

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÉHO DOMU
Teoretická část

Vypracoval:

Martin Šťástka

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

2019/2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Štáštka Jméno: Martin Osobní číslo: 468672

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation of a family house

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

Varianty zdroje tepla

Varianty otopných systémů, distribučních prvků a otopných ploch

Praktická část:

Projektová dokumentace zvoleného systému vytápění a větrání v rozsahu DPS, výpočty, technická zpráva

Katalog použitých prvků, zařízení a trubních rozvodů

Seznam doporučené literatury:

Kabele Karel.; Technické zařízení budov: vytápění - podklady pro cvičení. 1.

Chyský, J. - Hemzal, K. a kol.: Větrání a klimatizace

Jelínek, Vytápěcí a chladicí systém budovy účinně a ekologicky

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 26.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 18. 5. 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 bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

16.1.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne



podpis

Poděkování:

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu své bakalářské práce, panu doc. Ing. Vladimíru Jelínkovi, CSc. za odborné vedení, rady a trpělivost během zpracování této práce.

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Charakteristika objektu	7
3. Legislativní a hygienické parametry obytných prostor a bazénů.....	8
3.1. Vytápění obytných prostor.....	8
3.2. Větrání obytných prostor	8
4. Stanovení tepelně technických parametrů navrhovaného otopného systému	9
4.1. Stanovení součinitele prostupu tepla	9
4.2. Stanovení tepelné ztráty prostupem.....	9
4.3. Stanovení tepelné ztráty větráním.....	10
4.4. Celková tepelná ztráta objektu.....	10
5. Návrh otopné soustavy	10
5.1. Teplovodní soustava	10
5.2. Teplovzdušná soustava	11
5.3. Parní soustava	11
6. Návrh systému větrání.....	12
6.1. Přirozené větrání	13
6.2. Nucené větrání	13
6.3. Hybridní větrání.....	14
7. Návrh zdrojů tepla pro vytápění a pro teplou užitkovou vodu.....	15
7.1. Tepelné čerpadlo.....	15
7.1.1. Vzduch/voda.....	16
7.1.2. Voda/voda.....	16
7.1.3. Vzduch/vzduch	17
7.1.4. Země/voda	17
7.2. Kotel na zemní plyn.....	19
7.2.1. Standartní plynový kotel.....	19
7.2.2. Nízkoteplotní plynový kotel.....	19
7.2.3. Kondenzační plynový kotel.....	19
7.3. Kotel na dřevěné pelety	20
8. Variantní řešení	21
8.1. Varianta A.....	21

8.2.	Varianta B	22
8.3.	Varianta C	23
9.	Závěr.....	25
10.	Citovaná literatura a zdroje.....	26
11.	Seznam obrázků.....	29

Anotace:

Tato bakalářská práce se zabývá variantním návrhem vytápění a větrání rodinného domu v Praze, jehož součástí je i vnitřní bazén.

V teoretické části analyzuji varianty zdroje tepla. Varianta 1 je plynový kotel. Varianta 2 je tepelné čerpadlo. Varianta 3 je kotel na dřevěné pelety.

V další části této práce porovnávám různé systémy vytápění a větrání. Varianta A je systém teplovodního vytápění s podtlakovým větráním, varianta B je teplovodní soustava s nuceným rovnotlakým větráním a varianta C je řešena jako teplovzdušná soustava. Výstupem této části je porovnání variant a výběr cenově nejvýhodnější varianty.

V praktické jsou podrobně navrhuji zvolenou variantu. Výstupem je dokumentace pro provádění stavby.

Klíčová slova:

Vytápění, větrání, varianty

Annotation:

This bachelor thesis deals with design of heating and ventilation of a family house in Prague with indoor pool.

The theoretical part provides the analysis of heat source variants and radiators and heating surfaces variants. The output of this section is comparison of those variants and selection of the most cost-effective variant.

In the practical part of the thesis, I design chosen variant. Output of this part is project documentation necessary for the construction process.

Key words:

Heating, ventilation, variants

1. Úvod

Předmětem této bakalářské práce je návrh vytápění a větrání vícegeneračního rodinného domu s vnitřním bazénem. Nejdříve uvedu legislativní a hygienické požadavky na obytní prostory a bazény. Poté zadaný objekt krátce charakterizuji a stanovím tepelně technické parametry navrhovaného otopného systému. Budu porovnávat tři varianty otopných soustav a systému větrání řešeného objektu a zpracuji jejich dokumentaci na úrovni dokumentace pro stavební povolení.

Dále navrhnu zdroje tepla pro vytápění. Budu porovnávat tři zdroje tepla, a to kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo a kotel na dřevěné pelety. Kritéria pro výběr vhodného zdroje budou pořizovací náklady, provozní náklady, použitá primární energie a proveditelnost.

Na základě vyhodnocení výsledku zvolím nejvhodnější variantu zpracuji ji na úrovni dokumentace pro provádění stavby, což je cílem této práce.

2. Charakteristika objektu

2.1. Základní informace

Řešený objekt se nachází v Praze. Jedná se o objekt vhodný až pro tři generace a je navržený až pro 10 osob. Půdorysný tvar je složený z obdélníků, jejichž největší rozměr je 19,88m x 12,2m. Objekt je podsklepen s výjimkou bazénové haly. Objekt je navržen s jedním podzemním, třemi nadzemními podlažními a neobytným podkrovím.

2.2. Konstrukční řešení

Rodinný dům je založen na základových pasech z prostého betonu C16/20 X0. Obvodové nosné stěny jsou navrženy z cihelných bloků Porotherm P+D tloušťky 300 mm a expandovaného polystyrenu Isover EPS 100 tloušťky 200 mm. Tato konstrukce má součinitel prostupu tepla $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní nosné stěny jsou navrženy z cihelných bloků Porotherm P+D tloušťky 300 mm a součinitel prostupu tepla této konstrukce $U=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní příčky jsou navrženy z broušených akustických cihelných bloků Porotherm 11,5 AKU Profi Dryfix a součinitel prostupu tepla této konstrukce $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Podlaha v 1.NP nad podsklepenou částí je skladby tepelná izolace Tepelná izolace DEKWOOL G tloušťky 50 mm, železobetonová deska tloušťky 250 mm, expandovaného polystyrenu Isover EPS 100 tloušťky 20 mm a roznášecí betonové vrstvy tloušťky 50 mm. Tato konstrukce má součinitel prostupu tepla $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Podlaha v 1. NP na terénu má skladbu železobetonová deska tloušťky 150 mm, expandovaného polystyrenu Isover EPS 100 tloušťky 120 mm a roznášecí betonové vrstvy tloušťky 50 mm. Součinitel prostupu tepla této konstrukce $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stropy 1. a 2.NP jsou shodné, a to z železobetonové desky tloušťky 250 mm, expandovaného polystyrenu Isover EPS 100 tloušťky 20 mm a roznášecí betonové vrstvy tloušťky 50 mm. Součinitel prostupu tepla této konstrukce $U=0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$. Skladba stropu nad bazénovou halou je železobetonová deska tloušťky 250 mm, spádová vrstva z lehčeného betonu o minimální tloušťce 20 mm, tepelná izolace Synthos XPS

Prime S 30 L tloušťky 220 mm a Betonová dlažba na podložkách BEST TERASOVÁ tloušťky 40 mm. Součinitel prostupu tepla této konstrukce $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Vchodové dveře do objektu jsou navrženy jako dřevěné se zasklením z trojskla a součinitelem prostupu tepla $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní dveře pak mají součinitel prostupu tepla $U=3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Všechna okna v objektu jsou navržena dřevěná se součinitelem prostupu tepla $U=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí byly vypočteny v programu TEPLO EDU a splňují požadavky dle normy ČSN 73 0540-2:2011.

3. Legislativní a hygienické parametry obytných prostor a bazénů

Složky, podle kterých se dá určit kvalita vnitřního prostředí, jsou: tepelně-vlhkostní, světelné, akustické, toxické, oděrové a aerosolové mikroklima. [4] Já se ve své práci budu zabývat především tepelně – vlhkostním mikroklimatem.

Činitelé, kteří určují tepelně vlhkostní pohodu, jsou: teplota vzduchu, teplota okolních ploch, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, aktivita posuzující osoby a tepelná izolace oděvu dané osoby. Docílení požadované teploty vzduchu, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu je možné docílit správným návrhem systému vytápění a větrání. [4]

3.1. Vytápění obytných prostor

Vytápění obytných a dalších prostor upravuje norma ČSN EN 12831-1 a její národní přílohy. Popisuje mimo jiné použité termíny, definice, značky a zkratky, klimatické údaje, výpočtovou vnitřní teplotu, výpočet návrhových tepelných ztrát a výpočet návrhového tepelného výkonu.

Norma ČSN EN ISO 7726 Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin definuje hygienické požadavky na tepelný stav prostředí jako teplotu t [$^{\circ}\text{C}$], operativní teplotu t_0 [$^{\circ}\text{C}$] a výslednou teplotu t_g [$^{\circ}\text{C}$]. Výsledná teplota zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu. Operativní teplota je rovnoměrná teplota uzavřené černé plochy, uvnitř které by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném.

Dle ČSN EN 12831-1 je výpočtová teplota vzduchu v obytných prostorech $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v koupelně pak 24°C . Doporučená vlhkost vzduchu je v obytných místnostech 60 % a v koupelnách 90 %.

3.2. Větrání obytných prostor

Vnitřní vzduch je znehodnocován řadou látek jako jsou oxid uhličitý, radon, prach, bakterie, částice hub, sloučeniny emitované z nábytku a další. Většina těchto látek není vidět ani cítit, ale při dlouhodobém vystavení organismu těmto látkám mohou způsobit

závažné zdravotní komplikace. Příпустné limity těchto škodlivin upravuje zákon č. 258/2000 Sb. - o ochraně veřejného zdraví a vyhláška č. 6/2003.

Při snižování koncentrace těchto látek můžeme omezit jejich produkci. To ale bývá často nákladné nebo to omezuje užívání objektu. Další možností je větrání. Větráním dochází k výměně znehodnoceného vzduchu za čerstvý vzduch.

Základním požadavkem podle národní přílohy normy ČSN EN 15 665/Z1 je minimální intenzita větrání v obytných prostorech, která činí $0,3 \text{ h}^{-1}$. Doporučená hodnota intenzity větrání je $0,5$ až $0,7 \text{ h}^{-1}$. Jako doplňující kritérium norma uvádí minimální dávku čerstvého vzduchu pro osoby a to $15 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$, doporučená je pak hodnota $25 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$.

4. Stanovení tepelně technických parametrů navrhovaného otopného systému

4.1. Stanovení součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukcí U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] určuje množství tepla, které prostoupí konstrukcí o ploše 1 m^2 při změně teploty o 1 K . [1] Vypočítá se pomocí vztahu:

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

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

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

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

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

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

$$R = \Sigma R_i$$

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

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

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

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

Hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí byly vypočteny v programu TEPLo EDU a splňují požadavky dle normy ČSN 73 0540-2:2011.

4.2. Stanovení tepelné ztráty prostupem

Tepelná ztráta prostupem $\phi_{T,i}$ [W] je hodnota tepelného toku unikající z objektu prostupem konstrukcí do vnějšího prostředí. [1] Vypočte se podle vztahu

$$\phi_{T,i} = A_i * (U_i + \Delta U_i) * b_i * \theta_{int} - \theta_e$$

Kde A_i je plocha řešené konstrukce [m^2]
 U_i je součinitel prostupu tepla konstrukcí řešené konstrukce [W/m^2K]
 ΔU_i je součinitel prostupu tepla tepelnými mosty řešené konstrukce [W/m^2K]
 b_i je teplotní redukce [-]
 Θ_{int} je teplota před konstrukcí [$^{\circ}C$]
 Θ_e je teplota za konstrukcí [$^{\circ}C$]

4.3. Stanovení tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta větráním $\phi_{v,i}$ [**W**] je hodnota tepelného toku unikající z objektu větráním. Vypočte se podle vztahu

$$\phi_{v,i} = V_i * \rho * c * (\Theta_{int} - \Theta_e)$$

Kde V_i je objemový tok větraného vzduchu [m^3/h]
 ρ je hustota větraného vzduchu [kg/m^3]
 c je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]
 Θ_{int} je teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}C$]
 Θ_e je teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}C$]

4.4. Celková tepelná ztráta objektu

Celková tepelná ztráta objektu ϕ_i [**W**] se stanoví jako součet tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{v,i}$$

5. Návrh otopné soustavy

Otopná soustava je zařízení, které se skládá ze zdroje tepla, rozvodné sítě a spotřebičů tepla. Zdroje tepla mohou být kotle na různá paliva, tepelná čerpadla nebo solární systém. Podle teploty látky rozlišujeme otopné soustavy teplovodní, parní, teplovzdušnou a dělenou. [6]

5.1. Teplovodní soustava

Teplovodní soustava je nejvíce rozšířená otopná soustava. Dále ji můžeme dělit na nízkoteplotní s teplotou vody do $65^{\circ}C$, teplovodní s teplotou vody do $115^{\circ}C$ a horkovodní s teplotou vody nad $115^{\circ}C$. Horkovodní soustavy se z důvodů vysoké teploty a vysokého tlaku v obytných budovách nepoužívají. Oběh teploty látky může být přirozený nebo nucený.

Přirozený oběh je zajištěn rozdílnou hustotou teplé a studené vody. S touto variantou jsou tedy nižší pořizovací náklady v porovnání s nuceným oběhem. Nevýhodou této varianty je delší setrvačnost vytápění v porovnání s nuceným oběhem. Tato varianta je vhodná do menších objektů.

Nucený oběh je zajištěn pomocí strojního zařízení jako je čerpadlo. Náklady jsou tedy ve srovnání s přirozeným objektem vyšší. Výhodou je rychlost roztopení systému.

Spotřebiče tepla jsou zde otopná tělesa nebo velkoplošné sálavé plochy. Otopná tělesa využívají k předání tepla převážně konvekci. Jsou tak schopna rychle reagovat na změny teploty. Jejich další výhodou je snadnější instalace v porovnání se sálavými plochami. Díky tomu se dá snadněji reagovat na změnu dispozice případně na změnu požadavku na výkon otopného tělesa.

Velkoplošné sálavé plochy dodávají do prostoru sálavé teplo. Tato zařízení zaručí rovnoměrné rozložení tepla po výšce místnosti. Další výhodou je, že nevíří prach v místnosti. Mezi nevýhody patří větší pořizovací cena a pomalý náběh studeného topidla.[4][6]

Tento typ otopné soustavy bude tvořit základ variantního řešení vytápění řešeného objektu. Vzhledem k povaze objektu zvolím nízkoteplotní s teplotou otopné vody do 65°C.

5.2. Teplovzdušná soustava

Teplonosnou látkou je v teplovzdušné soustavě teplý vzduch. Teplý vzduch přiváděný do místnosti, ve které je nižší teplota vzduchu dodává tepelný výkon. Potřebný tepelný výkon může být snížen zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu. Tím je snížena tepelná ztráta větráním.

Teplovzdušné vytápění lze dělit podle místa přípravy vzduchu na centrální a lokální. Při centrální přípravě vzduchu se vzduch přivede do objektu a následně se upraví dle požadavků na jednom místě. Odtud je pak vzduch veden potrubními rozvody do celého vytápěného prostoru. V distribučních prvcích může být vzduch ještě finálně upraven. Naproti tomu při lokální přípravě vzduchu je venkovní vzduch přiváděn do interiéru ve více místech, na kterých je rovnou upravován. Není tedy nutné tento vzduch rozvádět dále potrubními rozvody. Lokální jednotky jsou typické pro halové objekty, ale navrhují se i jednotky pro obytné objekty.

Vzduch má oproti vodě menší měrné teplo a menší hustotu. Z tohoto důvodu je potřebný větší průtok teplonosné látky. Tím jsou i navrhované dimenze v teplovzdušné soustavě větší než v teplovodní. To může být problematické při instalaci této soustavy při rekonstrukci. Další nevýhodou může být řešení z hlediska hluku a umístění sacích a výdechových otvorů.[2][5][8]

I přes větší nároky na dimenze rozvodů je tato soustava realizovatelná v řešeném objektu a zahrnu ji do variantního návrhu.

5.3. Parní soustava

V parní soustavě je teplonosnou látkou pára vzniklá ohřevem vody v kotli. Pára se vlastní energií rozvede do otopných těles, kde předá své teplo, ochlazuje se a kondenzuje. Kondenzát

je gravitační silou přes odvaděč kondenzátu nebo přečerpávacím zařízením odváděn zpět do kotle.

Tato soustava je vhodná pro objekty s přerušovaným vytápěním. Při přerušení vytápění v zimě nehrozí poškození potrubní sítě mrznoucí teplovodní látkou. Další výhodou je nezávislost topné soustavy na elektrické energii.

Nevýhodou je vysoká teplota spotřebičů tepla, která dosahuje přes 100°C. Z tohoto důvodu se parní soustavy nepoužívají v obytných objektech. Problematická je regulace otopné soustavy. Není možné regulovat teplotu páry přiváděné do spotřebičů tepla. Regulace spočívá ve změně množství dodávaného tepla. Teplo se nedodává do všech větví. Pouze do tolika větví, aby tlak páry neklesl pod požadovanou úroveň. Další nevýhodou může být doprava kondenzátu ve velkoplošných objektech. [4]

Vzhledem k povaze řešeného objektu, jeho provozu a vysoké teplotě spotřebičů tepla není soustava vhodná. Nebude tedy zahrnuta ve variantním řešení vytápění objektu.

6. Návrh systému větrání

Důvody k větrání obytných budov jsou hlavně zajištění přívodu čerstvého vzduchu uživatelům budov, ředění a odvod škodlivin, ale i zajištění chlazení nebo vytápění. Snažíme se tedy docílit přijatelné kvality vzduchu. Přijatelná kvalita vzduchu “ovzduší, v němž nejsou žádné škodlivé koncentrace znečišťujících látek určené odbornými autoritami, a se kterým 80 % nebo více exponovaných uživatelů nevyjadřuje nespokojenost“.

Škodliviny, které je třeba odvádět, jsou těkavé organické sloučeniny, oxidy dusíku, ozón, pevné částice a pachy. Krátkodobý účinek těchto látek je většinou pouze podrážděná sliznice, oči, nos a dýchací cesty. Při dlouhodobém vystavení těmto látkám se zvyšuje pravděpodobnost poruch jater, a nervové soustavy a akutní nebo chronické onemocnění respiračního aparátu. [7]

Množství větraného vzduchu se stanoví podle intenzity větrání a podle produkce škodlivin. Výsledné množství větraného vzduchu V_e [m³] se stanoví jako větší z obou hodnot.

Podle intenzity větrání:

$$V_e = V_0 \cdot n$$

Kde V_0 je objem místnosti [m³]

n je intenzita větrání [h⁻¹]

Podle produkce škodlivin:

$$V_e = \frac{m}{\Psi_{max} - \Psi_e}$$

Kde m je produkce škodlivin v místnosti [m³/h]

Ψ_{max} je požadovaná mezní koncentrace škodliviny v interiéru [g/g]

Ψ_e je koncentrace škodliviny ve venkovním prostředí [g/g]

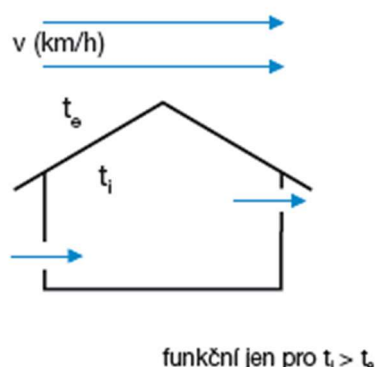
Systémy větrání lze rozdělit na přirozené, nucené a hybridní větrání.[9]

6.1. Přirozené větrání

Přirozené větrání je jedním z nejrozšířenějších a nejjednodušších způsobů větrání. Vzduch je uváděn do pohybu bez pomoci mechanického zařízení pouze na základě proudění vzduchu o různé teplotě mezi interiérem a exteriérem a působením větru. Teplejší vzduch je lehčí, stoupá tedy vzhůru. Vítr způsobuje rozdíl tlaků vně a uvnitř místnosti. [9]

Hlavní výhodou přirozeného větrání je nezávislost na elektrické energii a s tím spojené nulové provozní náklady, malé investiční náklady a snadné provedení. Mezi hlavní nevýhody patří malá účinnost a malá možnost regulace. To má za následek velké tepelné ztráty a s nimi spojeny náklady na vytápění. Dalšími nevýhodami jsou nemožnost umístění vzduchových filtrů, průvan a hluk.

Přirozené větrání lze zajistit pomocí infiltrace, provětrávání, aerace nebo šachtovým větráním. Při infiltraci je výměna vzduchu spárami v obvodových konstrukcích. Podle ČSN 73 0540-2 tento způsob větrání není přípustný. Další možností přirozeného větrání je provětrávání. Při této možnosti se cíleně otevrou okna, kterými proudí vzduch dovnitř a ven z místnosti. Aerace znamená výměnu vzduchu pomocí otvorů pro přívod a odvod vzduchu umístěných s dostatečným výškovým rozdílem. Šachtové větrání je zajištěno pomocí šachty, průduchu, potrubí nebo komínu, do kterého je zaústěn větrací otvor z větrané místnosti. Šachtou se odvádí znehodnocený vzduch nad objekt.[9] [10]



Obrázek 1-Přirozené větrání, aerace [30]

Jakožto historicky nejpoužívanější a z pohledu investičních nákladů nejlevnější ze systému větrání tento systém zpracuji ve variantním řešení.

6.2. Nucené větrání

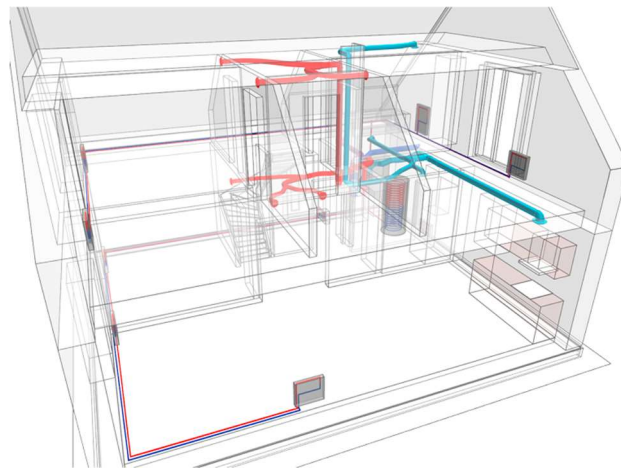
Při nuceném větrání zajišťuje pohyb vzduchu mechanické zařízení. Podle umístění ventilátoru se jedná o podtlakové, přetlakové nebo rovnotlaké větrání.

Při podtlakovém větrání je vzduch z místnosti odváděn pomocí ventilátoru. Přívod vzduchu je zajištěn pomocí větracích otvorů zabudovaných do oken nebo obvodových

konstrukcí. Jedná se o jednoduchý systém se snadnou obsluhou a instalací. Výhodou jsou také nízké pořizovací náklady. Nevýhodou je hlučnost systému a nemožnost ohřívat přiváděný vzduch. Tento systém se nejčastěji využívá při větrání koupelen, WC a kuchyní.

Do místnosti větrané přetlakovým systémem je přiváděno více vzduchu, než je odváděno. Tím vzniká v místnosti mírný přetlak. Vzduch je do prostoru přiváděn ventilátorem a odváděn přes otvory v hranici prostoru. Výhodou je jednoduchost systému, nízké pořizovací náklady, nízké provozní náklady a možnost úpravy přiváděného vzduchu. Nevýhodou je hluk a nebezpečí kondenzace vodní páry z odváděného vzduchu. Tento systém se nejčastěji používá v čistých prostorech jako jsou operační sály.

Rovnotlaký systém přivádí i odvádí stejné množství vzduchu. Podle řízení průtoku vzduchu rozdělujeme rovnotlaké větrání na systém s konstantním průtokem vzduchu a s proměnným průtokem vzduchu. Výhodou je možná úprava vzduchu včetně zpětného získávání tepla. Zpětné získávání tepla může značně snížit tepelnou ztrátu větráním a tím i náklady na vytápění. Nevýhodou jsou však vysoké pořizovací náklady a velké nároky na prostor pro rozvod vzduchu. [2] [5]



Obrázek 2-Rovnotlaké nucené větrání [8]

I přes vyšší investiční náklady na systém větrání budou při využití zpětného získávání tepla pořizovací náklady na zdroj tepla a náklady na jeho provoz nižší než u přirozeného větrání. Tento systém zpracuji ve variantním řešení.

6.3. Hybridní větrání

Tento systém větrání je kombinací přirozeného a nuceného větrání. Systém se snaží při zajištění kvality vzduchu ve větraném prostředí minimalizovat spotřebu energie. V režimu přirozeného větrání systém funguje, pokud je takto schopný zajistit požadavky na přiváděný vzduch. Pokud je účinek přirozeného větrání nedostatečný přejde systém na systém kombinace přirozeného a nuceného větrání. [9]

7. Návrh zdrojů tepla pro vytápění a pro teplou užitkovou vodu

Návrh zdroje tepla je důležitý z mnoha důvodů, jako jsou například pořizovací náklady, provozní náklady a uspořádání kotelny. V kotelně se mimo kotle (nebo soustavy kotlů) mohou nacházet zařízení na přípravu teplé vody pro hygienické účely, vzduchotechnická jednotka nebo technologie pro provoz bazénu. Z kotle se ohřátá teplotonosná látka transportuje do spotřebičů tepla ve zbytku objektu. Zdroje tepla se můžeme například podle zdroje energie, tepelného výkonu, umístění nebo velikosti obsluhovaného území.

Podle požadovaného tepelného výkonu rozdělujeme zdroje tepla na malé (do 500 kW), střední (500 kW až 3500 kW) a velké (nad 3500 kW). Malé zdroje tepla slouží pro vytápění rodinných domů až jako domovní nízkotlaké kotelny. Střední zdroje tepla zásobují celé budovy nebo skupiny budov. Velké zdroje tepla jsou okrskové zdroje tepla, výtopny a teplárny.

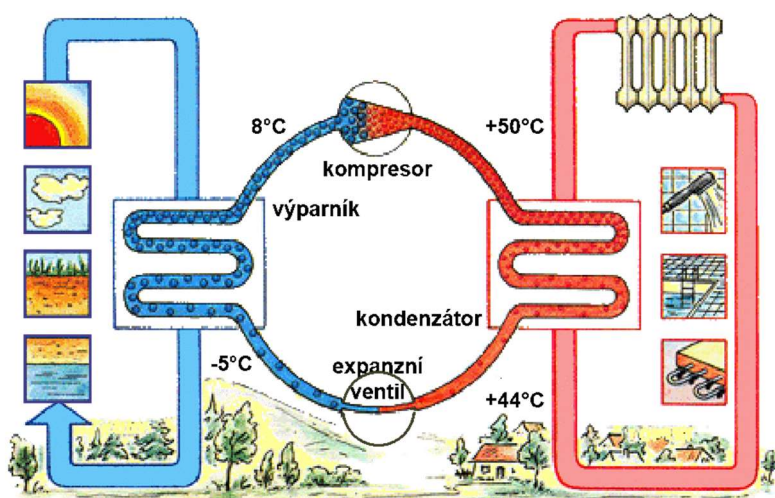
Řešený objekt je rodinný dům a spadá do kategorie s malým zdrojem tepla. Zdroj tepla pro vytápění bude zároveň zdrojem tepla pro přípravu teplé vody s výkonem do 30kW.

Podle zdroje energie můžeme tepelné zdroje rozdělit na palivové, elektrické, tepelná čerpadla a solární systémy. Paliva jsou látky, která jsou za vhodných podmínek začít a udržet chemickou reakci spalování. Spalování je proces, pro kterým se chemická energie přeměňuje na tepelnou energii. Rozlišujeme paliva tuhá, kapalná a plynná. [1] [11]

V další části přiblížím 3 vybrané zdroje tepla a jejich předběžný návrh. Porovnám jejich pořizovací a provozní náklady. Zdroje tepla budu porovnávat na variantě C. Tepelná ztráta této varianty je 7,5kW, potřebný výkon kotle na ohřev TUV je 1,8kW a potřebný výkon na temperování bazénu je 2kW.

7.1. Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo z okolního prostředí, převádí ho na vyšší teplotní hladinu a účelně ho využije pro vytápění a přípravu TV. Základní části tepelného



Obrázek 3-Princip tepelného čerpadla [31]

čerpadla jsou expanzní ventil, výparník, kompresor a kondenzátor. Pracovní látka v plynném stavu je stlačena kompresorem a vpuštěna do kondenzátoru. V kondenzátoru pracovní látka zkondenzuje a tím předá své skupenské teplo. Zkondenzovaná pracovní látka je vpuštěna do výparníku přes expanzní trysku. Ve výparníku za nízkého stavu přechází na plynné skupenství a zároveň přes stěnu výparníku odebírá teplo z okolního prostředí. Vzniklá pára je nasáta do kompresoru, kde je znovu stlačena za zvýšení jejich teploty. V kondenzátoru je teplo pracovní látky znovu odebráno přes stěny kondenzátoru. Tento proces se neustále opakuje. Pro udržení tohoto cyklu je potřeba do systému dodávat energii. Nejedná se tedy o úplně čistý zdroj tepla. Teoretický poměr mezi touto spotřebovanou elektrickou energií a vyprodukovaného tepla se nazývá tepelný faktor COP (Coefficient of Performance). Čím je vyšší topný faktor, tím lepší je tepelné čerpadlo a jeho provoz je efektivnější.

V závislosti na způsobu získávání tepla rozdělujeme tepelná čerpadla na vzduch/voda, země/voda, voda/voda a vzduch/vzduch.

7.1.1. Vzduch/voda

Vnější prostředí je u tohoto typu tepelného čerpadla vzduch. Teplo se předává do vody, která je teplotonosnou látkou v otopné soustavě. Jedná se o nejlevnější variantu. Další výhodou je možnost změny umístění a absence rozsáhlých zemních prací. Oproti ostatním variantám je COP ovlivněno venkovní teplotě.



Obrázek 4-Tepelné čerpadlo vzduch/voda [29]

7.1.2. Voda/voda

Tento typ tepelných čerpadel odebírá teplo ze spodní nebo geotermální vody, která je čerpána ze studny do výměníku tepla a po ochlazení znovu vracena zpět. Systémy typu voda/voda dosahují nejvyšších hodnot tepelného faktoru s nízkými investičními náklady. Omezujícím faktorem je požadavek na dostatečnou hladinu spodní nebo geotermální vody. Další nevýhodou je nižší životnost komponentů pro čerpání vody, jako jsou čerpadla a filtry, a s tím spojené i vyšší náklady na servis a údržbu.

7.1.3. Vzduch/vzduch

Dalším typem tepelných čerpadel je typ vzduch/vzduch. V tomto systému je teplo odebíráno z venkovního vzduchu a předává ho vnitřnímu vzduchu, který je tak ohříván. Velkou výhodou jsou nízké investiční náklady, snadná instalace bez nutnosti velkých výkopových prací a možnost doplnit systém dalšími prvky pro úpravu vzduchu. Nevýhodou je, že tímto systémem není možné ohřívat teplou vodu a hlučnost vnitřní jednotky.

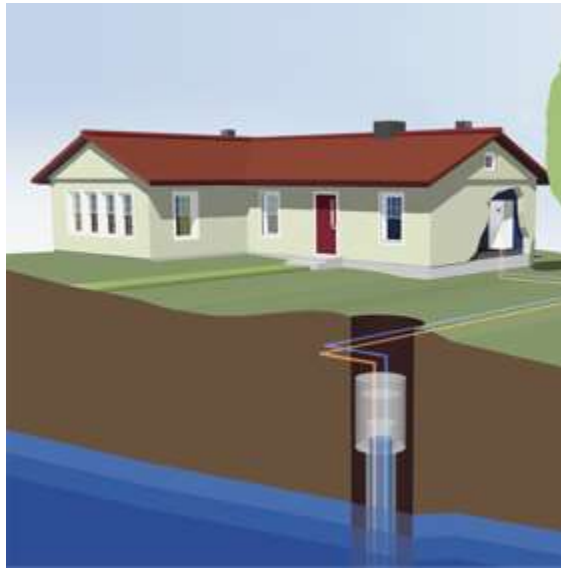


Obrázek 5-Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch [29]

7.1.4. Země/voda

Tepelná čerpadla typu země/voda odebírá teplo buď z vrtů o hloubce 80 až 250 metrů nebo ze zemních kolektorů například pod plochou zahrady. Tento typ čerpadla má vyšší COP oproti tepelným čerpadlům odebírajícím teplo ze vzduchu. Další výhodou je stabilní výkon i při extrémně nízkých teplotách, menší hluk oproti tepelným čerpadlům vzduch/voda a možnost využití vrtů pro chlazení domu v letních měsících. V případě tepelných čerpadel se svislým zemním vrtem jsou nevýhodou především vysoké investiční náklady a nutnost vyřízení stavebního povolení pro vrty. V případě tepelných čerpadel s horizontálním

výměníkem je hlavní nevýhodou potřeba dostatečně velkého pozemku (obvykle 200 až 400 m²) a zeminy umožňující provedení výkopů do potřební hloubky.



Obrázek 6-Tepelné čerpadlo země/voda – studna [29]

Další variantou je tepelné čerpadlo, které odebírá teplo z vodní plochy. Na dně vodní plochy jsou umístěny plastové vodiče pracovní látky. Tato varianta je nejlevnější z tepelných čerpadel typu země/voda. Omezující faktor je vzdálenost k vodní ploše a nutnost získání stavebního povolení od správce povodí.



Obrázek 7-Tepelné čerpadlo voda/voda [29]

Na základě uvedených informací jsem zvolil pro řešený objekt tepelné čerpadlo vzduch/voda. Oproti tepelnému čerpadlu země/voda nebo voda/voda je pořizovací cena nižší a nemá nároky na zemní kolektory nebo vodní hladinu. Konkrétně jsem navrhl tepelné čerpadlo NIBE F2040 o výkonu 12 kW s integrovaným elektrickým kotlem o výkonu 6 kW. Kotel pokryje potřebu tepla na vytápění, potřebu tepla na přípravu TUV a ohřev bazénové vody, pro který je vyhrazen výkon 2 kW. Ohřev bazénové vody není součástí bakalářské

práce, uvažují pouze s rezervovaným výkonem tepelného čerpadla. Výpočet je uveden ve druhé části této práce.

Pořizovací náklady na tepelné čerpadlo NIBE F2040 – 12 s vnitřní jednotkou NIBE VVM 500, jejíž součástí je i akumulární nádrž, ohřívač teplé vody o objemu 390 litrů, jsou 237 475 Kč. [12] Deklarovaný tepelný faktor zvoleného tepelného čerpadla COPd je pro řešenou lokalitu a výstupní teplotu roven 2,97. Výsledná roční spotřeba elektrické energie je tedy rovna 12 074 kWh. Můžeme uvažovat sazbu elektrické energie D 55d a cenu za nízký tarif 1,263 Kč/kWh od společnosti ČEZ. [13] Celková cena se bude skládat z ceny samotné elektrické energie 1,263 Kč/kWh, stálé platby za pronájem jističe 403 Kč/měsíc, platba na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie 7 230 Kč/rok. Celkové roční náklady jsou 27 315 Kč/rok.

7.2. Kotel na zemní plyn

Kotel na zemní plyn je jedním z palivových kotlů. Zemní plyn se řadí do skupiny velmi výhřevných plynů. Zemní plyn má oproti ostatním palivům pro kotle na paliva výhodu v distribuční síti a malém obsahu prachu a oxidu siřičitého ve spalínách. Plyn v plynových rozvodech je možné díky velkému tlaku dopravit na značnou vzdálenost.

Plynový kotel může být zavěšený nebo stacionární a podle způsobu spalování dělíme plynové kotle na standardní, nízkoteplotní a kondenzační. [1] [11]

7.2.1. Standardní plynový kotel

Standardní kotel spaluje zemní plyn za vzniku suchých spalín. Nedochází tedy ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalínách. Spalování probíhá za vysokých teplot, obvykle v rozmezí 120 až 180°C. Teplota vstupní vody do kotle musí být vyšší než 60°C. Účinnost tohoto typu kotle se pohybuje okolo 91 %.

7.2.2. Nízkoteplotní plynový kotel

Teplota spalín tohoto typu kotle je také vyšší, než je teplota rosného bodu. Je tedy navržen pro provoz se suchými spalínami. Jejich teplota se pohybuje v rozmezí 90 až 140°C. Účinnost těchto kotlů se pohybuje okolo 93 %.

7.2.3. Kondenzační plynový kotel

V kondenzačním kotli záměrně dochází ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry obsažené ve spalínách. Kondenzační kotel využívá i teplo uložené ve spalínách, které by jinak nebylo využito. Při teplotě vratné vody do teploty 55 °C pracuje kotel v kondenzačním režimu. Tepelná energie se předává ze zkondenzované vlhkosti vratné vodě. Teplota spalín se může pohybovat v rozmezí 40 až 90°C. Účinnost tohoto kotle dosahuje až 98 %.

Zvolil jsem kondenzační kotel Geminox THRS 14 a zásobník teplé vody Geminox HR 400. Pořizovací náklady kotle jsou 61 990 Kč a zásobníku teplé vody 27 800 Kč. [14] Dále bude potřeba komín na odkouření kotle, zhotovit přípojku plynu a provést se revize spalínové cesty. Pořizovací náklady na zhotovení komínu a odkouření kotle jsou 30 000 Kč. [15] Revize spalínové cesty stojí 1500 Kč a jednou ročně musí spalínová cesta projít kontrolou, která stojí od 500 Kč. [16] Náklady na zřízení plynové přípojky vyjdou u tohoto objektu na 60 680 Kč. [17] Roční potřeba zemního plynu je 3975 m³/rok, což odpovídá 41737,5 kWh. Cena plynu

od společnosti E.ON je 1.258 Kč/kWh. Roční náklady na dodávky plynu jsou tedy 52909.2 Kč [18]

Celkové pořizovací náklady jsou 181 970Kč a celkové roční náklady jsou 53709 Kč/rok.

7.3. Kotel na dřevěné pelety

Dřevěné pelety patří mezi obnovitelné zdroje a při dodržení výrobní technologie a spalování v odpovídajícím kotli vznikají pouze nepatrné množství škodlivin v porovnání s jinými biopalivy. Vytápění peletami je automatické a regulovatelné. Pelety ovšem musí být dopraveny do kotelny nebo do skladu pelet. Doprava může být zajištěna cisternový vozem na dřevěné pelety, který dopraví sypané pelety až do skladu, nebo po jednotlivých pytlech. Vzhledem k dispozici řešeného objektu není cisternová doprava možná. Pelety se následně do kotle dopraví sacím dopravníkem nebo mechanickým šnekovým dopravníkem.

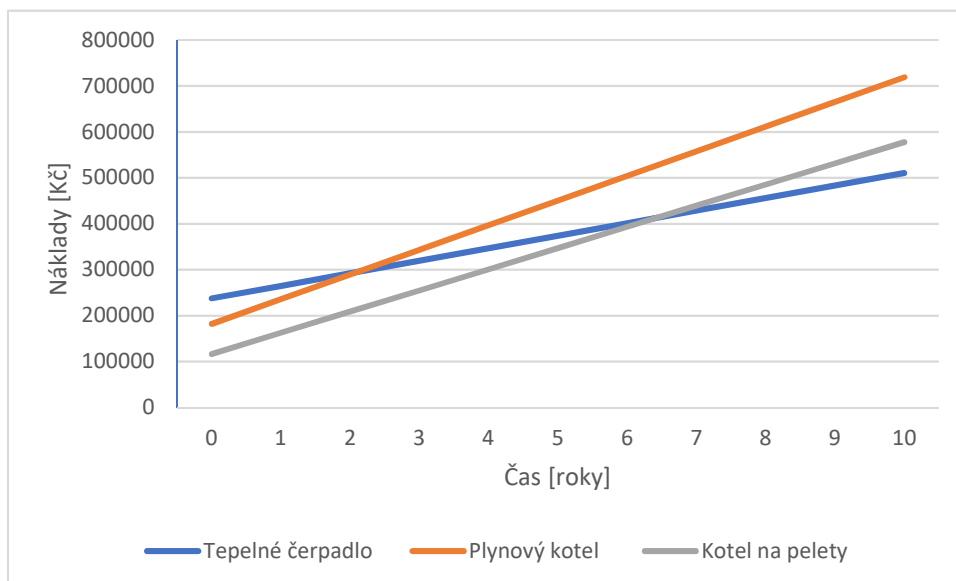
Nevýhodou kotlů na tuhá paliva, a tak i kotle na dřevěné pelety, je nutnost čištění kotle a likvidaci popela. Další nevýhodou je potřeba místa na uskladnění paliva a jeho dopravu do kotle.

Zvolil jsem kotel Atmos D 14 P a zásobník teplé vody Dražice 400L OKC NTR/HP. Pořizovací náklady kotle jsou 31 755 Kč a zásobníku teplé vody 32 966 Kč. [19] [20] Dále je třeba pořídit zásobník na palivo v ceně 20000 Kč. [21] Další položkou je stejně jako u plynového kotle odvod spalin. Pořizovací náklady na zhotovení komínu a odkouření kotle jsou 30 000 Kč. [15] Revize spalinové cesty stojí 1500 Kč a jednou ročně musí spalinová cesta projít kontrolou, která stojí od 500Kč. [16] Celková roční potřeba paliva je 7608 kg/rok. Cena dřevěných pelet je 6000 Kč/t. [22] Celkové roční náklady na palivo budou 45 648 Kč/rok.

Celkové pořizovací náklady jsou 116 221 Kč a celkové provozní náklady jsou 46148 Kč/rok.

S ohledem na uživatelský komfort, pořizovací náklady a provozní náklady jsem zvolil jako zdroj tepla tepelné čerpadlo typu vzduch/voda. Přehled celkových nákladů v prvních 10

letech provozu je patrný z grafu porovnání nákladů (viz Obrázek 8). Z grafu je patrné, že i přes vyšší pořizovací náklady je návrh tepelného čerpadla již po 7 letech výhodnější.



Obrázek 8 -Graf průběhu nákladů v čase

8. Variantní řešení

V rámci práce jsem zpracoval 3 varianty vytápění a větrání pro řešený objekt. Jsou zpracované na úrovni dokumentace pro stavební povolení. Na základě ekonomických, ekologických a energetických faktorů jsem zvolil jednu variantu, kterou jsem dále zpracoval v rozsahu dokumentace pro provádění stavby.

8.1. Varianta A

Varianta A je řešena jako teplovodní soustava s podtlakovým větráním s výjimkou bazénové haly. Bazénová hala je vytápěna převážně teplovzdušným vytápěním doplněným o podlahové vytápění. Vytápění a větrání bazénové haly je ve všech variantách stejná. Tepelná ztráta objektu je rovna 15,7 kW. Podrobný výpočet je uveden v příloze PSA. Pro zajištění tepelné pohody jsou navrženy podlahové konvektory v kombinaci s podlahovým vytápěním. Přívod čerstvého vzduchu do místností je zajištěn pomocí stěnových šterbin. Přehled navržených objemů vzduchu pro jednotlivé místnosti je uveden v příloze PSA.

Jako zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo NIBE F2040-20. V místě stavby má toto tepelné čerpadlo deklarovaný tepelný faktor 2,97. Celkové pořizovací náklady na systém vytápění a větrání jsou 809 333 Kč. Jednotlivé položky jsou vidět v níže.

Propočet vytápění				
	mj	mj	Cena/mj	Cena [Kč]
Podlahové vytápění [23]	m2	249	600	149 400
KORALUX RONDO COMFORT 1220/445 [24]	ks	3	2084	6 252
KORAFLEX FVE 110/1200 [24]	ks	10	9986	79 860
KORAFLEX FVE 110/1600 [24]	ks	1	11572	11 572
Napojení otopných těles				32 968
Regulační armatury				15 960
NIBE 2040 + NIBE VVM500 [12]	ks	1	295550	295 550
Dražice NAD 500 v1 [20]	ks	1	6327	6 327
			Σ	597 889
Propočet Vzduchotechnika				
Duplex RDH5 [26]	ks	1	141243	141 243
Stěnová šterbina EHT [27]	ks	17	2354	40 018
Talířový ventil – Elektrodesign – BDOP 125 [28]	ks	5	511	2 555
Odsavač par Electrolux EFC60151X	ks	2	2990	5 980
Spiro DN125 [28]	m	3,5	162	567
Spiro DN160 [28]	m	12	192	2 304
Spiro DN200 [28]	m	35	246	8 610
Lineární výust'-LSD-A 10 1-1500 [28]	ks	3	1010	3 030
PBL 1-1500 1 plenum box [28]	ks	3	2035	6 105
Talířový ventil – Elektrodesign – KO 125 [28]	ks	6	172	1 032
			Σ	211 444

Obrázek 9-Tabulka propočtu nákladů varianta A

Celková potřeba elektrické energie na vytápění a ohřev teplé vody je 16 531 kWh/rok. [32] Můžeme uvažovat sazbu elektrické energie D 55d a cenu za nízký tarif 1,263 Kč/kWh od společnosti ČEZ. [13] Celková cena se bude skládat z ceny samotné elektrické energie 1,263 Kč/kWh, stálé platby za pronájem jističe 403 Kč/měsíc, platba na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie 7 230 Kč/rok. Celkové roční náklady jsou 32 944 Kč/rok.

8.2. Varianta B

Tato varianta je také řešena jako teplovodní. Větrání je zajištěno větrací jednotkou s rekuperací a je navrženo jako centrální rovnotlaké větrání. Tepelná ztráta objektu při této variantě je 7,7 kW. Podrobný výpočet tepelné ztráty a množství vzduchu přiváděného a odváděného z jednotlivých místností je uveden v příloze PSB. Vytápění je zajištěno podlahovým vytápěním. Větrání je řešeno jako nucené rovnotlaké. Je navržena vzduchotechnická jednotka s rekuperací Atrea Multieco 800, která je umístěna ve 3.NP. Odvod vzduchu z kuchyně je řešen nuceným větráním přes rekuperační jednotku. Pro odstranění pachů je navržena recirkulační digestoř s uhlíkovým filtrem.

Jako zdroj tepla jsem zvolil tepelné čerpadlo NIBE F2040 – 12kW s vnitřní jednotkou NIBE VVM 500, jejíž součástí je i akumulární nádrž, ohříváč teplé vody o objemu 390 litrů. Celkové pořizovací náklady na vytápění a vzduchotechniku jsou 719 943 Kč (viz obrázek 10).

Propočet vytápění [23]	mj	mj	Cena/mj	Cena [Kč]
Podlahové vytápění	m2	249	600	149 400
Regulační armatury				12 840
NIBE 2040 + NIBE VVM500 [12]	ks	1	256000	256 000
Dražice NAD 500 v1 [20]	ks	1	6327	6 327
Σ				424 567
Propočet Vzduchotechnika				
Duplex RDH5 [26]	ks	1	141243	141 243
Talířový ventil - Elektrodesign - BDOP 80 [28]	ks	13	438	5 694
Talířový ventil - Elektrodesign - BDOP 125 [28]	ks	5	511	2 555
Talířový ventil - Elektrodesign - BDOP 160 [28]	ks	2	980	1 960
ELECTROLUX LFP316S - digestoř s recirkulačním provozem	ks	2	3198	6 396
Atrea Duplex Multieco 800 [26]	ks	1	93 533	93 533
Spiro DN80 [28]	m	54,2	126	6 829
Spiro DN125 [28]	m	32	162	5 184
Spiro DN160 [28]	m	20,6	192	3 955
Spiro DN200 [28]	m	72,6	246	17 860
Lineární výust'-LSD-A 10 1-1500 [28]	ks	3	1010	3 030
PBL 1-1500 1 plenum box [28]	ks	3	2035	6 105
Talířový ventil - Elektrodesign - KO 125 [28]	ks	6	172	1 032
Σ				295 376

Obrázek 10-Tabulka propočtu nákladů varianta B

Jak jsem již naznačil výše, tepelné čerpadlo má v dané lokalitě tepelný faktor 2,97. Celková potřeba elektrické energie na vytápění a ohřev TUV je 12 098 kWh/rok. [32] Můžeme uvažovat sazbu elektrické energie D 55d a cenu za nízký tarif 1,263 Kč/kWh od společnosti ČEZ. [13] Celková cena se bude skládat z ceny samotné elektrické energie 1,263 Kč/kWh, stálé platby za pronájem jističe 403 Kč/měsíc, platba na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie 7 230 Kč/rok. Celkové roční náklady jsou 27346 Kč/rok.

8.3. Varianta C

V této variantě je navrženo teplovzdušné vytápění. Pro bazénovou jednotku je znovu navržena bazénová vzduchotechnická jednotka Atrea Duplex RDHD-L v kombinaci s podlahovým vytápěním. Pro 1.NP a 2.NP je navržena jednotka Atrea Duplex RK5a pro 3.NP je navržena jednotka Atrea Duplex RB5. Tepelná ztráta v této variantě je 7,5kW. Podrobný výpočet tepelné ztráty a množství vzduchu přiváděného a odváděného z jednotlivých místností je uveden v příloze PSC.

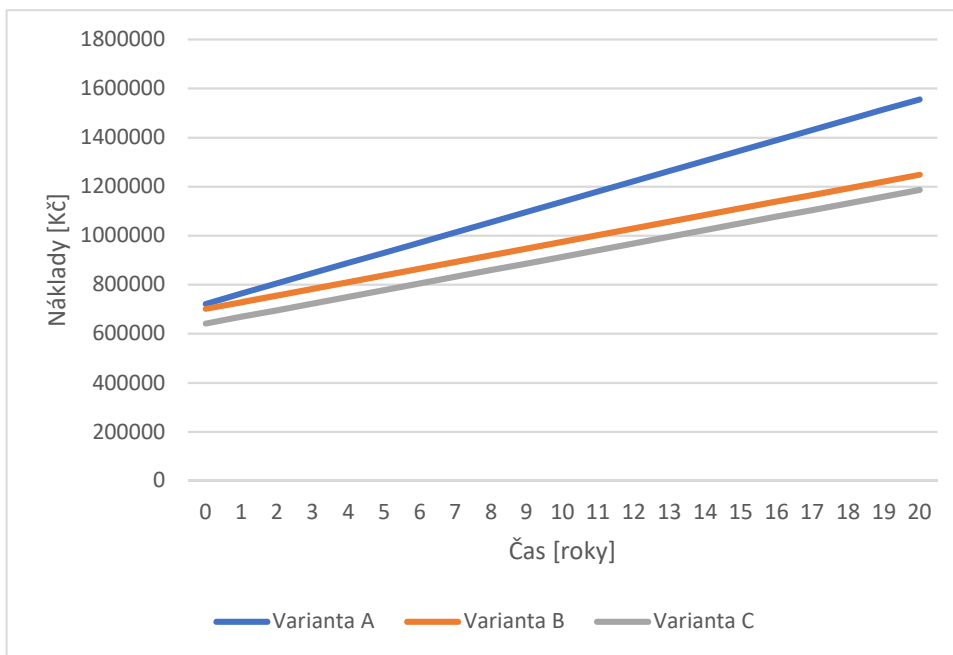
Jako zdroj tepla jsem navrhl tepelné čerpadlo NIBE F2040 – 12kW s vnitřní jednotkou NIBE VVM 500, jejíž součástí je i akumulární nádrž, ohřívač teplé vody o objemu 390 litrů. Celkové pořizovací náklady na vytápění a vzduchotechniku jsou 660 314 Kč (viz obrázek 11).

Propočet vytápění [23]	mj	mj	Cena/mj	Cena
Podlahové vytápění	m2	19,9	600	11 940
Regulační armatury				1 284
NIBE 4020 + NIBE VVM500 [12]	ks	1	256000	256 000
Dražice NAD 500 v1 [20]	ks	1	6327	6 327
			Σ	275 551
Propočet Vzduchotechnika				
Duplex RDH5 [26]	ks	1	141243	141 243
Talířový ventil – Elektrodesign – BDOP 80 [28]	ks	10	438	4 380
Talířový ventil – Elektrodesign – BDOP 125 [28]	ks	8	511	4 088
Talířový ventil – Elektrodesign – BDOP 160 [28]	ks	3	980	2 940
ELECTROLUX LFP316S – digestoř s recirkulačním provozem	ks	2	3198	6 396
Atrea Duplex RK5 [26]	ks	1	96 845	96 845
Atrea Duplex RB5 [26]	ks	1	83 224	83 224
Spiro DN80 [28]	m	48,6	126	6 124
Spiro DN125 [28]	m	33,8	162	5 476
Spiro DN160 [28]	m	61,6	192	11 827
Spiro DN200 [28]	m	49	246	12 054
Lineární výust'-LSD-A 10 1-1500 [28]	ks	3	1010	3 030
PBL 1-1500 1 plenum box [28]	ks	3	2035	6 105
Talířový ventil – Elektrodesign – KO 125 [28]	ks	6	172	1 032
			Σ	384 763

Obrázek 11-Tabulka propočtu nákladů varianta C

Celková potřeba elektrické energie na vytápění a ohřev TUV je 11 795 kWh/rok. [32] Můžeme uvažovat sazbu elektrické energie D 55d a cenu za nízký tarif 1,263 Kč/kWh od společnosti ČEZ. [13] Celková cena se bude skládat z ceny samotné elektrické energie 1,263 Kč/kWh, stálé platby za pronájem jističe 403 Kč/měsíc, platba na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie 7 230 Kč/rok. Celkové roční náklady jsou 26 963 Kč/rok.

Z uvedených dat vyplývá že nejvýhodnější je varianta C. Varianta B a C mají téměř stejné provozní náklady, ale Varianta C má nižší počáteční investici.



Obrázek 12-Graf nákladů v čase porovnávaných variant

9. Závěr

V rámci této práce jsem nejdříve posuzoval zdroj tepla. Posuzoval jsem Tepelné čerpadlo, plynový kotel a kotel na biomasu. Při posuzování jsem vycházel zejména z pořizovacích a provozních nákladů. Nejvýhodnější řešení pro daný objekt je tepelné čerpadlo, které má největší pořizovací náklady, ale na druhou stranu nejmenší provozní náklady. Návratnost tepelného čerpadla je 7 let.

V další části jsem posuzoval tři varianty řešení vytápění a větrání v zadaném objektu. Varianta A byla teplovodní soustava s přirozeným větráním. Varianta B byla teplovodní soustava s nuceným větráním s rekuperací. Varianta C byla řešena jako pomocí teplovzdušného vytápění. K uvedeným variantám jsem spočítal tepelné ztráty, potřebu tepal na vytápění a potřebu tepla na ohřev TUV a vyhotovil jsem dokumentaci pro stavební povolení. Z uvedených pořizovacích a provozních nákladů vyplývá, že varianta C je nejvýhodnější. Tuto variantu jsem zpracoval ve druhé části práce v rozsahu dokumentace provádění stavby.

10. Citovaná literatura a zdroje

[1] KABELE, Karel a kol. Technická zařízení budov: vytápění – podklady pro cvičení. Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05203-7.

[2] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol. Větrání a klimatizace. 1993, Brno: Bolit B-press. ISBN 80-901574-0-8

[3] BAŠTA, Jiří. Otopné plochy-otopná tělesa. 2.přepřacované vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05943-2.

[4] prof. Ing. Kabele, Karel, CSc. Vytápění [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze. [Citace:12.4.2020]

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tba1/prednasky/125tba1-07.pdf>

[5] Adamovský, Daniel. Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov [přednáška]. [Citace:20.4.2020]

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf>

[6] BAŠTA, Jiří a KABELE, Karel. Otopné soustavy – teplovodní. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1998. Sešit projektanta – pracovní podklady. ISBN 80-02-01254-2.

[7] Ing. Adamovský, Daniel, Ph.D. Úvod do problematiky větrání [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze. [Citace:10.5.2020]

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-01.pdf>

[8] Atrea, Teplovzdušné vytápění, větrání a chlazení [online]. [Citace:14.5.2020]

Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/teplovzdušne-vytapeni-vetrani-a-chlazení>

[9] Ing. Adamovský, Daniel, Ph.D. Přirozené a hybridní větrání, principy návrhu. [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze. [Citace:13.5.2020]

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-02.pdf?dt=1584567525>

[10] Ing. Cifrinec, Ivan, Ph.D., MBA. Větrání bytových domů – Základy teorie větrání. TZB-info. [Citace:14.4.2020]

Dostupné z: <https://vetrani.tzbinfo.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#1>

[11] prof. Ing. Kabele, Karel, CSc. Zásobování teplem [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze. [Citace:15.5.2020]

Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125TZ01>

[12] NIBE, Ceník produktů [online]. [Citace:5.5.2020]

Dostupné z: <https://www.nibe-shop.cz/NIBE-F2040-12-NIBE-VVM-320-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-akcni-komplet-s-montazi-d239.htm>

- [13] ČEZ Prodej, Ceník elektřiny [online]. [Citace:6.5.2020]
Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2016/cez_cz_ele_cenikmoo_2016-01-01_comfort.pdf
- [14] Geminox, Ceník produktů [online]. [Citace:5.5.2020]
Dostupné z: <https://www.geminox.cz/produkty/>
- [15] Topenílevně.cz, Ceník produktů [online]. [Citace:5.5.2020]
Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/odkourezeni-pro-kotle-c2400/>
- [16] ŠP-kominictví, Ceník služeb [online]. [Citace:5.5.2020]
Dostupné z: <https://sp-kominictvi.cz/cenik-2/>
- [17] GasNet, ceník služeb [online]. [Citace:5.5.2020]
Dostupné z: <https://www.gasnet.cz/cs/cenik-sluzeb/>
- [18] tzb-info, Ceny zemního plynu 2020 [online]. [Citace:9.5.2020]
Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [19] Centrum vytápění, Ceník produktů 2020 [online]. [Citace:10.5.2020]
Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/atmos-d-15-px-automaticky-kotel-na-pelety-kotlikova-dotace/>
- [20] Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o., Ohřívače a zásobníku teplé vody [online]. [Citace:10.5.2020]
Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/neprimotopne-zasobniky>
- [21] Centrum vytápění, Ceník produktů [online]. [Citace:2.5.2020]
Dostupné z: <https://www.centrumvytapani.cz/atmos-azpd-300-zasobnik-na-pelety-300-l/>
- [22] tzb-info, Přehled cen pelet [online]. [Citace:2.5.2020]
Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/43-prehled-cen-pelet>
- [23] Ing. Jaroslav Dufka, Základy podlahového vytápění a chlazení [online]. [Citace:8.5.2020]
Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/19233-zaklady-podlahoveho-vytapani-a-chlazení-cast-4-trubkove-hady-casti-regulace-chyby>
- [24] KORALUX, Ceník produktů [online]. [Citace:1.5.2020]
Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/koralux/koralux-rondo-classic.html>
- [25] Kotlenauhli.cz, Ceník produktů [online]. [Citace:1.5.2020]

Dostupné z: <https://www.kotlenauhli.cz/kotle/eshop/20-1-Tepelna-čerpadla/0/5/2586-Silesia-Term-Prosat-Air-25-kW-Monoblock>

[26] Atrea, Ceník produktů [online]. [Citace:1.5.2020]

Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/ostatni-rekuperacni-jednotky,201590/0/>

[27] Bristek, Ceník produktů [online]. [Citace:1.5.2020]

Dostupné z: <https://www.bristec.cz/cenik>

[28] Elektrodesign, Sortiment [online]. [Citace:9.5.2020]

Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty>

[29] IVT, Typy tepelných čerpadel [online]. [Citace:5.5.2020]

Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-čerpadel>

[30] Ing. Ivan Cifrinec, Ph.D., MBA Větrání bytových domů – Základy teorie větrání. [online]. [Citace:8.5.2020]

Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>

[31] Jamistav, Tepelná čerpadla [online]. [Citace:8.5.2020]

Dostupné z: <http://www.jamistav.cz/tepelna-čerpadla/>

[32] tzb-info, Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody [online]. [Citace:15.5.2020]

Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

11. Seznam obrázků

Obrázek 1-Přirozené větrání, aerace [30].....	13
Obrázek 2-Rovnotlaké nucené větrání [8].....	14
Obrázek 3-Princip tepelného čerpadla [31].....	15
Obrázek 4-Tepelné čerpadlo vzduch/voda [29]	16
Obrázek 5-Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch [29]	17
Obrázek 6-Tepelné čerpadlo země/voda – studna [29].....	18
Obrázek 7-Tepelné čerpadlo voda/voda [29]	18
Obrázek 8 -Graf průběhu nákladů v čase	21
Obrázek 9-Tabulka propočtu nákladů varianta A	22
Obrázek 10-Tabulka propočtu nákladů varianta B	23
Obrázek 11-Tabulka propočtu nákladů varianta C	24
Obrázek 12-Graf nákladů v čase porovnávaných variant	25

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ RODINNÉHO DOMU
Výpočtová část

Vypracoval:
Vedoucí bakalářské práce:

Martin Šťástka
doc. Ing. Vladimír Jelínek, CSc.

2019/2020

Obsah

1. Návrh větrání obytné části.....	2
1.1. Objem vzduchu pro místnosti.....	2
1.1.1. Doporučená intenzita větrání	2
1.1.2. Množství přiváděného vzduchu na pokrytí tepelné ztráty V_{tz}	3
1.2. Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí.....	4
1.2.1. Tlaková ztráta třením Δp_{fr}	5
1.2.2. Tlaková ztráta vřazenými odpory Δp_{ξ}	5
1.3. Souhrn požadavků na VZT jednotku 1.NP a 2.NP	5
1.4. Souhrn požadavků na VZT jednotku 3.NP	5
2. Tepelná ztráta	6
2.1. Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru Φ_i	6
2.1.1. Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ_p	6
2.1.2. Návrhová tepelná ztráta větráním Φ_v	6
2.2. Přehled tepelných ztrát objektu	7
2.3. Potřeba tepla na vytápění.....	7
3. Potřeba tepla pro ohřev TUV	9
3.1. Celková potřeba teplé vody za 1 den V_{2p}	9
3.2. Denní potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,d}$	9
3.3. Roční potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,r}$	9
3.4. Výpočet zásobníku teplé vody.....	10
4. Bazénová hala	11
4.1. Vstupní hodnoty	11
4.2. Přestup tepla mezi vodní hladinou a vnitřním vzduchem Φ_{HI}	11
4.3. Množství odpařované vody M_w	11
4.4. Vázané teplo Φ_L	12
4.5. Množství přiváděného vzduchu V_p	12
4.6. Tepelná ztráta větráním Φ_v	12
4.7. Celková tepelná ztráta bazénové haly Φ_i	13
4.8. Návrh podlahového vytápění.....	13
4.9. Návrh teplovzdušného vytápění bazénové haly	14
4.9.1. Množství přiváděného vzduchu pro vytápění	14
4.9.2. Návrh profilu vzduchotechnického potrubí.....	14
4.9.3. Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí	14

4.9.4.	Souhrn požadavků na VZT jednotku	15
5.	Návrh zdroje tepla	16
6.	Výpočet velikosti expanzní nádoby	16
6.1.	Objem vody v soustavě V_0	16
6.2.	Součinitel zvětšení objemu n	16
6.3.	Stupeň využití expanzní nádoby η	16
7.	Hydraulika teplovodní otopné soustavy	17
8.	Oběhová čerpadla	17
8.1.	Okruh 1	17
8.2.	Okruh 2	17
8.3.	Okruh 3	18
8.4.	Okruh 4	18
8.5.	Okruh 5	18
8.6.	Okruh 6	18
9.	Závěr	18
10.	Seznam citací	19

1. Návrh větrání obytné části

1.1. Objem vzduchu pro místnosti

1.1.1. Doporučená intenzita větrání

Dle ČSN EN 15665/Z1 je doporučená intenzita větrání v obytných prostor $0,5h^{-1}$.

Množství přiváděného čerstvého vzduchu V_p se pak vypočte jako

$$V_p = n * V [m^3/h]$$

kde: V_p – množství přiváděného čerstvého vzduchu [m^3/h]

n – doporučená intenzita větrání [h^{-1}]

V – objem místnosti [m^3]

Další požadavek se týká dávky venkovního vzduchu na osobu. Doporučená dávka venkovního vzduchu na osobu je $25 m^3/h \cdot os.$

Množství přiváděného čerstvého vzduchu V_p se pak vypočte jako

$$V_p = n * V [m^3/h]$$

kde: V_p – množství přiváděného čerstvého vzduchu [m^3/h]

n – počet osob

V – objem místnosti [m^3]

Pro kuchyně, koupelny a WC jsou stanoveny doporučené hodnoty nárazového větrání. Pro kuchyň je doporučena hodnota $150 m^3/h$, pro koupelnu $90 m^3/h$ a pro WC $50 m^3/h$.

1.1.2. Množství přiváděného vzduchu na pokrytí tepelné ztráty V_{tz}

$$V_{tz} = \frac{\Phi_i}{\rho * c * (\Theta_p - \Theta_i)}$$

kde: V_{tz} – množství přiváděného vzduchu [m^3/h]

Φ_i – Celková tepelná zátěž [W]

c – měrná tepelná kapacita vzduchu [$Wh*kg^{-1}*K^{-1}$]

ρ – hustota vzduchu [$kg*m^3$]

Θ_i – vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

Θ_p – teplota přiváděného vzduchu [$^{\circ}C$]

Podrobný výpočet množství přiváděného vzduchu je uveden v příloze P2.

Přehled vypočtených hodnot pro 1.NP v tabulce 1, pro 2.NP v tabulce 2 a pro 3.NP v tabulce 1 až 3.

Tabulka 1-Objemy vzduchu pro místnosti 1.NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Světlá výška [m]	Výpočtová teplota [$^{\circ}C$]	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství odváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství cirkulačního vzduchu [m ³ /h]
1.NP							
101	Předsíň	4,11	2,6	20	24,6		
102	Koupelna	5,41	2,6	24	31,5	90,0	
103	WC	2,20	2,6	20		50,0	
104	Technická místnost	7,50	2,6	20			
105	Chodba	5,85	2,6	20			
106	Pokoj	19,67	2,6	20	47,3		
108	Chodba	17,22	2,6	20			13,3
109	Obývací pokoj + kuchyň	44,80	2,6	20	200,0	150,0	
110	Chodba	3,96	2,6	20			
	Σ 1.NP				303,3	290,0	13,3

Bazénová hala – samostatný úsek							
107	Bazénová hala	34,88	2,6	30	300,0	300,0	

Tabulka 2-Objemy vzduchu pro místnosti 2NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Světlá výška [m]	Výpočtová teplota [°C]	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství odváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství cirkulačního vzduchu [m ³ /h]
2.NP							
201	Chodba	30,90	2,6	20	28,2		91,0
202	Chodba	5,85	2,6	20			
203	Pokoj	14,62	2,6	24	35,0		
204	Posilovna	11,08	2,6	20	60,0		
205	Pokoj	19,36	2,6	20	41,7		
206	Pokoj	17,97	2,6	20	34,7		
207	Koupelna	5,77	2,6	24	31,4	90,0	
208	WC	1,70	2,6	20		50,0	
209	Šatna	4,69	2,6	20			
	Σ2.NP				231,0	140,0	91,0

Tabulka 3-Objemy vzduchu pro místnosti 3NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha [m ²]	Světlá výška [m]	Výpočtová teplota [°C]	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství odváděného vzduchu [m ³ /h]	Množství cirkulačního vzduchu [m ³ /h]
3.NP							
301	Chodba	22,66	2,6	20			60,8
302	Kuchyň	19,87	2,6	20	64,0	150,0	
303	Obývací pokoj	19,4	2,6	20	100,0		
304	Pokoj	17,32	2,6	20	39,3		
305	Šatna	4,69	2,6	20			
306	Pokoj	14,16	2,6	20	42,9		
307	Koupelna	14,02	2,6	24	54,6	90,0	
	Σ3.NP				300,8	240,0	60,8

1.2. Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

$$\Delta p_z = \Delta p_{tr} + \Delta p_\xi [Pa]$$

kde: Δp_z – celková tlaková ztráta úseku potrubí [Pa]

$\Delta p_{tř}$ –tlaková ztráta třením [Pa]

Δp_{ξ} –tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa]

1.2.1. Tlaková ztráta třením $\Delta p_{tř}$

$$\Delta p_{tř} = \lambda * \frac{l * w^2}{d * 2} * \rho [Pa]$$

kde: $\Delta p_{tř}$ –tlaková ztráta třením [Pa]

λ – součinitel tření [-]

l – délka úseku potrubí [m]

w – střední rychlost proudění [m/s]

d – průměr průtočného potrubí [m²]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m³]

1.2.2. Tlaková ztráta vřazenými odpory Δp_{ξ}

$$\Delta p_{\xi} = \frac{1}{2} * \xi * \rho * w^2$$

kde: Δp_{ξ} –tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa]

ξ - součinitel vřazeného odporu [-]

w – střední rychlost proudění [m/s]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m³]

Podrobný výpočet tlakových ztrát je uveden v příloze P3.

1.3. Souhrn požadavků na VZT jednotku 1.NP a 2.NP

Přívod vzduchu: 576 m³/h

Odvod vzduchu: 430 m³/h

Cirkulace vzduchu: 146 m³/h

Teplota přiváděného vzduchu: 42 °C

Max. externí tlak: 197,48 Pa

Navržená VZT jednotka: Atrea Duplex RK5

1.4. Souhrn požadavků na VZT jednotku 3.NP

Přívod vzduchu: 319 m³/h

Odvod vzduchu: 240 m³/h

Cirkulace vzduchu: 79 m³/h

Teplota přiváděného vzduchu: 42 °C

Max. externí tlak: 104,3 Pa

Navržená VZT jednotka: Atrea Duplex RB5

1.5. Souhrn požadavků na VZT jednotku bazénové haly

Přívod vzduchu: 300 m³/h

Odvod vzduchu: 300 m³/h

Teplota přiváděného vzduchu: 46 °C

Max. externí tlak: 67,87 Pa

Navržená VZT jednotka: Atrea Duplex RDH5-L

2. Tepelná ztráta

Výpočet Tepelných ztrát proveden dle ČSN EN 12831.

2.1. Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru Φ

$$\Phi_c = \Phi_p + \Phi_v [W]$$

kde: Φ_p – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

Φ_v – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

2.1.1. Návrhová tepelná ztráta prostupem Φ_p

$$\Phi_p = \Sigma A_i + U_i + b_{u,k} * (\Theta_{int,i} - \theta_e) [W]$$

kde: A_i – plocha posuzované konstrukce [m²]

U_i – součinitel prostupu tepla konstrukce včetně tepelných mostů [Wm⁻²*K⁻¹]

$b_{u,k}$ – činitel teplotní redukce [-]

$$b_{u,k} = \frac{\Theta_i - \Theta_{u,i}}{\Theta_i - \Theta_e}$$

Θ_i – vnitřní výpočtová teplota [°C]

Θ_e – výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [°C]

$\Theta_{u,i}$ – vnitřní výpočtová teplota [°C]

2.1.2. Návrhová tepelná ztráta větráním Φ_v

$$\Phi_v = V_i * c_p * \rho * (\Theta_i - \theta_e) [W]$$

kde: V_i – objemový průtok větracího vzduchu ve vytápěném prostoru [m³*h⁻¹]

c_p – měrná tepelná kapacita vzduchu [Wh*kg⁻¹*K⁻¹]

ρ – hustota vzduchu [kg*m³]

Θ_i – vnitřní výpočtová teplota [°C]

Θ_e – výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [°C]

2.2. Přehled tepelných ztrát objektu

Podrobný výpočet je uveden v Příloze P1. Zde uvádím pouze přehled tepelných ztrát po místnostech.

Tabulka 4- Přehled tepelných ztrát objektu

Číslo místnosti	Účel místnosti	Návrhová teplota [°C]	Celková tepelná ztráta [W]
101	Předsíň	20	182
102	Koupelna	24	191
103	WC	20	3
104	Technická místnost	20	6
105	Chodba	20	-60
106	Pokoj	20	351
107	Bazénová hala	30	2063
108	Chodba	20	99
109	Obývací pokoj + kuchyň	20	919
110	Chodba	20	5
201	Chodba	20	209
202	Chodba	20	166
203	Pokoj	20	212
204	Posilovna	20	273
205	Pokoj	20	309
206	Pokoj	20	257
207	Koupelna	24	190
208	WC	20	-1
209	Šatna	20	95
301	Chodba	20	147
302	Kuchyň	20	475
303	Obývací pokoj	20	453
304	Pokoj	20	291
305	Šatna	20	87
306	Pokoj	20	318
307	Koupelna	24	331
Σ			7572

2.3. Potřeba tepla na vytápění

Tepelná ztráta objektu: 7,5 kW

Lokalita výpočtu: Praha

Průměrná délka otopného období: 229 dní

Výpočtová venkovní teplota: -12 °C

Průměrná venkovní teplota během otopného období: 4,1 °C

Průměrná vnitřní výpočtová teplota: 20 °C

$$Q_{vyt,r} = \frac{24 * Q_c * \varepsilon * D}{t_{si} - t_e} [Wh/rok]$$

kde: Q_c – celková tepelná ztráta objektu [W]

ε – opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací [-]

D – počet denostupňů [d.K]

t_{si} – průměrná vnitřní výpočtová teplota [20 °C]

t_e – výpočtová venkovní teplota [-12 °C]

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_i * \varepsilon_d * \varepsilon_t}{\eta_o * \eta_r} [-]$$

kde: ε_i – nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem [0,85]

ε_d – snížení teploty v místnosti během dne, resp. Noci [1]

ε_t – zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [1]

η_o – účinnost rozvodu [0,96]

η_r – účinnost obsluhy [1]

$$\varepsilon = \frac{0,85 * 1 * 1}{0,96 * 1} = 0,885$$

$$D = (t_{si} - t_{es}) * d [K den]$$

kde:

D – počet denostupňů [d.K]

t_{si} – průměrná vnitřní výpočtová teplota [20 °C]

t_{es} – výpočtová venkovní teplota [-12 °C]

d – počet dnu otopného období v roce [229 dnu]

$$D = (20 - (-12)) * 229 = 3641 \text{ dní } K$$

$$Q_{vyt,r} = \frac{24 * 7,5 * 0,885 * 3641}{20 - (-12)} = 18,13 \text{ MWh/rok}$$

3. Potřeba tepla pro ohřev TUV

Výpočet podle normy ČSN 06 0320. [1]

3.1. Celková potřeba teplé vody za 1 den V_{2p}

$$V_{2p} = 0,082 * n \left[\frac{m^3}{den} \right]$$

kde: n – navržený počet osob [10 osob]

$$V_{2p} = 0,082 * 10 = 0,82 m^3/den$$

3.2. Denní potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,d}$

$$Q_{TUV,d} = \frac{\rho * c * V_{2p} * (t_2 - t_1)}{3600} * (1 + z) [Wh/den]$$

kde: ρ – měrná hmotnost vody [1000 kg/m³]

c – měrná tepelná kapacita vody [4 186 J/kg*K]

t_2 – požadovaná teplota teplé vody [60 °C]

t_1 – výpočtová teplota ohřívání vody [12,5 °C]

z – uvažované energetické ztráty systému přípravy TV [0,2]

$$Q_{TUV,d} = \frac{1000 * 4,186 * 0,82 * (60 - 12,5)}{3600} * 1,2 = 54,35 kWh$$

3.3. Roční potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,r}$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{55 - t_{svl}}{55 - t_{svz}} * (350 - d) [Wh/rok]$$

kde: $Q_{TUV,d}$ – denní potřeba tepla na ohřev TUV [Wh/den]

d – počet dnů otopného období v roce [229 dnů]

t_{svl} – teplota studené vody v létě [15 °C]

t_{svz} – teplota studené vody v zimě [8 °C]

$$Q_{TUV,r} = 54,35 * 229 + 0,8 * 54,35 * \frac{55 - 15}{55 - 8} * (350 - 229) = 16,9 MWh/rok$$

3.4. Výpočet zásobníku teplé vody

Potřeba teplé vody za periodu (nejčastěji den)	V =	0,820	m ³
Výpočtová teplota ohřivané vody (studená)	t ₁ =	12,5	°C
Požadovaná teplota teplé vody	t ₂ =	60	°C
Měrná tepelná kapacita vody	c =	1,163	kW/m ³ .K
Uvažované energetické ztráty systému přípravy TV	z =	0,2	-

Teplo potřebné pro ohřev teplé vody	E ₁ =	45,3	kW
Teplo ztracené při ohřevu a dopravě TV	E ₂ =	9,1	kW
Celkové teplo potřebné k ohřevu teplé vody	E =	54,4	kW

Křivka odběru teplé vody (maximálně pět fází)

	Start [hod]	Konec [hod]	Procenta
Fáze jedna	0	5	0 %
Fáze dva	5	17	30 %
Fáze tři	17	20	10 %
Fáze čtyři	20	23	50 %
Fáze pět	23	24	10 %
			100 %

Křivka odběru teplé vody

	Hodin [hod]	Výkon fáze [kW]	Hodinový výkon [kW]	Celkem [kW]
Fáze jedna	5	1,9	0,4	1,9
Fáze dva	12	18,1	1,5	20,0
Fáze tři	3	5,7	1,9	25,7
Fáze čtyři	3	23,8	7,9	49,5
Fáze pět	1	4,9	4,9	54,4
V pořádku		54,4	54,4	

Výpočet křivky pro odběr TV

Doba ohřevu teplé vody	24	hod
Doba přestávky mezi ohřevy teplé vody	0	hod
Míra nadsazení křivky	50 %	

Minimální hodnota míry nadsazení

1 %

Maximální rozdíl energií (požadovaná – dodaná)

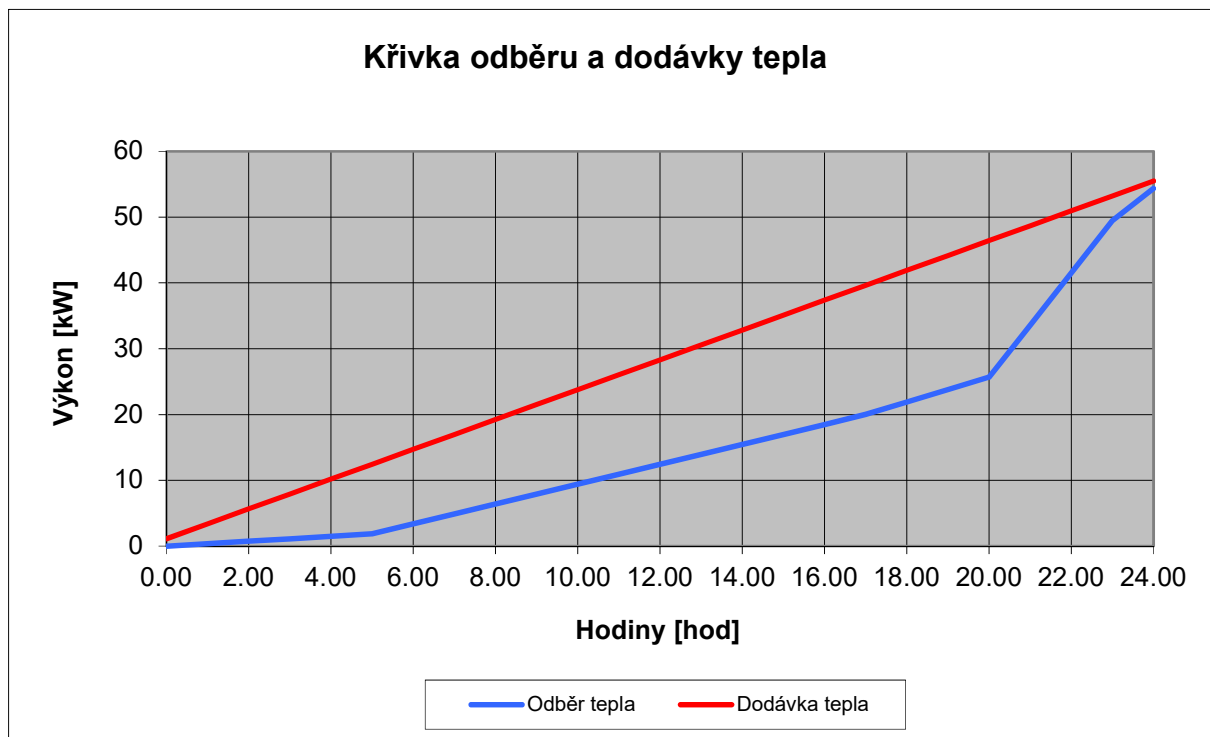
ΔE =	20,8	kWh
------	------	-----

Potřebný výkon kotle (kotlové soustavy)

Q =	2,3	kW
-----	-----	----

Minimální velikost zásobníku teplé vody

V =	0,38	m ³
-----	------	----------------



Pro řešený objekt bude pro přípravu teplé vody využitý výměník ve vnitřní systémové jednotce VVM500.

4. Bazénová hala

4.1. Vstupní hodnoty

Teplota vnitřního vzduchu	$t_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Teplota bazénové vody	$t_w = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
Relativní vlhkost vzduchu	rh= 55%
Plocha vodní hladiny	$S_{hl} = 15 \text{ m}^2$
Objem místnosti	$V = 90,69 \text{ m}^3$

Tepelná ztráta prostupem (viz Příloha) $\Phi_p = 1214 \text{ W}$

4.2. Přestup tepla mezi vodní hladinou a vnitřním vzduchem Φ_{HI}

$$\Phi_{HI} = \alpha * S_{HI} * (t_i - t_w) [W]$$

kde: α – součinitel prostupu tepla mezi vodní hladinou a vnitřním vzduchem [10
W/m²*K]

$$\Phi_{HI} = 10 * 15 * (30 - 28) = 300 \text{ W}$$

4.3. Množství odpařované vody M_w

Výpočet dle německé normy VDI 2089

$$M_w = \frac{\beta * S_{hl} * (p''v(tw) - pv(ti))}{R_v * T} \text{ [g/s]}$$

kde: β – součinitel přenosu hmoty [m/h]

R_v – plynová konstanta pro vodní páru [461,52 J/kg*K]

T – aritmetický průměr teploty vody a vzduchu [K]

S_{hl} – plocha volné vodní hladiny [15 m²]

$p''v(tw)$ - parciální tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody v bazénu [Pa]

$pv(ti)$ - parciální tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu t_i [Pa]

$$M_w = \frac{0,1405 * 15 * 3,775 - 2,347}{461,52 * 29} = 3,010 \text{ kg/h}$$

4.4. Vázané teplo Φ_L

$$\Phi_L = M_w * I \text{ [J/h]}$$

kde: M_w – Množství odpařované vody [kg/h]

I – výparné teplo vody [2510 J/kg]

$$\Phi_L = 3 * 2510 = 7554 \text{ kJ/h} = 2098 \text{ W}$$

4.5. Množství přiváděného vzduchu V_p

$$V_p = \frac{M_w}{\rho * \Delta x} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

kde: M_w – množství odpařované vody [0,835 g/s]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [1,204 kg/m³]

Δx – rozdíl relativní vlhkosti vnitřního prostředí a vnějšího prostředí [8,4 g/kg]

$$V_p = \frac{0,835}{1,2 * 8,4} = 0,0828 \text{ [m}^3\text{/s]} = 298,6 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

4.6. Tepelná ztráta větráním Φ_V

$$\Phi_V = V_p * c * \rho * (\Theta_i - \theta_{pr}) \text{ [W]}$$

kde: V_p – množství přiváděného vzduchu [298,6 m³/h]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [1,204 kg/m³]

c – měrná tepelná kapacita vzduchu [0,281 Wh/kg K]

Θ_i – teplota vnitřního vzduchu [30 °C]

Θ_{pr} – teplota přiváděného vzduchu po rekuperaci [°C]

$$\Theta_{pr} = \eta_r * (\Theta_i - \Theta_e) + \Theta_e$$

kde: η_r – účinnost rekuperace [0,8]

Θ_i – teplota vnitřního vzduchu [30 °C]

Θ_e – teplota vnějšího vzduchu [-12 °C]

$$\Theta_{pr} = 0,8 * (30 - (-12)) + (-12) = 21,6 \text{ °C}$$

$$\Phi_V = 299 * 0,281 * 1,204 * (30 - 21,6) = 849 \text{ W}$$

4.7. Celková tepelná ztráta bazénové haly Φ_i

$$\Phi_i = \Phi_P + \Phi_{Hl} + \Phi_V [W]$$

kde: Φ_P – tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [1214 W]

Φ_P – tepelná ztráta přestupem tepla mezi vodní hladinou a vnitřním vzduchem [300 W]

Φ_V – tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [849 W]

$$\Phi_i = 1214 + 300 + 849 = 2363 \text{ W}$$

4.8. Návrh podlahového vytápění

Výpočet proveden dle ČSN EN 1264-2+A1. Výpočet proveden v programu RAUCAD TechCon (viz. Příloha PR1)

Plocha podlahového vytápění: 18,4m²

Teplota přívodu: 42 °C

Střední teplota otopné vody: 37 °C

Rozestup potrubí: 100 mm

Povrchová teplota podlahy: 34 °C

Měrný tepelný tok: 41 W/m²

Celkový výkon podlahového vytápění: 766 W

Doplňkový výkon potřebný na pokrytí tepelné ztráty: 1608 W

4.9. Návrh teplovzdušného vytápění bazénové haly

4.9.1. Množství přiváděného vzduchu pro vytápění

$$V_c = \frac{\Phi_i}{c * \rho * (\Theta_p - \Theta_i)} [m^3/h]$$

kde: V_c – množství přiváděného vzduchu [m^3/h]

Φ_i – Doplnkový tepelný výkon potřebný na pokrytí tepelné ztráty [1608 W]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [1,204 kg/m^3]

c – měrná tepelná kapacita vzduchu [0,281 Wh/kg K]

Θ_i – teplota vnitřního vzduchu [30 °C]

Θ_p – teplota přiváděného vzduchu [46 °C]

$$V_c = \frac{1608}{0,281 * 1,204 * (46 - 30)} = 298 m^3/h$$

4.9.2. Návrh profilu vzduchotechnického potrubí

$$A_{pož} = \frac{V}{w_{před}} [m^2]$$

kde: $A_{pož}$ – požadovaná plocha vzduchotechnického potrubí [m^2]

V – objemový průtok vzduchu [300 m^3/h]

$w_{před}$ – navržená rychlost proudění [3 m/s]

$$A_{pož} = \frac{300}{3 * 3600} = 0,0278 m^2$$

Navrhuji kruhové potrubí SPIRO ØD 200 mm ($A_{skut}=0,031 m^2$)

4.9.3. Tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí

$$\Delta p_z = \Delta p_{tř} + \Delta p_{\xi} [Pa]$$

kde: Δp_z – celková tlaková ztráta úseku potrubí [Pa]

$\Delta p_{tř}$ – tlaková ztráta třením [Pa]

Δp_{ξ} – tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa]

4.9.3.1. Tlaková ztráta třením $\Delta p_{tř}$

$$\Delta p_{tř} = \lambda * \frac{l * w^2}{d * 2} * \rho [Pa]$$

kde: $\Delta p_{tř}$ – tlaková ztráta třením [Pa]

λ – součinitel tření [-]

l – délka úseku potrubí [m]

w – střední rychlost proudění [m/s]

d – průměr průtočného potrubí [m²]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m³]

4.9.3.2. Tlaková ztráta vřazenými odpory Δp_{ξ}

$$\Delta p_{\xi} = \frac{1}{2} * \xi * \rho * w^2$$

kde: Δp_{ξ} – tlaková ztráta vřazenými odpory [Pa]

ξ - součinitel vřazeného odporu [-]

w – střední rychlost proudění [m/s]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m³]

Podrobný výpočet tlakových ztrát je uveden v příloze P3.

4.9.4. Souhrn požadavků na VZT jednotku

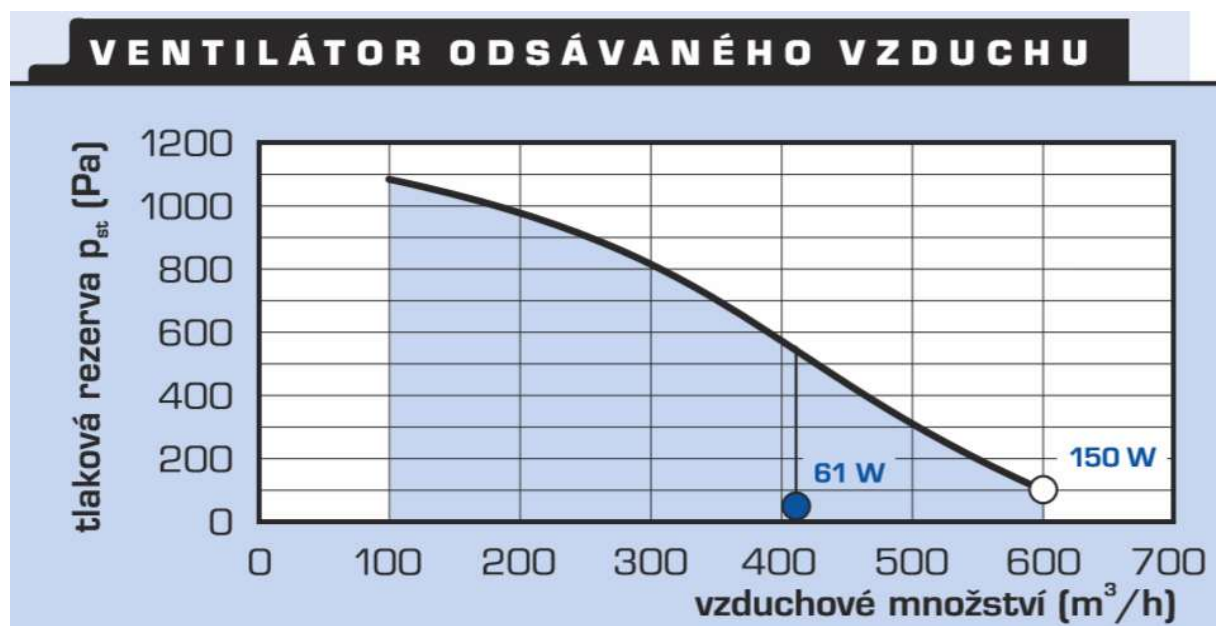
Přívod vzduchu: 300 m³/h

Odvod vzduchu: 300 m³/h

Teplota přiváděného vzduchu: 46 °C

Max. externí tlak: 67,87 Pa

Navržená VZT jednotka: Atrea Duplex RDH5-L



Obrázek 1-Posouzení tlakové rezervy [4]

Dle grafu na obrázku 1 navržená VZT jednotka vyhovuje.

[5]

5. Návrh zdroje tepla

Pro návrh zdroje tepla se v případě tepelného čerpadla (TČ) uvažuje s dimenzováním na 100 % - 70 % tepelného výkonu.

$$Q_{zdroj} = 0,8 * Q_i + Q_{TV} + Q_{BAZÉN} =$$
$$Q_{zdroj} = 0,8 * 7,5 + 2,3 + 2,1 = 10,4 \text{ kW}$$

Navrhuji tepelné čerpadlo NIBE 2040-12

Tepelné čerpadlo bude instalováno s vnitřní systémovou jednotkou VVM500, která obsahuje zabudovaný výměník teplé vody, cirkulační čerpadla, solární výměník, řídicí systém a elektrickou topnou jednotku, která zajišťuje dodatečný výkon 9 kW.

6. Výpočet velikosti expanzní nádoby

$$V_{ex} = 1,3 * V_0 * n * \frac{1}{\eta} [l]$$

kde: V_{ex} – objem expanzní tlakové nádoby [l]

V_0 – objem vody v celé otopné soustavě [l]

n – součinitel zvětšení objemu [-]

η – stupeň využití expanzní nádoby [-]

6.1. Objem vody v soustavě V_0

Okruh vytápění: 60 l (viz příloha PR1)

Akumulační nádoba: 500 l

Okruh tepelného čerpadla: 100 l

Ostatní 50 l

Celkový objem vody v soustavě $V_0 = 710$ l.

6.2. Součinitel zvětšení objemu n

$t_{max} = 55$ °C

$n = 0,01413$

6.3. Stupeň využití expanzní nádoby η

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,dov,A}}{p_{h,dov,A}} [-]$$

kde: η – stupeň využití expanzní nádoby [-]

$p_{h,dov,A}$ - nejvyšší dovolený absolutní tlak [300 Pa]

$p_{d,dov,A}$ - nejnižší dovolený absolutní tlak

$$p_{d,dov,A} = 1,1 * \rho * g * h * 10^{-3} + p_B [Pa]$$

kde: ρ – hustota vody [1000 kg/m³]

g – tíhové zrychlení [9,81 m/s²]

h – výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [9 m]

p_B – barometrický tlak [100kPa]

$$p_{d,dov,A} = 1,1 * 1000 * 9,81 * 9 * 10^{-3} + 100 = 197 \text{ kPa}$$

$$\eta = \frac{300 - 197}{300} = 0,343$$

$$V_{ex} = 1,3 * 710 * 0,01413 * \frac{1}{0,343} = 37,986 \text{ l}$$

Navrhuji expanzní nádobu Regulus SL040 o objemu 40 litrů.

[2]

7. Hydraulika teplovodní otopné soustavy

Výpočet hydraulických vlastností navržené otopné soustavy byl proveden v programu RAUCAD TechCon. Výstup z tohoto programu je uveden v příloze PR1.

Hydraulické vyvážení není součástí této práce.

8. Oběhová čerpadla

Oběhová čerpadla budou umístěna na jednotlivé větve okruhů, za rozdělovačem, viz projektová dokumentace (PD). Oběhová čerpadla jsou navržena na základě tlakových ztrát jednotlivých okruhů, které jsou převzaty z výstupu programu RAUCAD TechCon (viz. příloha PR1).

8.1. Okruh 1

Průtok: 0,977 m³/h

Potřebný tlak: 18 035 Pa

DN: 32

Navržené čerpadlo: UPS 32-40 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

8.2. Okruh 2

Průtok: 0,768 m³/h

Potřebný tlak: 4 964 Pa

DN: 25

Navržené čerpadlo: ALPHA1 25-40 N 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

8.3. Okruh 3

Průtok: 0,761 m³/h

Potřebný tlak: 3532 Pa

DN: 25

Navržené čerpadlo: ALPHA1 25-40 N 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

8.4. Okruh 4

Průtok: 0,114 m³/h

Potřebný tlak: 1015 Pa

DN: 25

Navržené čerpadlo: ALPHA1 25-40 N 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

8.5. Okruh 5

Průtok: 0,036 m³/h

Potřebný tlak: 986 Pa

DN: 17

Navržené čerpadlo: ALPHA1 25-40 N 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

8.6. Okruh 6

Průtok: 0,149 m³/h

Potřebný tlak: 14387 Pa

DN: 17

Navržené čerpadlo: ALPHA1 25-40 N 180

Pracovní bod čerpadla viz. příloha PK1.

[3]

9. Závěr

Na základě tohoto návrhu a výstupu z programu RAUCAD TechCon, bude zhotovena projektová dokumentace v rozsahu projektu pro provedení stavby, včetně technických zpráv. Veškeré informace o systému vytápění jsou popsány v technických zprávách

10. Seznam citací

[1] kol., Kabele a. Energetické a ekologické systémy budov 1. místo neznámé: ČVUT, 2005. 80-01-03327-9.

[2] Ing. Jiří Bašta, Ph.D , Návrh tlakové expanzní nádoby [Online] [Citace: 10. 5 2020.]

Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1156-navrh-expanzni-nadoby>

[3] Grundfos , Návrh oběhového čerpadla [Online] [Citace: 11. 5 2020.]

Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?qcid=910119786>

[4] Atrea, Technický list RDH5 [Online] [Citace 11.5.2020]

Dostupné z: https://www.atrea.cz/cz/d3_duplex_rdh0

[5] Ing. Jan Schwarzer, Návrh a dimenzování VZT pro bazény [Online] [Citace: 11. 5 2020.]

Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/4218-navrh-a-dimenzovani-vzt-pro-bazeny-i>

11. Seznam tabulek

Tabulka 1-Objemy vzduchu pro místnosti 1.NP	3
Tabulka 2-Objemy vzduchu pro místnosti 2NP	4
Tabulka 3-Objemy vzduchu pro místnosti 3NP	4
Tabulka 4- Přehled tepelných ztrát objektu.....	7