programem Raucad TechCON ..	25
Obrázek 18: Tepelné ztráty větráním	26
Obrázek 19: Schéma umístění podlahových systémových desek do skladby podlahy ..	27
Obrázek 20: Návrh podlahového vytápění	27
Obrázek 21: Schéma umístění venkovní jednotky tepelného čerpadla	28
Obrázek 22: VZT jednotka Atrea DUPLEX 380 ECV5 (29)	29
Obrázek 23: Návrh průměru potrubí a výpočet ztrát pro přívod	30
Obrázek 24: Návrh průměru potrubí a výpočet ztrát pro odvod.....	30
Obrázek 25: Charakteristika navržené VZT jednotky (29).....	30