

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ**  
**RODINNÉHO DOMU S BAZÉNEM**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

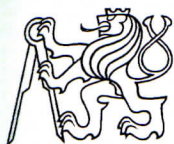
**Vypracoval:**

**Tomáš Tuháček**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Karel Papež, CSc.**

**2018**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tuháček Jméno: Tomáš Osobní číslo: 426307

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání a vytápění rodinného domu s bazénem

Název bakalářské práce anglicky: Ventilation and heating of the house with a swimming pool

Pokyny pro vypracování:

Úvod budovy zřídí k problematice větrání a vytápění rodinného domu s bazénem.

Dále bude zpracována část projektu větrání a vytápění rodinného domu s bazénem.

Seznam doporučené literatury:

Norma pro obytné budovy ČSN 73 4301

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 16.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2018

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

  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

19.2.2018

Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne 14. 5. 2018

podpis:

**Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu a konzultantovi panu doc. Ing. Karlovi Papežovi za odborné vedení, cenné rady, připomínky a vstřícné jednání při konzultacích, které mi pomohli při zpracování této bakalářské práce.

## **OBSAH**

ANOTACE.....	7
ABSTRAKT.....	7
1. ÚVOD.....	8
2. TEPELNĚ – VLHKOSTNÍ POHODA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	9
3. PRAVIDLA PRO VYTÁPĚNÍ – vyhláška 194/2007 Sb. ....	10
3.1 Norma Obytné budovy ČSN 73 4301 – vytápění a větrání.....	11
3.2 Problémy spojené s větráním bazénů.....	12
4. ŘEŠENÝ RODINNÝ DŮM S BAZÉNEM.....	15
5. NÁVRH VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU .....	16
5.1 Otopné soustavy.....	16
5.1.1 Vodní otopná soustava.....	16
5.1.2 Teplovzdušné vytápění.....	17
5.2 Systémy větrání.....	18
5.2.1 Přirozené větrání.....	18
5.2.2 Nucené větrání s rekuperací.....	19
5.3 Otopné plochy.....	20
5.3.1 Podlahové sálavé vytápění.....	21
5.3.2 Otopná tělesa.....	21
5.4 Zdroje tepla.....	22
5.4.1 Plynové kotle.....	23
5.4.2 Kotle na biomasu.....	23
5.4.3 Tepelná čerpadla.....	24
6. VÝPOČTOVÁ ČÁST.....	28
6.1 Potřeba tepla pro ohřev TUV.....	30
6.2 Bazén.....	32
6.2.1 Vstupní hodnoty.....	32
6.2.2 Tepelné ztráty.....	34
6.2.3 Návrh teplovzdušného vytápění bazénu:.....	38
6.2.4 Návrh podlahového vytápění.....	39
6.3 Obytná část rodinného domu – přirozené větrání, otopná tělesa.....	41
6.3.1 Tepelné ztráty objektu.....	41
6.3.2 Návrh kotle a nádoby na TUV.....	53
6.3.3 Návrh teplovodních otopných těles.....	53

6.3.4	Návrh odvětrání WC, koupelny a kuchyně .....	54
7.	Závěr .....	56
	Zdroje.....	57
	Seznam obrázků a tabulek.....	58

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou větrání a vytápění rodinného domu s bazénem.

První část této práce je zaměřená na teorii spojenou s touto problematikou. Jsou zde zmíněny návrhy topných a větracích zařízení. Druhá část práce je samotný návrh větracích a otopných zařízení v rodinném domě. Tato část obsahuje výkresovou dokumentaci.

## **ABSTRAKT**

This Bachelor thesis deals with ventilation and heating systems of a house with an indoor swimming pool.

The first part of thesis focuses on the theory associated with the issue. There are mentioned suggestions of heating and ventilation equipment. The second part of the thesis is the design of ventilation and heating devices in a family house. This section contains drawing documentation.

## 1. ÚVOD

Větrání a vytápění objektů jsou jedny z nejdůležitějších ekonomických aspektů v dnešní době, na které je kladen veliký důraz z pozice investora. Zajištěním kvalitního větrání v objektu totiž přispíváme k dosažení spokojenosti uživatele z hlediska toho, že nepocítuje předčasnou únavu vlivem zvýšené koncentrace škodlivin a tím pádem přispíváme k jeho optimálnímu pracovnímu nasazení, případně kvalitnímu odpočinku. Z hlediska vytápění je důležité brát zřetel na dosažení tepelné pohody uživatele, tzn. zajistit, aby člověk v daném objektu nepocítoval nepříjemný chlad nebo naopak příliš velké teplo. Pro dosažení kvalitního větrání a vytápění spojeného s co největším snížením provozních nákladů se klade velký důraz na zmenšení energetické náročnosti budovy, což zahrnuje kvalitní zateplovací systém, vhodné řešení detailů budovy a výběr okenních a dveřních výplní. Důležitý je samotný tepelný zdroj, u kterého se dnes přistupuje k alternativám, které se používají čím dál častěji. Jsou to například tepelná čerpadla, solární kolektory a kotle na biomasu.

V dnešní době není výjimkou, když si chce investor nechat postavit ve svém rodinném domě krytý bazén, který je provozně propojen se zbytkem domu. Toto rozhodnutí s sebou nese řadu problémů, které je nutno vyřešit během projektové fáze. Je to hlavně zvýšená vlhkost v místnosti s bazénem, která se musí řešit právě pomocí nuceného větrání. Dále samotný vznik vodní páry v prostoru s bazénem je nežádoucí. Kondenzace vodních par v interiéru vede jednak k poškození samotných konstrukcí či ke zhoršení jejich vlastností a také tento jev provází vznik plísní na konstrukcích a tudíž k ohrožení zdraví uživatele. Proto je důležité se těmto úskalím vyhnout ve fázi návrhu budovy.

Tomuto tématu vhodného větrání a vytápění rodinného domu s bazénem se bude věnovat tato bakalářská práce.



## **2. TEPELNĚ – VLHKOSTNÍ POHODA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ**

Tepelně – vlhkostní mikroklima je velice důležité pro zdravé a uživateli příjemné vnitřní prostředí v objektu. Člověk se během dne většinu času pohybuje v budovách, proto je důležité, aby jejich prostředí bylo pro něho příjemné a neškodilo jeho zdraví. Faktory, které mají na toto mikroklima největší vliv, jsou především relativní vlhkost vnitřního vzduchu a obsah škodlivin v okolním prostředí člověka. Optimální relativní vlhkost v obytných místnostech je většinou v rozmezí 50 – 60%.

Tepelně – vlhkostní parametry vzduchu v okolí uživatele mají vliv na jeho tepelnou pohodu. Tepelná pohoda je stav, kdy uživatel necítí velký chlad ani příliš velké teplo ve svém okolí. K dosažení tohoto stavu docílíme tím, že prostor, kde se člověk vyskytuje, budeme dostatečně větrat a vytápět. V obytných místnostech bývá návrhová teplota 20 °C, v prostorách koupelen je to 24 °C a na chodbách 15 °C.

U místností, kde se nachází bazén, musíme dát větší důraz na návrh větrání a vytápění. Je zde totiž zvýšená vlhkost vzduchu, která se uvažuje okolo 60 – 65%. Dále nesmíme zapomenout na neustále se odpařující vodní páry z povrchu bazénu. Tuto problematiku musíme vyřešit vhodným větracím zařízením. Také teploty jsou tu jiné, než v obytných místnostech. Teplota interiéru se uvažuje 30°C a teplota vody v bazénu 28°C.

### **3. PRAVIDLA PRO VYTÁPĚNÍ – vyhláška 194/2007 Sb.**

#### Pravidla pro vytápění:

- otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku
- dodávka tepelné energie se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C pro následující den
- průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením vlivu sálání okolních ploch v 7.00, 14.00 a ve 21.00 hod., přičemž teplota měřená ve 21.00 hod. se počítá dvakrát
- vytápění bytů a nebytových prostor v bytových a nebytových budovách se omezí nebo přeruší v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad +13 °C ve 2 dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den. Omezení vytápění se provádí tak, aby byly dodrženy požadavky jejich teplotního útlumu zajišťujícího tepelnou stabilitu místnosti. Při následném poklesu průměrné denní teploty venkovního vzduchu pod +13 °C se vytápění obnoví
- v průběhu otopného období jsou byty v domě vytápěny v době od 6.00 do 22.00 hod. a ostatní prostory v době jejich provozu vytápěny tak, aby dosažené průměrné teploty vnitřního vzduchu zajišťovaly výpočtové teploty vnitřního vzduchu stanovené projektem budovy
- v době od 22.00 do 6.00 hod. se vytápění obytných místností a v neprovozní době ostatních vytápěných prostor podle potřeby omezí nebo krátkodobě přeruší do té míry, aby byly dodrženy požadavky jejich teplotního útlumu zajišťujícího tepelnou stabilitu místnosti, např. podle ČSN 73 0540 – 2
- výpočtové teploty vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti v otopném období ve vytápěných místnostech jsou stanoveny v příloze č. 1 k této vyhlášce

#### Regulace vytápění se provádí:

- regulací parametrů teplotnosné látky, zejména podle průběhu klimatických podmínek nebo venkovní teploty vzduchu ve vztahu k vnitřní teplotě vzduchu ve vytápěném

prostoru nebo podle zátěže, pokud není zajišťována již jejím výrobcem či distributorem, s výjimkou vytápění ze zdrojů s násypnými kotli na tuhá paliva

- samostatnou automatickou regulací části vnitřního zařízení – zónová regulace, pokud to vyžaduje situování budovy vzhledem ke světovým stranám, odlišná tepelná akumulace nebo různý způsob využívání jejich jednotlivých částí, zejména byty a nebytové prostory
- individuálním automatickým regulačním zařízením u jednotlivých spotřebičů určených pro vytápění reagujícím na změny vnitřních teplotních podmínek a výskyt tepelných zisků s výjimkou případů, kde je to z technických nebo bezpečnostních důvodů neuskutečnitelné, zejména u sálavého vytápění, teplovzdušného vytápění, vytápění ze zdrojů tepelné energie s násypnými kotli na tuhá paliva
- regulací tlakové difference v odběrném tepelném zařízení, pokud to vnitřní rozvod tepelné energie vybavený individuální regulací vyžaduje<sup>1</sup>

### **3.1 Norma Obytné budovy ČSN 73 4301 – vytápění a větrání**

#### Vytápění

- Každý byt se vybavuje vytápěcím zařízením a zařízením pro zajištění dodávky teplé užitkové vody o dostatečné teplotě a tlaku včetně měření odběru.
- Každá obytná místnost, kuchyně, prostor pro osobní hygienu musí mít zařízení pro dostatečné vytápění. Dostatečné vytápění musí být i v místnostech domovního vybavení, které jsou určeny pro pobyt osob (sušárna, místnost pro údržbu apod.).
- Vytápěcí zařízení musí být navrženo tak, aby umožňovalo regulaci teploty ve vytápěné místnosti.
- Zařízení lokálního či bytového vytápění nesmí být zdrojem škodlivin ve vnitřním prostředí bytů. Spaliny musí být odvedeny do venkovního prostředí tak, aby nemohly být nasávány zpět do budovy větracími otvory a aby bezprostředně neobtěžovali okolí.
- Návrh dispozice obytné budovy by měl respektovat možnost budoucích úprav pro případné změny vytápěcího systému.
- Zásady pro řešení otopných systémů a pro přípravu teplé vody jsou dány ČSN 06 0210, ČSN 06 0220, ČSN 06 0320 a ČSN 06 0830.

---

<sup>1</sup> Dostupné z: Vyhláška č. 194/2007 Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu, č. 62/2007 Sbírky zákonů, 2007.

## Větrání

- Řešení bytu musí umožňovat jeho dostatečné větrání. Prostory bytu nesmějí být větrány do prostorů domovního vybavení nebo domovních komunikací.
- Větrání musí zajistit přívod čerstvého vzduchu a odvod škodlivin včetně vlhkosti a pachů ze všech prostor bytu.
- Bytové prostory musí mít zabezpečenou trvalou výměnu vzduchu.
- Nad sporákem nebo varnými plochami má být umístěn odvaděč par a pachů s odtahem do venkovního prostředí.
- Pro zajištění zvýšené intenzity větrání po dobu zvýšeného výskytu škodlivin včetně vlhkosti se doporučuje vybavit prostory pro uskladnění potravin, osobní hygienu a pro umístění záchodové mísy nuceným větráním, řízeným ručně nebo automaticky v závislosti na použití příslušného prostoru nebo dosažení mezní hodnoty stanoveného parametru tohoto prostoru, s odtahem do venkovního prostředí.
- Na větrací průduchy nelze napojit společně prostory různého určení (prostor pro vaření, prostor pro uskladnění potravin apod.) a prostory různých bytů téhož podlaží. Prostor pro osobní hygienu a prostor se záchodovou mísou v případě nuceného větrání nebo ve výjimečných případech lze připojit na společný průduch, pokud to jeho detailní řešení dovolí.<sup>2</sup>

### **3.2 Problémy spojené s větráním bazénů**

#### Problémy při nedostatečném větrání bazénů

- při nevyhovujícím odvodu vlhkostní zátěže intenzivním odparem z hladiny se zvyšuje relativní vlhkost v prostoru až na hodnoty, kdy dochází plošné kondenzaci vodních par na povrchu stavebních konstrukcí (tepelné mosty) a celém povrchu prosklených stěn a oken
- kondenzát vážně poškozuje stavební konstrukce
- stéká po konstrukci, zasklení - pro uživatele je neakceptovatelný
- průvodním jevem je pak výskyt plísní (např. Cladosporium, Penicillium, Aspergillus versicolor)

---

<sup>2</sup> Dostupné z: Norma ČSN EN 73 4301 – Obytné budovy, Praha: Český normalizační institut, 2004.

- v řadě případů jsou instalovány pouze odvlhčovací kondenzační jednotky, jejichž dosah proudu je však nedostatečný, nepokrývá celý prostor bazénu a dochází k silné kondenzaci a výskytu plísní v nedostatečně provětraném prostoru. Současně se vyskytují vážné problémy z výparů chemické dezinfekce vody (chlor, ozón, halogeny – brom, jód, chloroformu)

#### Zásady stavebního řešení bazénů

- obvodové konstrukce stěn a oken řešit s nejlepšími tepelně-technickými parametry
- omezit (zbytečné) rozsahy zasklení (zejména ve střeších bazénů !!!)
- zcela eliminovat tepelné mosty
- navrhnout dokonalé parotěsné zábrany stěn a stropů
- preferovat pravoúhlé tvary bazénů pro možnost instalace navíjecích foliových zákrytů, případně tepelně-izolačních kazet z pláštěvaného polyuretanu
- napojení na bytové prostory domu navrhnout výhradně přes těsné dveře, výhodně přes samostatně odvětraný meziprostor chodby

#### Zásady větrání a vytápění bazénů

- zajištění dokonalého a rovnoměrného provětrávání celého prostoru bazénu bez nevětraných koutů a sektorů, kde hrozí kondenzace
- zajištění přívodu teplého suchého vzduchu s nízkou relativní vlhkostí zásadně k proskleným stěnám a oknům s dostatečnou rychlostí a dosahem proudu v celém rozsahu prosklení
- celý prostor bazénu udržovat vzduchotechnikou trvale v podtlaku (min. 95 %) pro vyloučení rizika pronikání par do sousedních prostor a přes chybně provedené parotěsné zábrany do konstrukcí
- rozvody vzduchotechniky zásadně z nerez potrubí
- u podlahových rozvodů zajistit dokonalou vodotěsnost, vyspádování ke sběru kondenzátu, přístup pro čištění a dokonalou tepelnou izolaci a zamezit zatékání vody z podlahy
- zásadně oddělit systém vzduchotechniky bazénu od ostatních VZT systémů – samostatné větrací jednotky
- při nárazovému provozu (rodinné bazény) je ideální instalace vzduchotechniky spojená s teplovzdušným vytápěním (zajistí se velmi rychlý náběh teploty vzduchu na požadovanou hodnotu během několika desítek minut)

- vzduchotechnické jednotky pro větrání bazénů navrhnout v provedení do agresivního prostředí (chlor), tzn. s rekuperačním výměníkem z nerez nebo z plastu, odvodňovací vany nerez, nebo speciální úpravy
- velmi malé prostory bazénů lze řešit lokální odvlhčovací recirkulační jednotkou
- nejvýhodnější je větrací a odvlhčovací vzduchotechnická jednotka – ovšem pozor na množství cirkulačního vzduchu (dodržet min. množství čerstvého venkovního vzduchu)<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Větrání plaveckých bazénů, dostupné z:  
[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u2-vetrani\\_bazenu.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u2-vetrani_bazenu.pdf)

## 4. ŘEŠENÝ RODINNÝ DŮM S BAZÉNEM

Zadaný objekt je dvoupodlažní, podsklepený rodinný dům pro dvě rodiny. Součástí domu je vnitřní bazén.

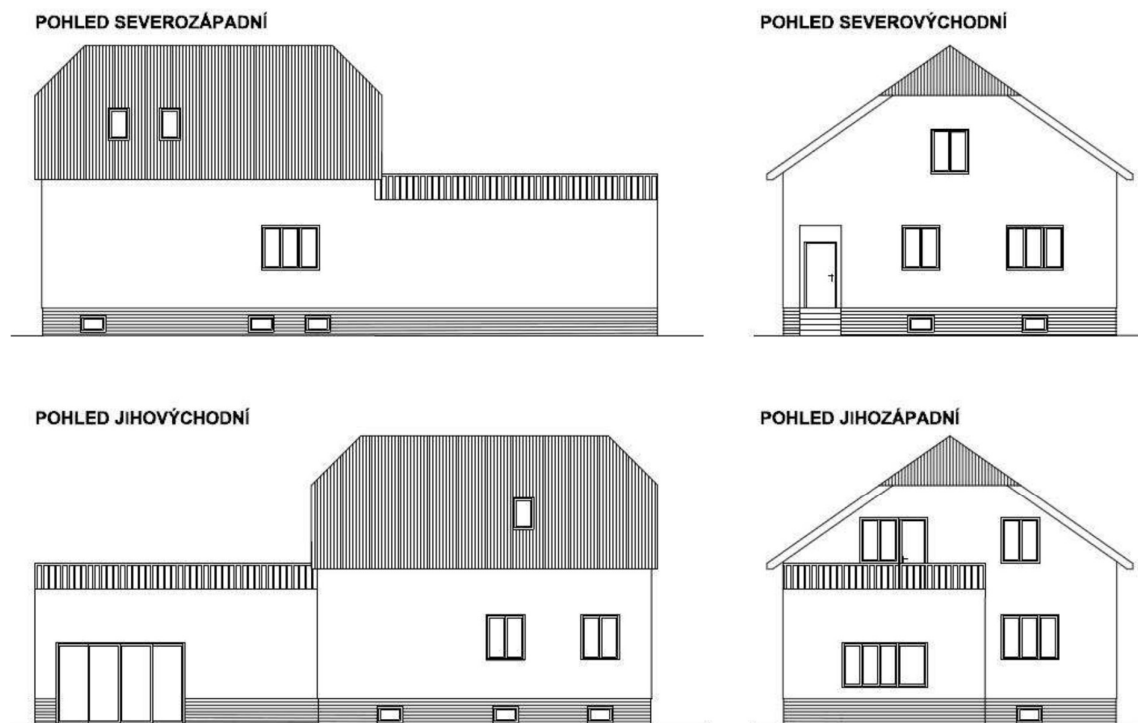
Rodinný dům se nachází na parcele č. 453/1 v Milovicích.

V 1.NP se nachází bytová jednotka 2+1, ve které žijí 2 osoby. Ve 2.NP je umístěná bytová jednotka 3+1, kterou obývají 4 osoby. Každý byt má svou kuchyň, obývací pokoj, WC, koupelnu a jednu či dvě ložnice. Společné prostory tvoří chodba v 1.NP a celý suterén. Zde se nachází posilovna, dílna, chodba, prádelna, technická místnost a sklípek.

Bazén je přístupný z chodby v suterénu nebo ze zahrady posuvnými dveřmi.

Situace, půdorysy podlaží, řez a skladby jednotlivých konstrukcí jsou přiloženy, viz výkresy č. 1. – 3.

Obrázek 1 – Rodinný dům - pohledy



## **5. NÁVRH VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU**

### **5.1 Otopné soustavy**

Otopná soustava je součástí tepelné soustavy budovy, která slouží k vytápění. Zařízení, které tuto funkci vykonává, se nazývá otopné těleso. Toto těleso slouží k dosažení požadované teploty uvnitř objektu, kterou si uživatelé nastaví. Tato soustava se skládá z tepelného zdroje, například kotle nebo tepelného čerpadla. Dále z potrubní soustavy, ve které proudí topná a vratná voda a ze spotřebičů, což jsou již zmíněná otopná tělesa.

Otopné soustavy rozdělujeme podle teplotní látky na:

- parní
- vodní
- teplovzdušné

U rodinných domů se nejvíce vyskytují soustavy vodní a teplovzdušné.

#### **5.1.1 Vodní otopná soustava**

Vodní otopná soustava je u rodinných domů nejrozšířenější systém. Princip této soustavy je takový, že tepelný zdroj je přímo propojen s otopnými tělesy díky potrubní soustavě. Ve zdroji tepla se voda v potrubí ohřeje na požadovanou teplotu a proudí v přívodním potrubí k otopným tělesům, ve kterých se část energie teplé vody odevzdá z tělesa do prostoru místnosti. Tato odevzdaná energie způsobí ochlazení přívodní vody a pomocí vratného potrubí se vrací zpět do zdroje tepla a tento proces se kontinuálně opakuje.

Dělení vodních otopných soustav:

Podle způsobu propojení otopných těles:

- jednotrubkové
- dvoutrubkové



Podle zdroje oběhu otopné vody:

- přirozený oběh
- nucený oběh

Podle teploty otopné vody:

- nízkoteplotní - do 65 °C
- teplovodní - do 115 °C
- horkovodní - nad 115 °C

### **5.1.2 Teplovzdušné vytápění**

Teplovzdušné vytápění je systém, ve kterém dochází k vytápění místností pomocí přiváděného vzduchu, který je ohříván ve vzduchotechnické jednotce. Přiváděný vzduch má vyšší teplotu než je požadovaná teplota v místnosti, jelikož po smíchání přiváděného a stávajícího vzduchu tato teplota klesne a za přítomnosti ochlazujících ploch místnosti se tato teplota přiblíží k požadované. U tohoto systému není zapotřebí použití žádných otopných těles v místnosti, nýbrž potrubí s koncovou úpravou, vhodně zvolenou pro účel řešené místnosti.

V dnešní době se často v bytových i rodinných domech používá teplovzdušné vytápění s rekuperací. Tento systém má za cíl minimalizovat náklady na vytápění pomocí zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu z místnosti. Tento odváděný vzduch se nepřímo potká ve vzduchotechnické jednotce se vzduchem přívodním, kterému pomocí zařízení v jednotce předává svojí tepelnou energii a tím snižuje potřebu ohřívání přiváděného vzduchu přibližně o 80%.

Tato soustava se dělí na zdroj tepelné energie a potrubní síť. Tato síť se dělí na přívodní potrubí, ve kterém proudí teplý a čerstvý vzduch a na odvodní potrubí, které odvádí vzduch se škodlivinami. Potrubí se nejčastěji vede pod stropem místností, případně v podlaze. Přívodní potrubí vyústíme zejména v obytných místnostech, naopak odvodní potrubí zejména do místností, ve kterých dochází k výskytu či produkci škodlivin. Jsou to zejména kuchyně, koupelny a toalety.

## **5.2 Systémy větrání**

Hlavní funkce větrání je zajištění kvalitního prostředí pro člověka. Při větrání dochází k přívodu čerstvého vzduchu do místnosti a odvodu odpadního vzduchu, který obsahuje škodlivé látky, pachy a případně zvýšenou vlhkost. Větrání samotné by nemělo působit nadměrný hluk, který by obtěžoval člověka. Také by měl být větraný prostor chráněn proti zpětnému pronikání škodlivin.

Větrání dělíme podle zdroje pohybu vzduchu na:

- přirozené
- nucené
- nucené s rekuperací
- hybridní

### **5.2.1 Přirozené větrání**

Přirozené větrání pracuje na principu vzájemné výměny vzduchu mezi interiérem a exteriérem většinou pomocí okenních otvorů. Výměna vzduchu nastává při rozdílném tlaku vně a uvnitř budovy a taky pomocí venkovního vzduchu, který proudí kolem budovy.

Přirozené větrání můžeme označit tyto druhy větrání:

- větrání okny
- infiltrace netěsnostmi oken a dveří

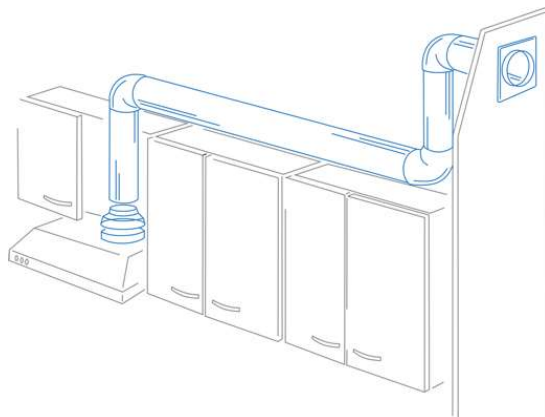
Z finančního hlediska se jedná o nejlevnější variantu větrání, avšak je zde zapotřebí činnost člověka. Také nám tento způsob větrání přivádí venkovní vzduch do místnosti bez jakéhokoliv ohřátí, což se projeví snížením teploty v místnosti.

Obrázek 2 – Přírozené větrání



Z hlediska hygieny je zapotřebí současně s přirozeným větráním také odvádět vzduch z místností, ve kterých vzniká větší produkce škodlivin pomocí nuceného větrání a to zejména z kuchyní, koupelen a toalet.

Obrázek 3 – Větrání digestoří



### 5.2.2 Nucené větrání s rekuperací

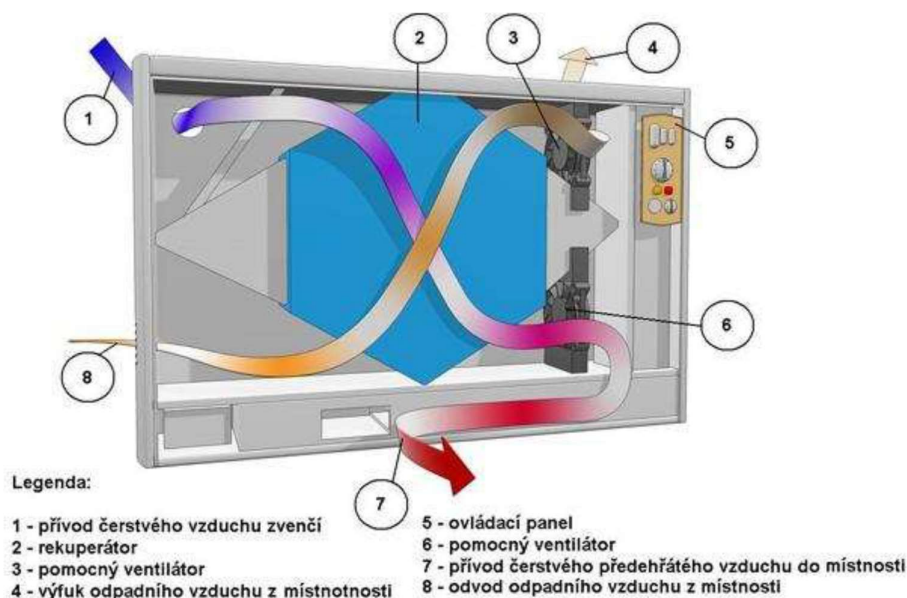
Nucené větrání využívá ke svému fungování ventilátorů, které způsobují změnu tlaku v potrubí, čímž uvádí čerstvý vzduch nasávaný z exteriéru do pohybu

směrem do místnosti. Ve srovnání s přirozeným větráním je nucené větrání efektivnější z hlediska absence nutné obsluhy.

Dále je také výhodou v nastavení množství přiváděného vzduchu na požadovanou hodnotu. Z hlediska ekonomického je velice úsporný režim větrání s rekuperací tepla.

Tento systém rekuperace zajišťuje předání tepelné energie odváděného vzduchu tomu přiváděnému ve výměníku, kde se chladný vzduch z exteriéru ohřívá a snižují se tak několikanásobně náklady na ohřev přiváděného vzduchu.

Obrázek 4 – Rekuperace



### 5.3 Otopné plochy

Otopné plochy jsou zařízení, jejichž funkcí je ohřát vzduch v místnosti a vytvořit zde příjemné prostředí. Princip spočívá v odevzdávání tepelné energie nosné látky v otopné ploše. Čím větší bude otopná plocha, tím více ovlivní tepelnou pohodu v místnosti.

U otopných těles je nejvýhodnější z hlediska dosažení správného toku a promíšení vzduchu tyto tělesa umístit pod okenní otvory. Dnes se častěji využívá

nízkoteplotních otopných soustav pro úsporu energie, kde se vyplatí mít co největší sálavou plochu, z níž bude teplo ohřívat místnost. Takové řešení nejčastěji bývá podlahové vytápění.<sup>4</sup>

### **5.3.1 Podlahové sálavé vytápění**

Podlahové vytápění využívá většinou celou nebo převážnou část podlahové plochy místnosti pro její vytápění. Tento systém je založen na předání tepla z otopných trubek uložených v nosné části podlahy, např. v betonové mazanině. Teplota vody v potrubí se pohybuje okolo 40 °C. Z hygienických požadavků normy ČSN EN 1264 nesmí překročit teplota nášlapné vrstvy tyto hodnoty:

- v obytných místnostech 29 °C
- koupelnách 33 °C
- okolí bazénu 35 °C

### **5.3.2 Otopná tělesa**

Otopná tělesa jsou nejvíce rozšířený způsob vytápění v rodinných domech. Nejrozšířenější jsou tělesa desková, která dnes najdeme takřka v každém objektu. Jejich dimenzování se projevuje zejména na jejich sálavé ploše a na návrhové teplotě vody, která v tělesech proudí. Není ale výjimkou navrhování deskových otopných těles s nízkoteplotní otopnou soustavou. Toto řešení je možné díky tomu, že dnešní desková tělesa jsou konstruována více efektivně, kdy se zvětšuje jejich sálavá plocha. Ruku v ruce s tím musí být také zajištěno, aby obalové konstrukce objektu, které mají funkci tepelně technickou, plnily svůj účel na vysoké úrovni a dosahovali dostatečných úsporných hodnot.

---

<sup>4</sup> Bašta J. Otopné plochy – úvod do problematiky [online]. ČVUT Praha: Ústav techniky prostředí, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>

Dále se využívají trubková neboli žebříková tělesa, která plní účel vytápění místnosti a také odkládací plochy např. pro ručníky. Využití najdeme zejména v koupelnách.

## **5.4 Zdroje tepla**

V současné době jsou nejvíce používanými zdroji tepelné energie pro vytápění budov fosilní paliva. Mezi ně se řadí hlavně použití zemního plynu a uhlí. Zemní plyn má v České republice rozsáhlou distribuční síť. Hlavní rozvod této sítě spojuje velká města napříč celou republikou. Tato trasa vede od Ústí nad Labem, přes Prahu, Brno až po Ostravu.

Dále se také používá na vytápění budov a ohřev teplé užitkové vody elektrina, ale z ekonomického hlediska je to v dnešní době spíše nevýhodná varianta.

Čím dál více se zejména u rodinných domů přiklání investoři k variantě alternativních zdrojů energie. Jedná se o tepelná čerpadla, které využívají k získání energie obnovitelné zdroje. Tyto zdroje jsou podstatně méně škodlivé k životnímu prostředí než ty, které využívají fosilní paliva.

### Dělení alternativních zdrojů energie:

- sluneční energie – solární panely
- energie prostředí – tepelné čerpadlo
- energie větru – větrné elektrárny
- energie biomasy – biologický a zemědělský odpad, dřevo

Pro rodinné domy se často používají tepelná čerpadla a také spalování biomasy. U tepelného čerpadla je výhoda v minimální potřebě obsluhy uživatele budovy. Také jsou tepelná čerpadla velmi úsporná zařízení, avšak musíme brát vždy v úvahu skutečnost, že pořizovací cena takovýchto zdrojů energie bude většinou vyšší než u například kotle na biomasu. Z hlediska pořizovací ceny a ceny následného provozu zařízení je na pečlivém uvážení investora, jakou variantu si vybere. Pro mou bakalářskou práci jsem si vybral variantu tepelného čerpadla.

### 5.4.1 Plynové kotle

Plynové kotle využívají k ohřevu vody spalování zemního plynu.

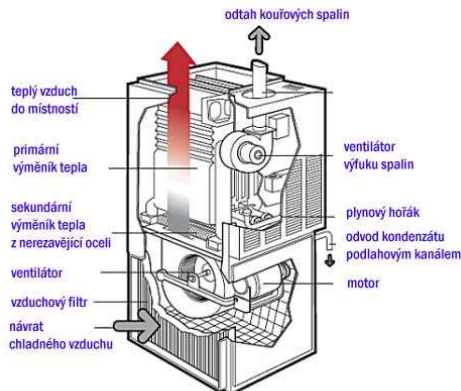
Tyto kotle rozdělujeme na:

- klasické plynové
- plynové kondenzační

V klasických plynových kotlech dochází k získávání spalného tepla pomocí hoření použitého plynu. Naopak kondenzační kotle mají dvojitý způsob získávání tepla. Jednak pomocí hoření a také díky vzniku vody při spalování plynu. Tato voda se zahřívá a mění svoje skupenství na vodní páru. Tato vodní pára společně se spalinami je vyváděna z kotle do exteriéru. Během odvodu se tyto plyny ochlazují v kondenzátoru a dochází během změny skupenství k uvolnění tepelné energie, která je zpětně použita díky výměníku k ohřívání otopné vody.

Obrázek 5 – Plynový kondenzační kotel

#### **Popis kondenzačního plynového kotle**

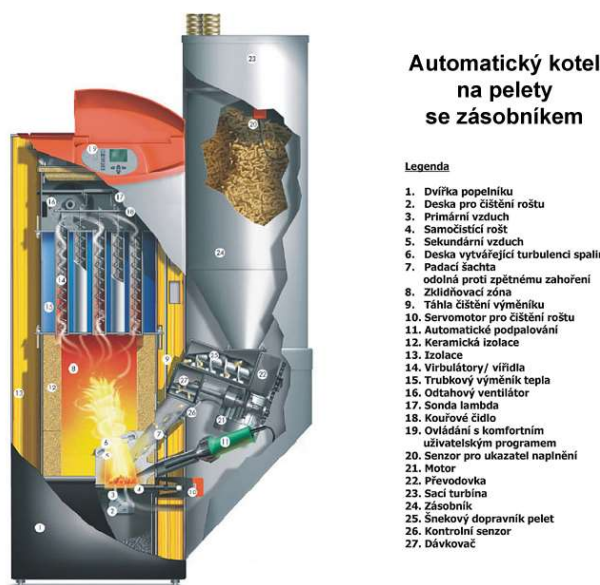


### 5.4.2 Kotle na biomasu

Při dnešním neustálém zvyšování a snižování cen paliv je vhodné mít kotel, ve kterém můžeme spalovat více než jeden materiál. Tyto zdroje se často využívají pro kombinaci topení pomocí dřeva a například dřevěných pelet. Z této varianty vyplývají nevýhody hlavně z hlediska úložných prostorů a nutné obsluhy zařízení. Pro využití dřeva jako spalovaného materiálu, na něj musíme mít místo, ideálně v blízkosti kotle.

U topení pomocí dřevěných pelet je tento problém obdobný, avšak navíc potřebujeme místo na zásobník, který se umístí vedle kotle a pomocí elektrického dopravníku se do něho přivádějí pelety. Tento systém má tu výhodu, že si sám dokáže regulovat přísun spalovaného materiálu a na rozdíl od spalování dřeva snižuje spotřebu. Navíc se zásobníkem snižuje potřeba obsluhy kotle.

Obrázek 6 – Kotel na biomasu

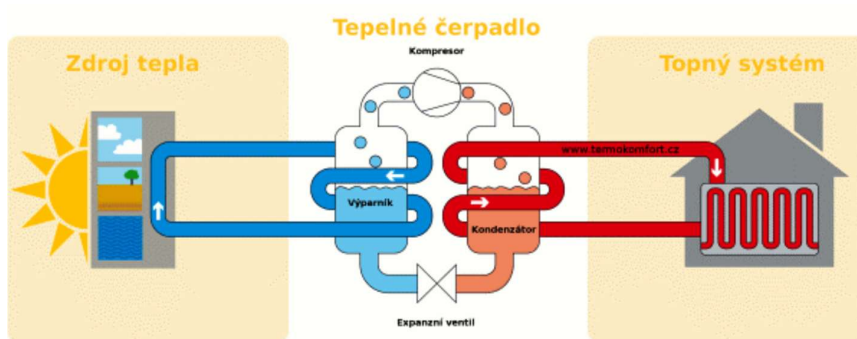


### 5.4.3 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z okolního prostředí (země, voda vzduch), převádí ho na vyšší teplotní hladinu a uvolněné teplo využívá pro vytápění a ohřev teplé vody. Obsahuje čtyři základní části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně nasávy kompresorem, kde jsou stlačeny vysokým tlakem a tím se ohřejí. Stlačené zahřáté chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody a změní se z plynného skupenství na kapalinu. Z kondenzátoru přechází chladivo přes expanzní ventil, kde se prudce ochladí, zpět do výparníku a celý proces se opakuje.



Obrázek 7 – Princip tepelného čerpadla<sup>5</sup>



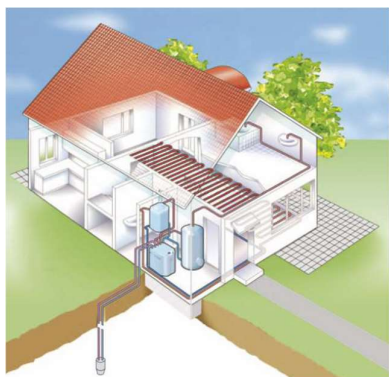
#### Rozdělení tepelných čerpadel:

- země/voda
- vzduch/voda
- voda/voda
- vzduch/vzduch

#### Typ země/voda

Tato varianta tepelného čerpadla absorbuje tepelnou energii z podloží a následně jí předává teplonosné látce – vodě. Pro absorpci energie se používá zemní kolektor nebo geotermální vrt. Výběr z těchto dvou variant závisí především na velikosti pozemku, na kterém se budova nachází. Kolektor potřebuje větší plochu pro instalaci oproti vrtu. Vzhledem k tomu, že tento typ čerpadla bere energii z podloží, není jeho chod a účinnost závislý na venkovních klimatických podmínkách.

Obrázek 9 – Tepelné čerpadlo - vrt



Obrázek 8 – Tepelné čerpadlo - kolektor



<sup>5</sup> Princip tepelného čerpadla [online] dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/princip-tepelneho-čerpadla.html>

### Typ vzduch/voda

Její princip spočívá v získávání energie z venkovního vzduchu a předání této energie vodě. Varianta čerpadla vzduch – voda je oproti předchozí variantě ekonomicky výhodnější. Další výhody tohoto systému je jeho snadná instalace a široká škála použití. Za nevýhodu se považuje snížení funkce čerpadla při nízkých venkovních teplotách, jelikož je tento systém na teplotě velice závislý.

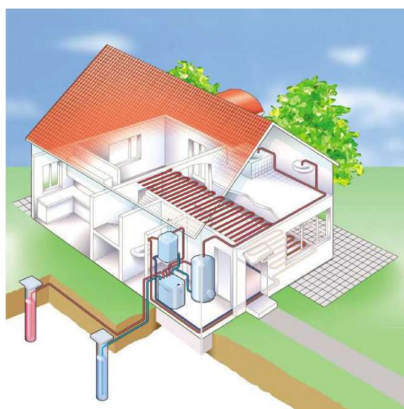
Obrázek 10 – Tepelné čerpadlo – vzduch/voda



### Typ voda/voda

Tepelná energie se v tomto případě získává z podzemní nebo povrchové vody. Při použití varianty získávání tepelné energie z podzemní vody získáme nejstabilnější variantu tepelného čerpadla, jelikož voda v podloží má konstantní teplotu okolo 10 °C. Nevýhodou je škála využití z hlediska malého počtu vhodných míst, kde jde toto zařízení aplikovat. Jeho chod je totiž závislý na prameni spodní vody.

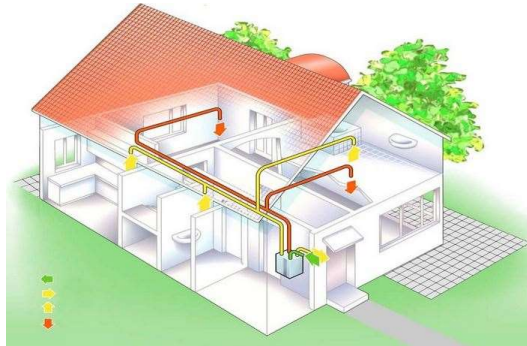
Obrázek 11 – Tepelné čerpadlo – voda/voda



## Typ vzduch/vzduch

Princip tohoto typu čerpadla je stejný jako u čerpadla typu vzduch – voda, jen s tím rozdílem, že teplonosná látka je v tomto případě vzduch, kterým se vytápí v daném objektu.

Obrázek 12 – Tepelné čerpadlo – vzduch/vzduch



## 6. VÝPOČTOVÁ ČÁST

Místnost bazénu bude řešena jako teplovzdušně vytápěná a větrána pomocí vzduchotechnické jednotky. V útlumovém stavu bazénu bude prostor vytápěn pomocí podlahového topení.

Větrání obytné části rodinného domu bude řešeno pomocí přirozeného větrání s výjimkou záchodů, koupelen a kuchyní. Zde budou navrženy ventilátory a digestoře s dostatečným odtahem odpovídajícím požadavkům normy.

Zdroj tepla bude zajišťovat plynový kotel, který bude pokrývat tepelnou ztrátu objektu, potřebu ohřevu teplé užitkové vody a ohřev vzduchu pro místnost s bazénem.

### **Postup pro výpočet tepelných ztrát Dle ČSN EN 12831:**

#### Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru $\Phi_i$ :

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \text{ [W]}$$

$\Phi_{T,i}$  návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

$\Phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

#### Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ :

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{T,ie}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K]

$H_{T,ig}$  součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [W/K]

$H_{T,ij}$  součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$ :

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \text{ [W]}$$

$H_{V,i}$  součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

$$H_{V,i} = V_i * \rho * c_p$$

$V_i$  = objemový průtok větracího vzduchu ve vytápěném prostoru [m<sup>3</sup>/s]

$\rho$  = hustota vzduchu při teplotě  $\Theta_{int,i}$  [kg/m<sup>3</sup>]

$c_p$  = měrná tepelná kapacita vzduchu při předpokladu konstantního  $\rho$  a  $c_p$  lze vztah

zjednodušit na  $H_{V,i} = 0,34 * V_i$

kde  $V_i$  je nyní vyjádřeno v [m<sup>3</sup>/h]

$\Theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

Objemový průtok větracího vzduchu:

Pro obytné místnosti se volí hygienicky minimální objemový průtok vzduchu

$$V_{min,i} = n_{min} * V_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$n_{min}$  = minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu = 0,5 h<sup>-1</sup>

$V_i$  = objem vytápěné místnosti, vypočtený z vnitřních rozměrů [m<sup>3</sup>]

Pro koupelny, WC a kuchyně budu počítat s doporučenými výměnami vzduchu při nárazovém větrání:

Koupelna 90 m<sup>3</sup>/h

WC 50 m<sup>3</sup>/h

Kuchyň 150 m<sup>3</sup>/h

Značení:

Norma ČSN EN 12 831:

Dřívější značení:

Jednotky:

Teplota

$\Theta$

T, t

°C, K

Tepelná ztráta, výkon

$\Phi$

Q

W

## 6.1 Potřeba tepla pro ohřev TUV

Výpočet se řídí normou ČSN 06 0320.

TUV pro mytí osob:

$$V_o = n_i * \Sigma V_d$$

$$V_o = 6 * (0,002 + 0,08)$$

$$V_o = 0,492 \text{ m}^3$$

TUV pro mytí nádobí:

$$V_j = n_j * \Sigma V_d$$

$$V_j = 6 * 0,002$$

$$V_j = 0,012 \text{ m}^3$$

TUV pro úklid objektu:

$$V_u = n_u * \Sigma V_d$$

$$V_u = 3,14 * 0,02$$

$$V_u = 0,0628 \text{ m}^3$$

$n_i$  ..... počet osob

$n_j$  .....počet jídel

$n_u$  ..... podlahová plocha / 100

$V_d$  ..... objem dávky

Tabulka 1 – Potřeba TUV

Potřeba TUV o teplotě $t_3 = 55^\circ \text{C}$ <sup>1)</sup>					Tab. č2
Činnost	Doba dodávky $t_d$		Objem dávky $V_d$		Teplo v dávce $E_2$ kWh
	sec	hod	dm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
Mytí osob Umyvadlo $U_o = 0,14$ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	50	0,014	2	0,002	0,10
mytí rukou					
mytí těla	260	0,071	10	0,010	0,52
Sprcha $U_o = 0,23 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	400	0,110	25	0,025	1,32
Vana $U_o = 0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	300	0,085	40	0,040	2,10
(délka vany 1600 mm)	610	0,170	80	0,080	4,20
Mytí nádobí Pouze výdej jídel	$U_o = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ $t_4 = 55 \text{ až } 80^\circ \text{C}$ na jedno jídlo		1	0,001	0,05
Vaření + výdej			2	0,002	0,10
Mytí podlahy + úklid	$U_o = 0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ $t_4 = 55^\circ \text{C}$ na 100 m <sup>2</sup>		20	0,020	1,05
<sup>1)</sup> Objem teplé vody o teplotě $40^\circ \text{C}$ připravený smíšením se studenou vodou je 1,5 násobný					

### Denní potřeba TUV:

$$V_{2p} = V_o + V_j + V_u$$

$$V_{2p} = 0,492 + 0,012 + 0,0628$$

$$\underline{V_{2p} = 0,5668 \text{ m}^3/\text{den}}$$

### Denní potřeba tepla pro ohřev TV [Wh/rok]

$$E_{2t} = (\rho * c * V_{2p} * (t_2 - t_1)) / 3600$$

$\rho$  ..... měrná hmotnost vody [ $\sim 1000 \text{ kg/m}^3$ ]

$c$  ..... měrná tepelná kapacita vody [ $4,182 \text{ kJ/kgK}$ ]

$t_2$  ..... teplota ohřáté vody [ $\sim 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ]

$t_1$  ..... teplota studené vody [ $\sim 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ]

$$E_{2t} = (1000 * 4,182 * 0,5668 * (55 - 10)) / 3600$$

$$E_{2t} = 29,63 \text{ kWh}$$

$$Q_{TV,d} = E_{2t} + E_{2z}$$

$$E_{2z} = z * E_{2t} \quad z = 0,3 \text{ ..... koeficient energetických ztrát systému}$$

$$Q_{TV,d} = 29,63 + 0,3 * 29,63$$

$$\underline{Q_{TV,d} = 38,52 \text{ kWh}}$$

### Hodinová potřeba tepla pro ohřev TV [kW]

$$Q_{TV,h} = Q_{TV,d} / 24$$

$$Q_{TV,h} = 38,52 / 24$$

$$\underline{Q_{TV,h} = 1,61 \text{ kW}}$$

### Potřebný výkon kotle pro ohřev TUV

$$Q_{TV,h} = Q_{TV,d} / 8$$

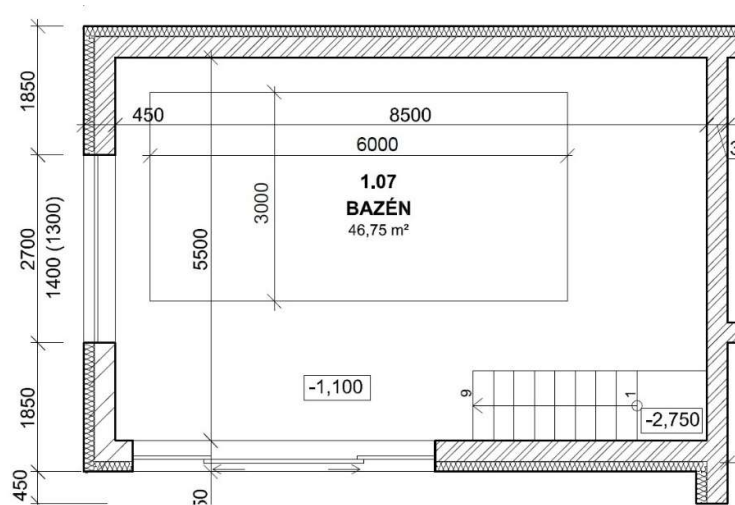
$$Q_{TV,h} = 38,52 / 8$$

$$\underline{Q_{TV,h} = 4,82 \text{ kW}}$$

## 6.2 Bazén

### 6.2.1 Vstupní hodnoty

Obrázek 13 – Schéma bazénu



Teplota vzduchu:	$t_i = 30^\circ\text{C}$
Teplota vody:	$t_w = 28^\circ\text{C}$
Relativní vlhkost vzduchu:	$r_h = 60\%$
Plocha vodní hladiny:	$S = 6 * 3 = 18 \text{ m}^2$
Konstrukční výška místnosti:	$k.v. = 3,3 \text{ m}$
Objem místnosti:	$V_m = 8,5 * 5,5 * 3,3 = 154,27 \text{ m}^3$

Pro zadanou místnost s bazénem navrhnu teplovzdušné vytápění a větrání. Ohřev vzduchu zajistí vzduchotechnická jednotka s rekuperací pomocí rozvodu teplé vody z plynového kotle. Při provozním režimu bude navržené přírodní potrubí přivádět ohřátý vzduch do místnosti a odvodní potrubí bude odvádět vlhkost do exteriéru. Teplota vzduchu je zde uvažována  $t_i = 30^\circ\text{C}$ . Během útlumového režimu, kdy není bazén využíván, bude vytápění zajišťovat podlahové topení. Zde uvažujeme teplotu vnitřního vzduchu  $t_i = 24^\circ\text{C}$ .



Při návrhu vzduchotechnické jednotky budeme uvažovat výkonovou rezervu v rozmezí 10 až 15% z toho důvodu, že při spuštění jednotky chceme dosáhnout provozní teploty co nejdříve a proto musíme uvažovat vyšší náběhový výkon jednotky.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Projekční podklad firmy Atrea – Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla, [online], dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-vetrani-a-teplovzdusne-vytopeni-rodinnych-domu-a-bytu>



## 2. Výparné teplo odpařené vodní páry z hladiny $Q_{\text{výp}}^7$

$$Q_{\text{výp}} = M_w * l$$

$M_w$ .....množství přenášené vodní páry  $M_w = \sum X * S$

$X_{30} = 180 \text{ g/m}^2/\text{h} = 0,18 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ .....odpařená vlhkost z vodní hladiny při provozu

$X_{24} = 8 \text{ g/m}^2/\text{h} = 0,008 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ .....odpařená vlhkost z vodní hladiny v klidu (zakrytá vodní hladina)<sup>8</sup>

$$M_{w,30} = 0,18 * 6 * 3 = 3,24 \text{ kg/h}$$

$$M_{w,24} = 0,008 * 6 * 3 = 0,144 \text{ kg/h}$$

$l$ .....výparné teplo vody.... $l = 2510 \text{ kJ/kg}$

Provozní režim:  $Q_{\text{výp},30} = 3,24 * 2510$

$$Q_{\text{výp},30} = 8132,4 \text{ kJ/h} /: 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{\text{výp},30} = 2,259 \text{ kW}}}$$

Útlumový režim:  $Q_{\text{výp},24} = 0,144 * 2510$

$$Q_{\text{výp},24} = 361,44 \text{ kJ/h} /: 3600$$

$$\underline{\underline{Q_{\text{výp},24} = 0,100 \text{ kW}}}$$

## 3. Tepelná ztráta vlivem rozdílu teplot mezi vzduchem a hladinou $Q_{\text{hladina}}^9$

$$Q_{\text{hladina}} = \alpha * S * (t_i - t_w)$$

$\alpha$  .....součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a vzduchem

$$\alpha = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$S$ .....plocha vodní hladiny

$t_i$ .....teplota vzduchu

$t_w$ .....teplota vody

$$Q_{\text{hladina}} = 10 * 18 * (30 - 28)$$

$$\underline{\underline{Q_{\text{hladina}} = 360 \text{ W}}}$$

<sup>7</sup> Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Větrání bazénů, přednášky ESB2, katedra TZB, FSv ČVUT Praha, [online], dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125es2/prednasky/125es2-05.pdf>

<sup>8</sup> Projekční podklad firmy Atrea – Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla, [online], dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-vetrani-a-teplovzduzne-vytopeni-rodinnych-domu-a-bytu>

<sup>9</sup> Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Větrání bazénů, přednášky ESB2, katedra TZB, FSv ČVUT Praha, [online], dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125es2/prednasky/125es2-05.pdf>

Celková tepelná ztráta prostupem:

Provozní režim:  $Q_{p,30} = Q_{pr,30} + Q_{výp,30} + Q_{hladina}$   
 $Q_{p,30} = 2,376 + 2,259 + 0,360$   
 **$Q_{p,30} = 4,995 \text{ kW}$**

Útlumový režim:  $Q_{p,24} = Q_{pr,24} + Q_{výp,24} + Q_{hladina}$   
 $Q_{p,24} = 1,964 + 0,100 + 0,360$   
 **$Q_{p,24} = 2,424 \text{ kW}$**

Tepelná ztráta větráním:

$Q_v = V_{min} * 0,34 * (t_i - t_p)$

$V_{min}$ .....nároky na větrání

$V_{min,1} = (\sum X * S) / (\Delta x * \rho)$

$\Delta x = x_i - x_e = 14 \text{ g/kg} = 0,014 \text{ kg/kg}$

$\Delta x$  .....výpočtový rozdíl měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$V_{min,1} = (18 * 18) / (0,014 * 1,2)$

**$V_{min,1} = 192,9 \text{ m}^3/\text{h}$**

Doporučená minimální výměna vzduchu  $n = 2$  (max. 8 – 12)

$V_{min,2} = V_m * n$

$V_{min,2} = 154,27 * 2$

$V_{min,2} = 309 \text{ m}^3/\text{h}$

$V_{min} = \max \{ V_{min,1}; V_{min,2} \}$

$V_{min} = 309 \text{ m}^3/\text{h}$

$t_p$ .....teplota přiváděného vzduchu po rekuperaci

$t_p = \eta_r * (t_i - t_e) + t_e$

$\eta_r = 0,8$ .....účinnost rekuperace

$t_p = 0,8 * (30 - (-13)) + (-13)$

$t_p = 21,4 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_v = 309 * 0,34 * (30 - 21,4)$$

$$\underline{Q_v = 904 \text{ W}}$$

Celková tepelná ztráta, kterou pokryje teplovzdušné vytápění:

$$Q_c = Q_v + (Q_{p,30} - Q_{p,24}) + 0,15 * Q_{p,30}$$

$$Q_c = 0,904 + (4,995 - 2,424) + 0,15 * 4,995$$

$$\underline{Q_c = 4,224 \text{ kW}}$$

Celková tepelná ztráta, kterou pokryje podlahové vytápění:

$$\underline{Q_c = Q_{p,24} = 2,424 \text{ kW}}$$

Celková tepelná ztráta bazénu:

$$Q_{\text{bazénu}} = 4,224 + 2,424$$

$$\underline{Q_{\text{bazénu}} = 6,648 \text{ kW}}$$

### **6.2.3 Návrh teplovzdušného vytápění bazénu:**

Pro návrh a správný výběr vzduchotechnické jednotky uvažuji jako vstupní podklady požadovaný výkon, který je  $Q_c = 4,224 \text{ kW}$ . Dále je zásadní výběr jednotky, která je určena pro použití v místnostech s bazénem. Vybral jsem si jednotku od firmy Atrea s.r.o.. Jedná se o model Duplex RDH5.

#### **Množství vzduchu pro vytápění**

$$V_{c2} = Q_c / (c_N * (t_{c2} - t_{p.o.}))$$

$c_N$ .....vzduchová kapacitní konstanta =  $0,337 * 10^{-3} \text{ kWh/m}^3\text{K}$

$t_{c2}$ .....teplota vzduchu přiváděného do místnosti

$t_{p.o.}$ .....teplota vzduchu před teplovodním ohřivačem

Z následujících grafů zjistím teplotu vzduchu přiváděného do místnosti  $t_{c2}$ .

Teplota otopné vody bude  $50^\circ\text{C}$ . Teplota vzduchu před teplovodním ohřivačem bude  $30^\circ\text{C}$ .

Teplota vzduchu přiváděného do místnosti  $t_{c2} = 44^\circ\text{C}$ .

$$V_{c2} = 4,224 / (0,337 * 10^{-3} * (44 - 30))$$

$$\underline{V_{c2} = 895 \text{ m}^3/\text{h}}$$

#### **Návrh potrubí:**

Přívodní potrubí:

$$V_{c2} = 895 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = 4 \text{ m/s} = 14\,400 \text{ m/h}$$

$$A = V_{c2} / v = 895 / 14\,400 = 0,0622 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{0,0622} = 0,249 \text{ m}$$

Navrhuji čtvercové nerezové potrubí o délce strany 250 mm ( $A = 0,0625 \text{ m}^2$ ).

Rovnoměrné rozptýlení čerstvého vzduchu do místnosti zajistí 3 výdechy na spodní hraně potrubí.

Plocha výdechu:

$$A_v = A / 3 = 0,0625 / 3 = 0,021 \text{ m}^2$$

Navrhuji 3x obdélníkový průduch o rozměrech 0,25 x 0,10 m v osové vzdálenosti 2 m.

Pro odvodní potrubí platí stejný návrh.

### **6.2.4 Návrh podlahového vytápění**

Výpočet proveden podle pokynů firmy Rehau a dle ČSN EN 1264.

Vstupní parametry výpočtu:

- tepelná ztráta místnosti  $Q_c = 2,424 \text{ kW}$
- teplota vzduchu místnosti  $24 \text{ °C}$
- střední povrchová teplota  $35 \text{ °C}$
- střední teplota otopné vody  $44 \text{ °C}$
- rozteč potrubí  $l = 0,05 \text{ m}$  (VA 10)
- nášlapná vrstva podlahy – keramická dlažba

Tepelný odpor nášlapné vrstvy  $R = 0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Střední přebytková teplota otopné vody  $\theta_{Hmü}$  [K]:

$$\theta_{Hmü} = \theta_{Hm} - \theta_i$$

$$\theta_{Hmü} = 44 - 24$$

$$\theta_{Hmü} = \mathbf{20 \text{ K}}$$

Z diagramu odečtena hodnota  $q_{o,t} = 125 \text{ W/m}^2$ .

Velikost otopné plochy:

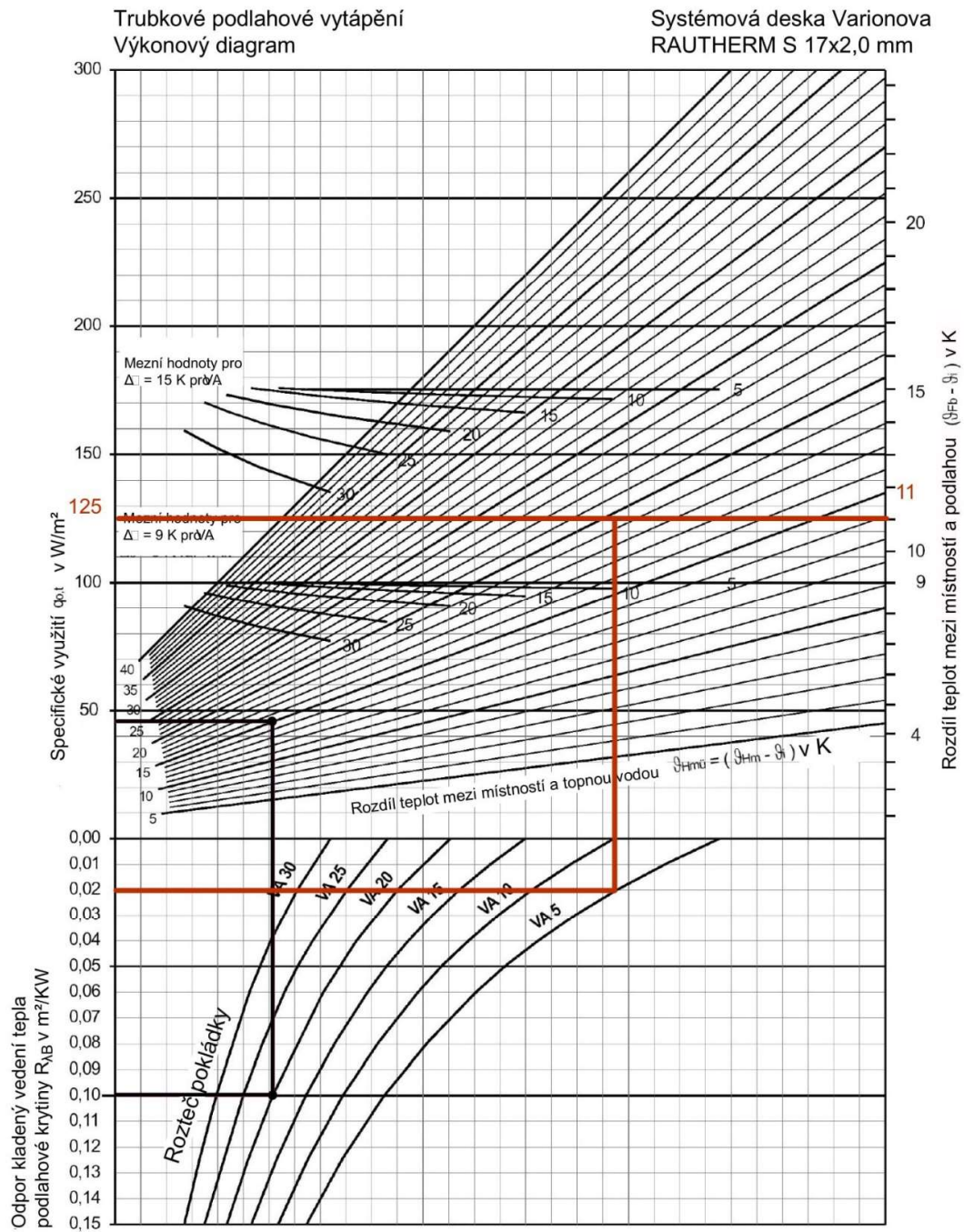
$$S_P = Q_c / q_{o,t}$$

$$S_P = 2424 / 125$$

$$\mathbf{S_P = 19,4 \text{ m}^2}$$

## Diagram podlahového topení:

Obrázek 14 – Diagram podlahového vytápění



- přebytková teplota podlahy  $\Delta\theta = 11 \text{ }^\circ\text{C}$
- teplota podlahy  $\leq 35 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $24 + 11 \leq 35 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $35 \leq 35 \text{ }^\circ\text{C} \dots \text{vyhovuje}$





Tabulka 6 – Tepelná ztráta místnosti – 0.03

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 0.03 - Chodba

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přirážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel tepelní redukce $b = (Θ_i - Θ_o) / (Θ_i - Θ_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (Θ_i - Θ_e)$	Světlná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_v = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_v = H_v \cdot (Θ_i - Θ_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_v$														
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																															
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																															
	A	U	ΔU	Θ <sub>i</sub>	Θ <sub>e</sub>	(Θ <sub>i</sub> - Θ <sub>e</sub> )																		Θ <sub>u</sub>	b	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>	v	V <sub>m</sub>	n	c <sub>p</sub>	ρ	H <sub>v</sub>	Φ <sub>v</sub>	Φ		
SN - prád	3,85	2,40	9,24	1	1,60	7,64	1,200	0,050	20	-13	33	15	0,2	1,91	70,5557	2,4	16,6	0,5	0,28	1,29	3,004	0	70,6														
DN - prád	0,80	2,00	1,60		1,60		2,000	0,050				15	0,2	0,66																							
SN - baz	1,80	2,40	4,32	1	1,60	2,72	0,500	0,050				30	-0,3	-0,45																							
DN - baz	0,80	2,00	1,60		1,60		2,000	0,050				30	-0,3	-0,98																							
PDL	1,80	3,85	6,93				0,240	0,050				5	0,5	1,00																							
$\Sigma H_T =$													2,14																								

Tabulka 7 – Tepelná ztráta místnosti – 0.04

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 0.04 - Prádelna

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přirážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel tepelní redukce $b = (Θ_i - Θ_o) / (Θ_i - Θ_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (Θ_i - Θ_e)$	Světlná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_v = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_v = H_v \cdot (Θ_i - Θ_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_v$													
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																														
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																														
	A	U	ΔU	Θ <sub>i</sub>	Θ <sub>e</sub>	(Θ <sub>i</sub> - Θ <sub>e</sub> )																		Θ <sub>u</sub>	b	H <sub>T</sub>	Φ <sub>T</sub>	v	V <sub>m</sub>	n	c <sub>p</sub>	ρ	H <sub>v</sub>	Φ <sub>v</sub>	Φ	
SN - chod	3,85	2,40	9,24	1	1,60	7,64	1,200	0,050	15	-13	28	20	-0,2	-1,91	14,8115	2,4	32,8	0,5	0,28	1,29	5,924	165,9	180,7													
DN - chod	0,80	2,00	1,60		1,60		2,000	0,050				20	-0,2	-0,66																						
SN - chod	3,55	2,40	8,52				0,500	0,050				20	-0,2	-0,94																						
SO - zem	7,40	1,50	11,10				0,200	0,050				5	0,5	1,39																						
SO - vzd	7,40	0,90	6,66	2	0,80	5,86	0,200	0,050				-13	1,0	1,47																						
OD01	0,80	0,50	0,40		0,80		1,100	0,050				-13	1,0	0,92																						
PDL	3,55	3,85	13,67				0,240	0,050				5	0,5	1,98																						
Strop	3,55	3,85	13,67				0,580	0,050				20	-0,2	-1,72																						
$\Sigma H_T =$													0,53																							





Tabulka 12 – Tepelná ztráta místnosti – 1.03

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 1.03 - Ložnice

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírůstek na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (\theta_i - \theta_{je}) / (\theta_i - \theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$	Světla výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_{in} \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\phi = \phi_T + \phi_V$												
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																													
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																													
A	U	W	m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	ΔU	W	m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	°C	°C	°C	°C	-	W K <sup>-1</sup>	W	m	m <sup>3</sup>	h <sup>-1</sup>	kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	W K <sup>-1</sup>	W	W														
SO - vzd	7,95	2,60	20,67	1	2,52	18,15	0,200	0,050	20	-13	33	-13	1,0	4,54	279,294	2,6	55,1	0,5	0,28	1,29	9,943	328,1	607,4												
OD01	1,80	1,40	2,52				1,100	0,050				-13	1,0	2,90																					
SN - baz	1,40	2,60	3,64				0,500	0,050				24	-0,1	-0,20																					
PDL	5,50	3,85	21,18				0,240	0,050				15	0,2	1,23																					
													$\Sigma H_T =$	8,46																					

Tabulka 13 – Tepelná ztráta místnosti – 1.04

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 1.04 - Chodba

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírůstek na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (\theta_i - \theta_{je}) / (\theta_i - \theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e)$	Světla výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_{in} \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\phi = \phi_T + \phi_V$													
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																														
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																														
A	U	W	m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	ΔU	W	m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	°C	°C	°C	°C	-	W K <sup>-1</sup>	W	m	m <sup>3</sup>	h <sup>-1</sup>	kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	W K <sup>-1</sup>	W	W															
SO - vzd	2,65	2,60	6,89	1	1,68	5,21	0,200	0,050	20	-13	33	-13	1,0	1,30	190,996	2,6	37,9	0,5	0,28	1,29	6,844	225,8	416,8													
OD01	1,20	1,40	1,68				1,100	0,050				-13	1,0	1,93																						
SO - vzd	1,40	2,60	3,64	1	2,00	1,64	0,200	0,050				-13	1,0	0,41																						
DO01	1,00	2,00	2,00				1,500	0,050				-13	1,0	3,10																						
SN - koup	2,55	2,60	6,63	1	1,60	5,03	1,200	0,050				24	-0,1	-0,63																						
DN - koup	0,80	2,00	1,60				2,000	0,050				24	-0,1	-0,33																						
													$\Sigma H_T =$	5,79																						

Tabulka 14 – Tepelná ztráta místnosti – 1.05

**Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831**

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 1.05 - Koupelna

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce					Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_v = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot Q$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_v = H_v \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_v$			
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů																				
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>																				
SO - vzd	2,55	2,60	6,63	1	1,68	4,95	0,200	0,050			-13	1,0	1,24												
OD01	1,20	1,40	1,68				1,100	0,050			-13	1,0	1,93												
SN - wc	2,65	2,60	6,89				1,200	0,050			20	0,1	0,86												
SN - kuch	2,65	2,60	6,89				0,500	0,050			20	0,1	0,38												
SN - chod	2,55	2,60	6,63	1	1,60	5,03	1,200	0,050			20	0,1	0,63												
DN - chod	0,80	2,00	1,60				2,000	0,050			20	0,1	0,33												
PDL	2,65	2,55	6,76				0,580	0,050	24	-13	37	15	0,3	1,28				0,28	1,29		31,73	126,9	388,5		
Strop	2,65	2,55	6,76				0,580	0,050				20	0,1	0,43											
													261,566	2,6	17,6	5									
															$\Sigma H_T =$	7,07									

Tabulka 15 – Tepelná ztráta místnosti – 1.06

**Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831**

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 1.06 - WC

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce					Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_v = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot Q$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_v = H_v \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_v$			
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů																				
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>																				
SO - vzd	3,65	2,60	9,49			0,200	0,050				-13	1,0	2,37												
SN - koup	2,65	2,60	6,89			1,200	0,050				24	-0,1	-0,86												
PDL	2,65	1,00	2,65			0,580	0,050				15	0,2	0,33												
													60,89	2,6	6,89	7									
															$\Sigma H_T =$	1,85									

Tepelná ztráta 1. NP

- větráním  $Q_v = 2621 \text{ W}$

- prostupem  $Q_p = 1160 \text{ W}$

$Q_{c,1.NP} = \Sigma Q = \underline{\underline{3,781 \text{ kW}}}$

Tabulka 16 – Tepelná ztráta místnosti – 2.01

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 2.01 - Obývací pokoj

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přirážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (O_i - O_e) / (O_i - O_o)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A_i \cdot (U_i + \Delta U_i) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_T = H_T \cdot (O_i - O_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_V = H_V \cdot (O_i - O_e)$	Celková tepelná ztráta $\phi = \phi_T + \phi_V$
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																	
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																	
		U	$\Delta U$	$O_i$	$O_e$	$(O_i - O_e)$	$O_o$	b	$H_T$	$\phi_T$	v	$V_m$	n	$c_p$	$\rho$	$H_V$	$\phi_V$	$\phi$					
		m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	°C	°C	°C	°C	-	W K <sup>-1</sup>	W	m	m <sup>3</sup>	h <sup>-1</sup>	kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	W K <sup>-1</sup>	W	W					
SO - vzd	6,10	2,65	16,17	2	3,80	12,37	0,200	0,050	20	-13	33	-13	1,0	3,09	468,625	2,65	55	0,5	0,28	1,29	9,926	327,6	796,2
OD01	1,20	1,40	1,68				1,100	0,050				-13	1,0	1,93									
DO01	0,90	2,35	2,12				1,100	0,050				-13	1,0	2,43									
Střecha	6,60	4,00	26,40				0,160	0,050				-13	1,0	5,54									
SO - vzd	4,00	1,20	4,80				0,200	0,050				-13	1,0	1,20									
										$\Sigma H_T =$	14,20												

Tabulka 17 – Tepelná ztráta místnosti – 2.02

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 2.02 - Dětský pokoj

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přirážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel teplotní redukce $b = (O_i - O_e) / (O_i - O_o)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A_i \cdot (U_i + \Delta U_i) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\phi_T = H_T \cdot (O_i - O_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\phi_V = H_V \cdot (O_i - O_e)$	Celková tepelná ztráta $\phi = \phi_T + \phi_V$
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																	
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																	
		U	$\Delta U$	$O_i$	$O_e$	$(O_i - O_e)$	$O_o$	b	$H_T$	$\phi_T$	v	$V_m$	n	$c_p$	$\rho$	$H_V$	$\phi_V$	$\phi$					
		m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	°C	°C	°C	°C	-	W K <sup>-1</sup>	W	m	m <sup>3</sup>	h <sup>-1</sup>	kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	W K <sup>-1</sup>	W	W					
Střecha	5,45	3,00	16,35	2	1,68	14,67	0,160	0,050	20	-13	33	-13	1,0	3,08	302,843	2,65	26,8	0,5	0,28	1,29	4,832	159,4	462,3
OD01	0,70	1,20	0,84				1,600	0,050				-13	1,0	1,39									
OD02	0,70	1,20	0,84				1,600	0,050				-13	1,0	1,39									
SO - vzd	2,55	2,65	6,76				0,200	0,050				-13	1,0	1,69									
SO - vzd	5,45	1,20	6,54				0,200	0,050				-13	1,0	1,64									
										$\Sigma H_T =$	9,18												

Tabulka 18 – Tepelná ztráta místnosti – 2.03

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 2.03 - Ložnice

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel tepelní redukce $b = (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_V = H_V \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_V$														
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																															
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																															
						A	U	$\Delta U$	$\Theta_i$	$\Theta_e$	$(\Theta_i - \Theta_e)$	$\Theta_e$	b	$H_T$	$\Phi_T$	v	$V_m$	n	$c_p$	$\rho$	$H_V$	$\Phi_V$	$\Phi$														
SO - vzd	3,40	2,65	9,01	1	1,68	7,33	0,200	0,050	20	-13	33		-13	1,0	1,83	274,709	2,65	26,2	0,5	0,28	1,29	4,728	156	430,7													
OD01	1,20	1,40	1,68				1,100	0,050					-13	1,0	1,93																						
Střecha	4,00	4,00	16,00				0,160	0,050					-13	1,0	3,36																						
SO - vzd	4,00	1,20	4,80				0,200	0,050					-13	1,0	1,20																						
$\Sigma H_T =$													8,32																								

Tabulka 19 – Tepelná ztráta místnosti – 2.04

### Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 2.04 - Chodba

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přírážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl	Teplota přilehlého prostoru	Činitel tepelní redukce $b = (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_V = H_V \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_V$	
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																		
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>																		
						A	U	$\Delta U$	$\Theta_i$	$\Theta_e$	$(\Theta_i - \Theta_e)$	$\Theta_e$	b	$H_T$	$\Phi_T$	v	$V_m$	n	$c_p$	$\rho$	$H_V$	$\Phi_V$	$\Phi$	
SO - vzd	2,65	1,20	3,18				0,200	0,050	20	-13	33		-13	1,0	0,80	174,649	2,65	34,2	0,5	0,28	1,29	6,17	203,6	378,3
Střecha	7,40	2,70	19,98	1	0,84	19,14	0,160	0,050					-13	1,0	4,02									
OD01	0,70	1,20	0,84				1,100	0,050					-13	1,0	0,97									
SN - koup	2,40	1,20	2,88	1	1,60	1,28	1,200	0,050					24	-0,1	-0,16									
DN - koup	0,80	2,00	1,60				2,000	0,050					24	-0,1	-0,33									
$\Sigma H_T =$													5,29											





Tabulka 22 – Tepelná ztráta místnosti – 2.07

**Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831**

NÁZEV A ČÍSLO MÍSTNOSTI: 2.07 - Koupelna

Vypracoval/a: Tomáš Tuháček

Označení konstrukce	Plocha konstrukce						Součinitel prostupu tepla (požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2)	Přirážka na tepelné mosty	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Teplotní rozdíl ( $\Theta_i - \Theta_e$ )	Teplota přilehlého prostoru	Činitel tepelní redukce $b = (\Theta_i - \Theta_e) / (\Theta_i - \Theta_e)$	Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = A_i \cdot (U + \Delta U) \cdot b$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Světelná výška místnosti	Objem vzduchu v místnosti	Požadovaná výměna vzduchu	Měrná tepelná kapacita vzduchu	Hustota vzduchu	Součinitel tepelné ztráty větráním $H_V = V_m \cdot n \cdot c_p \cdot \rho$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_V = H_V \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	Celková tepelná ztráta $\Phi = \Phi_T + \Phi_V$				
	délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																		A	U	$\Delta U$	$\Theta_i$
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	W m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup>	°C	°C	°C	°C	-	W K <sup>-1</sup>	W	m	m <sup>3</sup>	h <sup>-1</sup>	Wh kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	W K <sup>-1</sup>	W	W				
SO - vzd	2,40	2,65	6,36				0,200	0,050	20	-13	33		-13	1,0	0,00	277,743	2,65	12,6	8	0,28	1,29	36,53	146,1	423,8			
SO - vzd	2,65	1,20	3,18				0,200	0,050																	-13	1,0	0,80
Střecha	2,90	2,65	7,69				0,160	0,050																	-13	1,0	1,61
PDL	2,65	2,40	6,36				0,580	0,050																	-13	1,0	4,01
SN - wc	2,65	2,65	7,02				1,200	0,050																	20	0,1	0,88
SN - cho	2,40	2,65	6,36	1	1,60	4,76	1,200	0,050																	20	0,1	0,80
DN - cho	0,80	2,00	1,60				2,000	0,050																	20	0,1	0,33
														$\Sigma H_T =$	8,42												

Tepelná ztráta 2. NP

- větráním  $Q_v = 2726$  W
- prostupem  $Q_p = 1678$  W

$$Q_{c,2.NP} = \Sigma Q$$

**$Q_{c,2.NP} = 4,404$  kW**

Celková tepelná ztráta objektu:

$$Q_c = \Sigma Q_c + Q_{TV,h} + Q_{bazénu}$$

$$Q_c = 1,795 + 3,781 + 4,404 + 4,82 + 6,648$$

**$Q_c = 21,448$  kW**

### **Roční potřeba tepla:**

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} + Q_{VZT,r} + Q_{TECH,r} [\text{Wh/rok}]$$

$$Q_{VZT,r} + Q_{TECH,r} = 0$$

### **Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/rok]**

$$Q_{VYT,r} = (24 * Q_c * \varepsilon * D) / (t_{is} - t_e)$$

$$Q_c = 21,448 \text{ kW} \dots \dots \dots \text{tepelná ztráta objektu}$$

$$\varepsilon = (e_i * e_t * e_d) / (\eta_o * \eta_r) \dots \dots \dots \text{opravný součinitel}$$

$$\varepsilon = (0,9 * 0,9 * 1) / (0,95 * 1)$$

$$\varepsilon = 0,85$$

$$D = (t_{is} - t_{es}) * d \dots \dots \dots \text{počet denostupňů}$$

$$t_{is} \text{ průměrná výpočtová vnitřní teplota v budově } [^\circ\text{C}] = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{es} \text{ průměrná venkovní teplota v otopném období } [^\circ\text{C}] = 3,8 \text{ } ^\circ\text{C (Nymburk)}$$

$$d \text{ počet dnu otopného období v roce} = 217 \text{ (Nymburk)}$$

$$D = (20 - 3,8) * 217$$

$$D = 3515 \text{ K den}$$

$$Q_{VYT,r} = (24 * 21,448 * 0,85 * 3515) / (20 + 13)$$

$$\underline{Q_{VYT,r} = 46\ 605 \text{ kWh/rok}}$$

### **Roční potřeba tepla na ohřev TV [kWh/rok]**

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} * d + 0,8 * Q_{TV,d} * ((55 - t_{sv,l}) / (55 - t_{sv,z})) * (350 - d)$$

$$Q_{TV,d} = 38,52 \text{ kWh} \dots \dots \dots \text{denní potřeba tepla na ohřev TV}$$

$$t_{sv,l} = +15 \text{ } ^\circ\text{C} \dots \dots \dots \text{teplota studené vody v létě}$$

$$t_{sv,z} = +5 \text{ až } +10 \text{ } ^\circ\text{C} \dots \dots \dots \text{teplota studené vody v zimě}$$

$$Q_{TV,r} = 38,52 * 217 + 0,8 * 38,52 * ((55 - 15) / (55 - 10)) * (350 - 217)$$

$$\underline{Q_{TV,r} = 12\ 002 \text{ kWh/rok}}$$

### **Celková roční potřeba tepla [kWh/rok]**

$$Q_r = 46\,605 + 12\,002$$

$$\underline{Q_r = 58\,607 \text{ kWh/rok}}$$

### **Spotřeba a cena zemního plynu [m<sup>3</sup>/rok ; Kč/rok]**

- spalné teplo zemního plynu je cca 10,5 kWh / m<sup>3</sup>
- spotřeba tepla za rok je 58 607 kWh / rok

$$\text{Množství plynu za rok} = \text{spotřeba tepla} * \text{spalné teplo} = 58\,607 / 10,5 = \underline{5\,582 \text{ m}^3 / \text{rok}}$$

$$\text{Přibližná cena za provoz při ceně 10 Kč za m}^3 \text{ je } (5582 * 10) \quad \underline{55\,820,- \text{ Kč.}}$$

### **6.3.2 Návrh kotle a nádoby na TUV**

Tepelná ztráta objektu  $Q_c = 21,448 \text{ kW}$

Pro pokrytí tepelných ztrát navrhnu plynový kotel s takovým výkonem, který pokryje tepelnou ztrátu objektu a zároveň budu uvažovat cca 5 – 10% rezervu.

Volím plynový kondenzační kotel značky Junker, model Cerapur Copmact. Rozsah výkonu kotle je 3,0 – 25,2 kW, což dostatečně pokrývá tepelnou ztrátu objektu i s rezervou.

#### Návrh nádoby na TUV

$$V_{2p} = n \cdot 0,082 \cdot s$$

$$V_{2p} = 6 \cdot 0,082 \cdot 0,35$$

$$V_{2p} = 0,18 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{zás}} = \text{cca } 1/8 \cdot V_{2p} \text{ až } V_{2p} = 1/8 \cdot 180 \text{ až } 180 = 22,5 \text{ až } 180 \text{ litrů}$$

... návrh 95 l zásobník

Navrhuji zásobník na teplou užitkovou vodu značky Dražice, typ OKC 100 NTR/Z s objemem 95 litrů.

### **6.3.3 Návrh teplovodních otopných těles**

Jako výchozí pokyny pro vhodný návrh otopných těles v objektu mi byly následující zásady:

- šířka otopného tělesa by neměla převyšovat šířku okna, pod kterým je situováno
- zároveň ani výška tělesa s připočtením odsazení od podlahy by neměla převyšovat výšku parapetu
- výkon radiátoru musí být stejný nebo větší než je tepelná ztráta místnosti

V objektu jsem použil otopná tělesa od firmy Korado. Byly to modely Radik Klasik, přesněji typy 10 – 33, rozsah šířek 600 – 1800 mm a rozsah výšek těles 300 – 700 mm. Dále jsem použil v koupelnách žebříková tělesa Koralux Linear Comfort, také od značky Korado. Jejich rozměry jsou 750 mm na šířku a 1500 mm na délku.

V místnosti s bazénem bylo použito podlahové vytápění od firmy Rehau, typ VA 5. Celková plocha podlahového vytápění je 19,40 m<sup>2</sup> s výkonem pokrývajícím ztrátu místnosti 2,424 kW.

### **6.3.4 Návrh odvětrání WC, koupelny a kuchyně**

Jelikož se nesmí odvětrávat zároveň prostor kuchyně a hygienický prostor do jedné stoupačky, navrhl jsem větrání kuchyní v obou patrech pomocí digestoří, které jsou vyvedeny potrubím na fasádu. Zároveň jsem svedl potrubí z WC a koupelny vždy do jedné stoupačky, která je vyvedena na střechu.

#### Potrubí za digestoří v kuchyních:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| - množství odsávaného vzduchu | $V = 150 \text{ m}^3/\text{h} = 0,042 \text{ m}^3/\text{s}$  |
| - rychlost vzduchu v potrubí  | $v = 4 \text{ m/s}$  |
| - požadovaná plocha potrubí   | $A = V / v = 0,042 / 4 = 0,0105 \text{ m}^2$                 |
| - poloměr potrubí             | $r = \sqrt{(S/\pi)} = \sqrt{(0,0105/\pi)} = 0,058 \text{ m}$ |

Navrhuji potrubí o průměru 120 mm.

#### Potrubí stoupačky z WC a koupelny:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| - množství odsávaného vzduchu | $V = 2*90 + 2*50 = 280 \text{ m}^3/\text{h} = 0,078 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| - rychlost vzduchu v potrubí  | $v = 4 \text{ m/s}$   |
| - požadovaná plocha potrubí   | $A = V / v = 0,078 / 4 = 0,0195 \text{ m}^2$                              |
| - poloměr potrubí             | $r = \sqrt{(S/\pi)} = \sqrt{(0,0195/\pi)} = 0,078 \text{ m}$              |

Navrhuji potrubí o průměru 160 mm.

### Potrubí WC:

- množství odsávaného vzduchu  $V = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$
- rychlost vzduchu v potrubí  $v = 4 \text{ m/s}$
- požadovaná plocha potrubí  $A = V / v = 0,014 / 4 = 0,0035 \text{ m}^2$
- poloměr potrubí  $r = \sqrt{(S/\pi)} = \sqrt{(0,0035/\pi)} = 0,034 \text{ m}$

Navrhují potrubí o průměru 80 mm.

### Potrubí koupelny:

- množství odsávaného vzduchu  $V = 90 \text{ m}^3/\text{h} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$
- rychlost vzduchu v potrubí  $v = 4 \text{ m/s}$
- požadovaná plocha potrubí  $A = V / v = 0,025 / 4 = 0,0063 \text{ m}^2$
- poloměr potrubí  $r = \sqrt{(S/\pi)} = \sqrt{(0,0063/\pi)} = 0,045 \text{ m}$

Navrhují potrubí o průměru 100 mm.

## 7. Závěr

Cíl mé bakalářské práce byl navrhnout variantu větrání a vytápění rodinného domu s vnitřním bazénem. V obytné části jsem navrhnul vytápění pomocí deskových teplovodních otopných těles, v koupelnách žebříkových. Větrání v obytných místnostech je uvažováno přirozeně okny. Rozdíl nastává v místnosti s bazénem, kde se rozlišuje provozní a útlumový režim. Během používání bazénu je uvažováno větrání i vytápění pomocí vzduchotechnické jednotky, která přivádí do místnosti pomocí navrženého potrubí ohřátý čerstvý vzduch. Při útlumovém režimu pokrývá tepelnou ztrátu místnosti podlahové vytápění a výměnu vzduchu lze dosáhnout přirozeným větráním.

Dále jsem navrhnul odvětrání místností se zvýšenou koncentrací vlhkosti a škodlivin – WC, koupelen a kuchyní. Odvětrání kuchyní je provedeno pomocí digestoří, které jsou vyvedeny potrubím na fasádu. Odvětrávací potrubí WC a koupelny v každém patře je svedeno do společné stoupačky pro celý objekt. Z těchto místností odvádějí vzduch ventilátory, které jsou umístěny na stěně.

V závěru mé práce jsem vybral vhodný plynový kotel, který pokrývá celkovou tepelnou ztrátu objektu. Roční náklady na větrání a vytápění objektu mi vyšly 55 820 Kč, což bych hodnotil jako středně nákladnou variantu. V porovnání například s elektrokotlem je tato varianta výhodná, naopak levněji by mohla vyjít varianta kotle na pelety.



## Zdroje

### **Literatura**

Vyhláška č. 194/2007 Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu, č. 62/2007 Sbírky zákonů, 2007.

Norma ČSN EN 73 4301 – Obytné budovy, Praha: Český normalizační institut, 2004.

### **Internetové zdroje**

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Větrání plaveckých bazénů, dostupné z:

[http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u2-vetrani\\_bazenu.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u2-vetrani_bazenu.pdf).

Bašta J. Otopné plochy – úvod do problematiky [online]. ČVUT Praha: Ústav techniky prostředí, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3052-otopne-plochy-uvod-do-problematiky>.

Princip tepelného čerpadla [online] dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/princip-tepelneho-cerpadla.html>

Projekční podklad firmy Atrea – Systém teplovzdušného vytápění a větrání rodinných domů s rekuperací tepla, [online], dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-vetrani-a-teplovzdusne-vytapeni-rodinnych-domu-a-bytu>.

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., Větrání bazénů, přednášky ESB2, katedra TZB, FSv ČVUT Praha, [online], dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125es2/prednasky/125es2-05.pdf>.

## Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Rodinný dům - pohledy .....	15
Obrázek 2 – Přirozené větrání.....	19
Obrázek 3 – Větrání digestoří .....	19
Obrázek 4 – Rekuperace .....	20
Obrázek 5 – Plynový kondenzační kotel .....	23
Obrázek 6 – Kotel na biomasu.....	24
Obrázek 7 – Princip tepelného čerpadla .....	25
Obrázek 8 – Tepelné čerpadlo - vrt .....	25
Obrázek 9 – Tepelné čerpadlo - kolektor .....	25
Obrázek 10 – Tepelné čerpadlo – vzduch/voda .....	26
Obrázek 11 – Tepelné čerpadlo – voda/voda.....	26
Obrázek 12 – Tepelné čerpadlo – vzduch/vzduch .....	27
Obrázek 13 – Schéma bazénu .....	32
Obrázek 14 – Diagram podlahového vytápění.....	40
Tabulka 1 – Potřeba TUV .....	30
Tabulka 2 – Tepelná ztráta bazénu – provozní režim .....	34
Tabulka 3 – Tepelná ztráta bazénu – útlumový režim .....	34
Tabulka 4 – Tepelná ztráta místnosti – 0.01 .....	41
Tabulka 5 – Tepelná ztráta místnosti – 0.02 .....	41
Tabulka 6 – Tepelná ztráta místnosti – 0.03 .....	42
Tabulka 7 – Tepelná ztráta místnosti – 0.04 .....	42
Tabulka 8 – Tepelná ztráta místnosti – 0.05 .....	43
Tabulka 9 – Tepelná ztráta místnosti – 0.06 .....	43
Tabulka 10 – Tepelná ztráta místnosti – 1.01 .....	44
Tabulka 11 – Tepelná ztráta místnosti – 1.02 .....	44
Tabulka 12 – Tepelná ztráta místnosti – 1.03 .....	45
Tabulka 13 – Tepelná ztráta místnosti – 1.04 .....	45
Tabulka 14 – Tepelná ztráta místnosti – 1.05 .....	46
Tabulka 15 – Tepelná ztráta místnosti – 1.06 .....	46
Tabulka 16 – Tepelná ztráta místnosti – 2.01 .....	47
Tabulka 17 – Tepelná ztráta místnosti – 2.02 .....	47
Tabulka 18 – Tepelná ztráta místnosti – 2.03 .....	48
Tabulka 19 – Tepelná ztráta místnosti – 2.04 .....	48
Tabulka 20 – Tepelná ztráta místnosti – 2.05 .....	49
Tabulka 21 – Tepelná ztráta místnosti – 2.06 .....	49
Tabulka 22 – Tepelná ztráta místnosti – 2.07 .....	50