

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ RODINNÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vypracovala:
Vedoucí práce:
Školní rok**

**Jana Štětková
Ing. Miroslav Urban, Ph.D.
2019/2020**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Štětková Jméno: Jana Osobní číslo: 468345

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 chlazení rodinného domu

Název bakalářské práce anglicky: Ventilation and cooling of a family house

Pokyny pro vypracování:

Zpracování bakalářské práce bude členěno na řešeršní část a část projektu.

Řešeršní část bude zpracována v rozsahu:

- požadavky na vnitřní prostředí zadaného rodinného domu z pohledu větrání a chlazení,
- stanovení návrhových požadavků,
- zpracování variantního řešení větrání a chlazení a konceptu větrání a chlazení.

Na základě zpracované studie v řešeršní části bude následně vypracovaný projekt větrání objektu v rozsahu:

- určení množství větraného vzduchu a vzduchových výkonů pro jednotlivé provozy,
- návrh vzduchotechnických jednotek a vzduchotechnických zařízení,
- návrh a dimenzování trasy VZT rozvodu a výpočet tlakových ztrát,
- hlukové posouzení

Zpracování výkresové dokumentace bez výpisu materiálu

Seznam doporučené literatury:

Chyský, Hemzal - Větrání a klimatizace-technický průvodce

Günter Gebauer, Helena Horká a Olga Rubinová - Vzduchotechnika

ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov

ČSN 73 4301 Obytné budovy

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020

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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

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

V Klatovech dne 20.05.2020

.....
Jana Štětková

Poděkování:

Ráda bych chtěla poděkovat panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení práce, ochotu a cenné rady při konzultacích, které mi pomohly k úspěšnému zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla vyjádřit poděkování rodině za jejich podporu při studiu.

Obsah

Abstrakt	8
Seznam symbolů a zkratk	9
1 Úvod	10
2 Popis objektu	11
2.1 Konstrukční řešení	11
2.2 Materiálové řešení	11
2.3 Provozní řešení	11
2.4 Technologické řešení	12
3 Větrání	13
3.1 Větrání RD	15
3.1.1 Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí	15
Škodliviny	15
Teplota v interiéru	16
Relativní vlhkost vzduchu	17
Intenzita větrání	17
Rychlost proudění vzduchu	18
Hluk	18
3.1.2 Varianty větrání RD	19
3.1.2.1 Větrání nucené podtlakové (varianta 1)	19
3.1.2.2 Větrání hybridní (varianta 2)	21
3.1.2.3 Větrání nucené rovnotlaké (varianta 3)	21
3.1.3 Návrh nuceného rovnotlakého systému větrání s centrální jednotkou	25
3.1.3.1 Návrhové hodnoty pro větrání	25
3.1.3.2 Stanovení průtoku vzduchu	25
Množství čerstvého vzduchu	26
Množství přiváděného vzduchu	27
3.1.3.3 Navržená vzduchotechnická jednotka	32
Větrání s rekuperací s ohřevem (s chlazením)	32
Cirkulační vytápění nebo chlazení	34
Větrání bez rekuperace (by-pass)	34
3.1.3.4 Rozvod potrubí, distribuční prvky	35
3.1.3.5 Regulace systému	36

3.1.3.6	Hlukové posouzení.....	39
3.2	Větrání bazénu.....	41
3.2.1	Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí.....	41
3.2.1.1	Teplota vody a vzduchu	41
3.2.1.2	Intenzita větrání.....	41
3.2.1.3	Vlhkost.....	42
3.2.2	Varianty větrání bazénů.....	42
3.2.2.1	Lokální odvlhčovací jednotka.....	42
3.2.2.2	Centrální vzduchotechnická jednotka	43
3.2.3	Návrh větrání bazénu.....	44
3.2.3.1	Návrhové hodnoty pro větrání	44
3.2.3.2	Množství přiváděného vzduchu a návrh vzduchotechnické jednotky... 44	
1.	režim – letní provoz.....	46
2.	režim – zimní provoz.....	49
3.2.3.3	Rozvod potrubí, distribuční prvky	53
3.2.3.4	Hlukové posouzení.....	54
3.3	Větrání garáží	56
3.3.1	Požadavky na vnitřní prostředí garáží	56
3.3.1.1	Oxid uhelnatý	56
3.3.2	Návrh větrání garáží.....	56
4	Chlazení.....	58
4.1	Požadavky na vnitřní prostředí.....	58
4.2	Chladivový klimatizační systém split.....	58
Princip split systému se vzduchem chlazeným kondenzátorem.....		59
Aplikace systému v rámci chlazení RD.....		59
4.3	Chladivový klimatizační systém multisplit	60
Aplikace systému v rámci chlazení RD.....		60
4.4	Chlazení pomocí tepelného čerpadla.....	60
4.4.1	Pasivní režim chlazení	61
4.4.2	Aktivní režim chlazení.....	62
Aplikace systému v rámci chlazení RD.....		62
4.5	Koncept návrhu chlazení RD.....	62
5	Závěr	64

6	Seznamy literatury, tabulek, obrázků a příloh	69
6.1	Seznam použité a doporučené literatury.....	69
6.2	Seznam tabulek.....	73
6.3	Seznam obrázků.....	73
6.4	Seznam příloh.....	75

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je zpracování návrhu větrání a chlazení rodinného domu. Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část se zabývá analýzou a porovnáním jednotlivých variant větrání a chlazení pro řešený rodinný dům. Na základě provedené analýzy je vyhodnocen nejvhodnější způsob větrání a chlazení objektu podle stanovených návrhových požadavků a následně zpracován návrh větrání v praktické části této práce. Součástí praktické části je dále výpočet množství větraného vzduchu, návrh vzduchotechnických zařízení, výpočet tlakových ztrát VZT potrubí a posouzení hlukové zátěže. Výstupem praktické části bakalářské práce je zpracování celkové projektové dokumentace včetně technické zprávy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podtlakové větrání, hybridní větrání, nucené rovnotlaké větrání, centrální vzduchotechnická jednotka, rekuperace, distribuční prvky, hluk, split systém, multisplit systém, pasivní chlazení, aktivní chlazení, noční předchlazení.

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to design a ventilation and cooling system of a family house. The bachelor thesis is divided into theoretical and practical part. The theoretical part deals with the analysis and comparison of individual variants of ventilation and cooling systems of the particular family house. Based on the performed analysis, the most suitable method of ventilation and cooling of the building is evaluated according to the established design requirements and subsequently the ventilation design is processed in the practical part of this work. The practical part also includes the calculation of the amount of ventilated air, the design of air conditioning equipment, the calculation of pressure losses of ductwork system and the assessment of noise load. The outcome of the practical part of the bachelor's thesis is the elaboration of the overall project documentation, including the technical report.

KEYWORDS

Underpressure ventilation, hybrid ventilation, balanced mechanical ventilation, central air handling unit, recuperation, distribution elements, noise, split system, multisplit system, passive cooling, active cooling, night precooling.

Seznam symbolů a zkratk

A_l	.....	celková volná plocha otvoru na jedno parkovací stání [m^2]
A_c	.....	celková volná plocha otvoru [m^2]
$C_{CO_{\text{přip}}}$	.....	limitní koncentrace CO_2 v garážích [ppm]
c_v	.....	měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
D	.....	množství čerstvého vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \cdot \text{os}^{-1}$]
G	.....	produkce vlhkosti ve větraném prostoru [$\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$]
h	.....	měrná entalpie [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.v.]
I	.....	intenzita větrání [h^{-1}]
L_{Aeq}	.....	hladina akustického tlaku [dB]
m_{CO_2}	.....	produkce CO_2 [$\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$]
M_s	.....	produkce vodní páry odpařením z vodní hladiny [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$]
n_a	.....	počet parkovacích stání [-]
n_o	.....	počet osob [-]
P	.....	předaný výkon [W]
$p_{v,a}$	.....	parciální tlak vodní páry při teplotě vzduchu [Pa]
$p_{vs,w}$	.....	parciální tlak nasycené vodní páry při teplotě vody [Pa]
Q_{max}	.....	maximální průtok prvku [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
Q_{min}	.....	minimální průtok prvku [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
q_w	.....	množství odpařené vody [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$]
Q_{zisk}	.....	tepelné zisky [W]
S	.....	plocha vodní hladiny [m^2]
t_i	.....	vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]
t_p	.....	teplota přiváděného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]
t_v	.....	teplota vlhkého teploměru [$^{\circ}\text{C}$]
V	.....	objem místnosti [m^3]
V_c	.....	průtok cirkulačního vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
V_e	.....	průtok čerstvého vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
V_o	.....	průtok odváděného vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
V_p	.....	průtok přiváděného vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
x_i	.....	měrná vlhkost vzduchu v interiéru [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.v.]
x_p	.....	měrná vlhkost přiváděného vzduchu [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.v.]
β	.....	součinitel přenosu hmoty [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$]
ρ	.....	měrná hmotnost vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
ρ_{CO_2}	.....	koncentrace CO_2 v přiváděném venkovním vzduchu [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$]
ρ_{max}	.....	maximální koncentrace CO_2 v interiéru [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$]
φ_{ib}	.....	relativní vlhkost vzduchu v bazénové hale [-]

1 Úvod

Doba pobytu člověka v budovách postupně se změnou životního stylu narůstá. Je to dáno nejenom nárůstem času stráveného ve vzdělávacích institucích a změnou rozdělení pracovního trhu, kdy klesá podíl zaměstnaných v primárním sektoru (do kterého patří zejména zemědělství) a naopak narůstá podíl lidí pracujících v terciálním sektoru (který zahrnuje převážně kancelářskou činnost), ale hlavně změnou využití volného času, kdy čím dál více zástupců zejména mladší generace tráví čas v domácím prostředí bytů a domů v přítomnosti svých elektronických zařízení. V souvislosti s aktuálním vývojem koronavirové krize dochází také k rozšiřování využití práce z domova (home-office), čímž se doba pobytu člověka v domácím prostředí ještě navyšuje.

S pobytem člověka ve vnitřním prostředí souvisí i produkce odpadních látek (CO₂), vlhkosti, vznik oděrů, tepla nebo například látek uvolňovaných z vybavení v místnosti. Smyslem větrání je zamezit hromadění škodlivých látek ve vnitřním prostoru a zajistit přijatelné vnitřní klima (vlhkost vzduchu, teplota). Špatně navržené systémy technického zařízení budov jsou v mnoha případech příčinou tzv. syndromu nemocných budov, který způsobuje nekomfort uživatelů při pobytu v objektu, projevující se např. únavou, pocitem nevolnosti nebo bolestmi hlavy.

Dalším faktorem, který ovlivňuje kvalitu užívání objektu, je jeho umístění v souvislosti s okolním prostředím. Vnitřní kvalita vzduchu není ovlivněná jen produkcí látek uvnitř objektu samotného, ale závisí také na produkci škodlivin ve venkovním prostředí. V současné době čím dál více roste poptávka po bydlení v rodinných domech, umístěných v příjemném a klidném prostředí venkovní zeleně, ačkoliv je nutno přiznat, že ne všichni si tento komfort mohou ať už z hlediska finančního či z hlediska pracovního trhu a kvůli omezené možnosti zastavenosti dovolit. Protipólem jsou naopak přelidněná města s velkým počtem znečišťujících provozů či rušných silničních koridorů. Požadavky uživatelů jsou však stejně vysoké, ať už je prostředí pobytu jakékoli. Z tohoto důvodu jsou na vzduchotechnická či chladicí zařízení kladeny vysoké nároky např. při eliminaci průniku negativních elementů do vnitřního prostředí budov (hluk, prachové částice, nepříjemné oděry apod.) nebo při zamezení přehřívání staveb.

Potřeby a požadavky investora jsou odrazovým můstkem při návrhu způsobu větrání a chlazení, rozhodujícími a omezujícími kritérii jsou ale závazná nařízení Evropské unie a daného státu.

Dle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU a její novelizace směrnicí 2018/844/EU mají být počínaje 1.1.2020 veškeré novostavby řešeny jako „Téměř nulové budovy (NZEB – Nearly zero-energy buildings)“. Řešení s sebou přináší úpravu požadavků na průměrný součinitel prostupu tepla a tím i na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí, což s sebou nese určité požadavky na vzduchotěsnost obálky budovy. [1.1] Naproti tomu norma ČSN EN 15665/Z1 stanovuje požadavky na minimální intenzitu větrání (max. koncentrace škodlivin), udává tedy množství vzduchu o parametrech venkovního prostředí, které je nutno do objektu dopravit. Z výše uvedeného vyplývá, že nařízení si v důsledku navzájem odporují a hledání ideálního

řešení je náročný proces založený na tvorbě kompromisů, které ale nebudou zmíněná nařízení rozporovat a zároveň vyhoví požadavkům investora, kterými jsou pořizovací a provozní náklady spolu s komfortem užívání.

Bakalářská práce se zabývá stanovením požadavků na vnitřní prostředí rodinného domu, návrhem variantního řešení větrání a chlazení a následné zpracování projektu větrání řešeného objektu. Pro účely této práce byla zvolena novostavba rodinného domu s bazénem a jako podklad pro výpočty a vypracování výkresové dokumentace byly použity výkresy stavební části a návrh systému vytápění, který byl zpracován v rámci absolvovaného předmětu 124P01C Projekt 1.

2 Popis objektu

Řešený objekt je rodinný dům se dvěma nadzemními podlažními, jedním podlažím podzemním a neobytným podkrovím. V objektu je počítáno s trvalým pobytem 6 osob, avšak kvůli charakteru budovy je uvažováno s rezervou pro ubytování hostů.

2.1 Konstruktivní řešení

Konstruktivní systém je navržen stěnový, nosné konstrukce jsou uvažovány z broušených cihelných bloků Porotherm 44 P+D. Objekt je založen na základových pasech se základovou deskou z prostého betonu. Stropní konstrukce ve všech podlažích jsou uvažovány z železobetonových panelů. Střešní konstrukci tvoří dřevěný vaznicový krov, tzv. stojatá stolice.

2.2 Materiálové řešení

Jako střešní krytina byla zvolena přírodní břidlice v černé barvě. Vnější opláštění objektu je v úrovni 1PP, 1NP a 2NP tvořeno cihelným obkladem. Obvodová konstrukce je zateplena tepelnou izolací v tloušťce 50 mm a střecha je v úrovni krokví zateplena tepelnou izolací tloušťky 160 mm. Vnitřní dělicí svislé konstrukce budou vyzděné z cihelných bloků a omítnuté. Povrchové úpravy podlah budou řešeny podle účelu místností. Projektová dokumentace předkládá použití keramické dlažby, dřevěných lamel nebo koberce, v 1PP v okolí bazénu a mokřích provozů se předpokládá užití keramické dlažby s protiskluzovou povrchovou úpravou. V prostoru garáží, dílen a skladu zahradního nábytku bude provedena pouze cementová mazanina s dvousložkovým nátěrem.

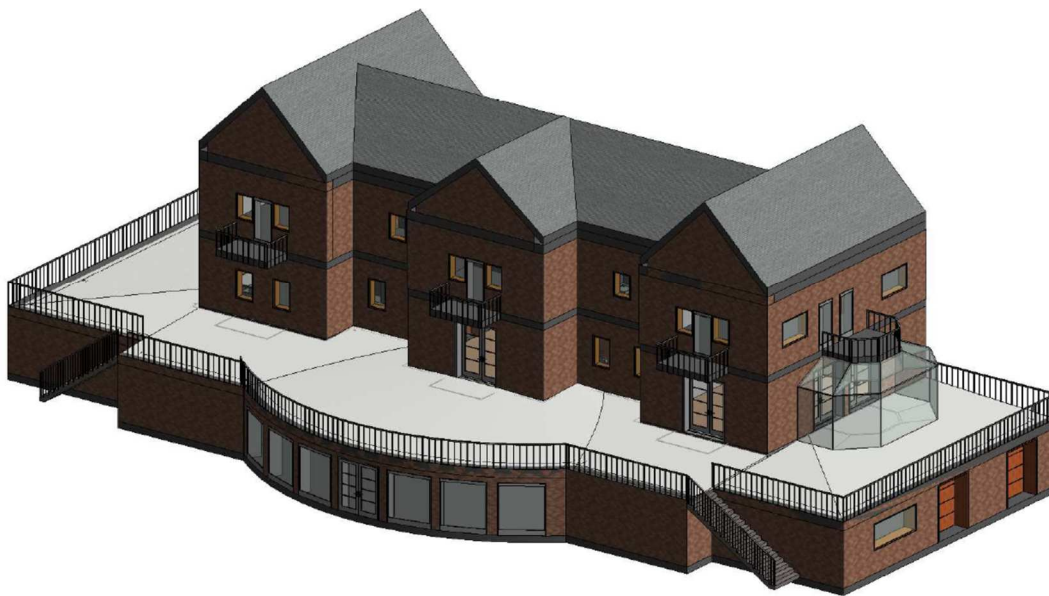
2.3 Provozní řešení

Jednotlivá podlaží jsou vzájemně propojena dvěma železobetonovými schodišti zrcadlově otočenými a jedním osobním výtahem. Horizontální propojení jednotlivých místností v každém patře zajišťují prostorné chodby. V přízemí se nachází klidové zázemí pro obyvatele objektu jako je krytý bazén, vířivka a vinárna, dále technické zázemí objektu, příslušenství bazénu, sklad potravin, garáže o 4 parkovacích stáních,

dílny a sklad zahradní techniky. Hlavním vstupem se vchází do prvního nadzemního podlaží, ve kterém jsou umístěny převážně hlavní provozní místnosti objektu. Nachází se zde kuchyně, jídelna, obývací pokoj, pracovna, knihovna, místnost pro domácí práce a zimní zahrada. Ve druhém patře jsou navrženy obytné místnosti čítající 5 ložnic, dále pak koupelny a šatny.

2.4 Technologické řešení

V objektu je uvažováno zásobování pitnou vodou z vlastní studny. Likvidace odpadních vod je řešena v čističce odpadních vod, umístěné v blízkosti objektu. Rodinný dům bude zásobován elektrickým proudem z veřejné distribuční sítě. Jako zdroj tepelné energie a ohřevu teplé vody bylo zvoleno tepelné čerpadlo Nibe F1345 systému země-voda v kombinaci s elektrokotlem. Elektrokotel slouží pro pokrytí výkonových špiček a dále jako záložní zdroj při náhlé poruše tepelného čerpadla. Primární okruh tepelného čerpadla je tvořen čtyřmi vrty, které mají každý hloubku 120 m. Soustava primárního okruhu je napuštěna nemrznoucí směsí (ethanolem) v koncentraci 28 %. Na sekundární okruh je napojen zásobník teplé vody, rozdělovač a sběrač jednotlivých větví rozvodu vytápění a protiproudý teplovodní výměník pro ohřev bazénové vody. Teplonosným médiem sekundárního okruhu je voda.

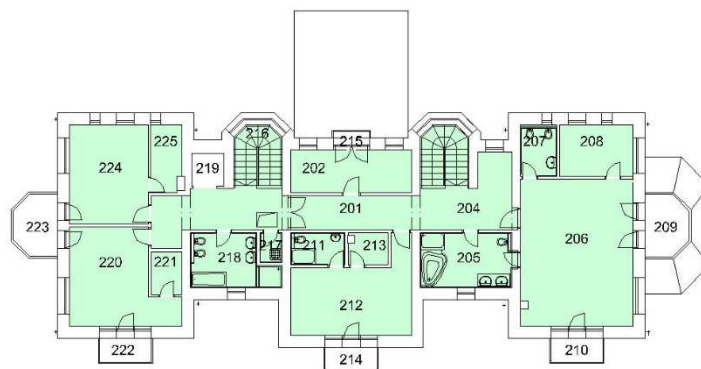


Obr. 1 Rodinný dům s bazénem – 3D vizualizace v programu Revit

3 Větrání

Objekt je z hlediska větrání rozdělen do tří celků, které mají odlišné požadavky na úpravu vzduchu. Jedná se o větrání obytných prostor včetně souvisejících místností (dále nazýváno větrání RD), větrání bazénu a větrání garáží. Návrh systému větrání musí být pro každý celek nezávislý a musí splňovat požadavky dané závaznými předpisy pro jednotlivá prostředí. Ke každému celku je tedy potřeba přistupovat zcela jednotlivě. Na *Obr. 2*, *Obr. 3* a *Obr. 4* je patrné rozdělení objektu na jednotlivé celky větrání. Místnosti technického zázemí, dílny a sklady budou větrány přirozeně pomocí větracích otvorů v obvodové konstrukci nebo otevíratelnými okny.

2NP

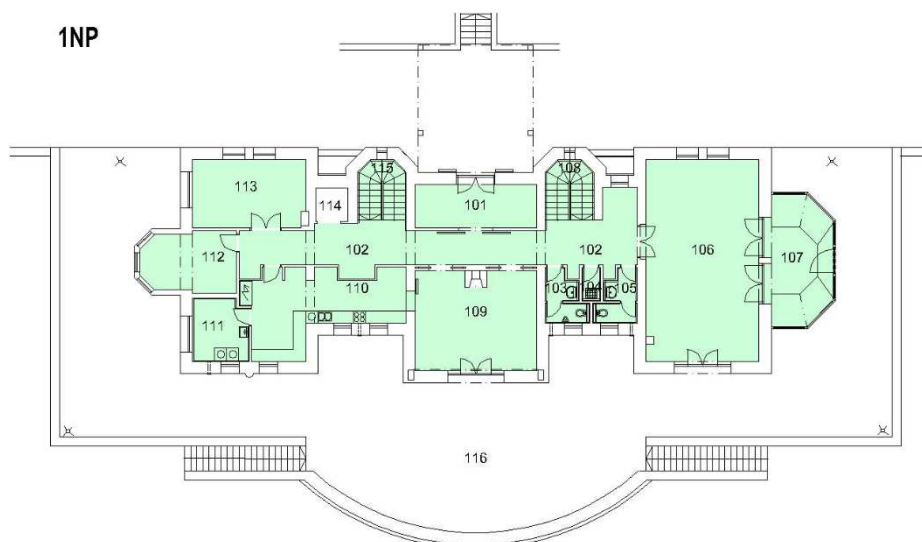


- VĚTRÁNÍ OBYTNÝCH PROSTOR A SOUVISEJÍCÍCH MÍSTNOSTÍ
- VĚTRÁNÍ BAZÉNU A PŘÍSLUŠENSTVÍ
- VĚTRÁNÍ GARÁŽÍ

Obr. 2 Rozdělení větrání ve 2NP

Číslo	Název místnosti	Plocha (M ²)
201	CHODBA	25,20 M ²
202	LOŽNICE	12,00 M ²
203	SCHODIŠTĚ	6,80 M ²
204	HALL	11,50 M ²
205	KOUPELNA	12,75 M ²
206	LOŽNICE	39,65 M ²
207	WC	4,50 M ²
208	ŠATNA	9,20 M ²
209	TERASA	6,15 M ²
210	BALKON	3,12 M ²
211	WC	3,45 M ²
212	LOŽNICE	22,90 M ²
213	ŠATNA	3,50 M ²
214	BALKON	3,12 M ²
215	FRANCOUZSKÝ BALKON	0,50 M ²
216	SCHODIŠTĚ	6,80 M ²
217	ÚKLID	1,65 M ²
218	KOUPELNA – WC	10,40 M ²
219	REZERVA VÝTAH	2,85 M ²
220	LOŽNICE	21,50 M ²
221	ŠATNA	3,20 M ²
222	BALKON	3,12 M ²
223	TERASA	6,15 M ²
224	LOŽNICE	19,15 M ²
225	ŠATNA	4,80 M ²

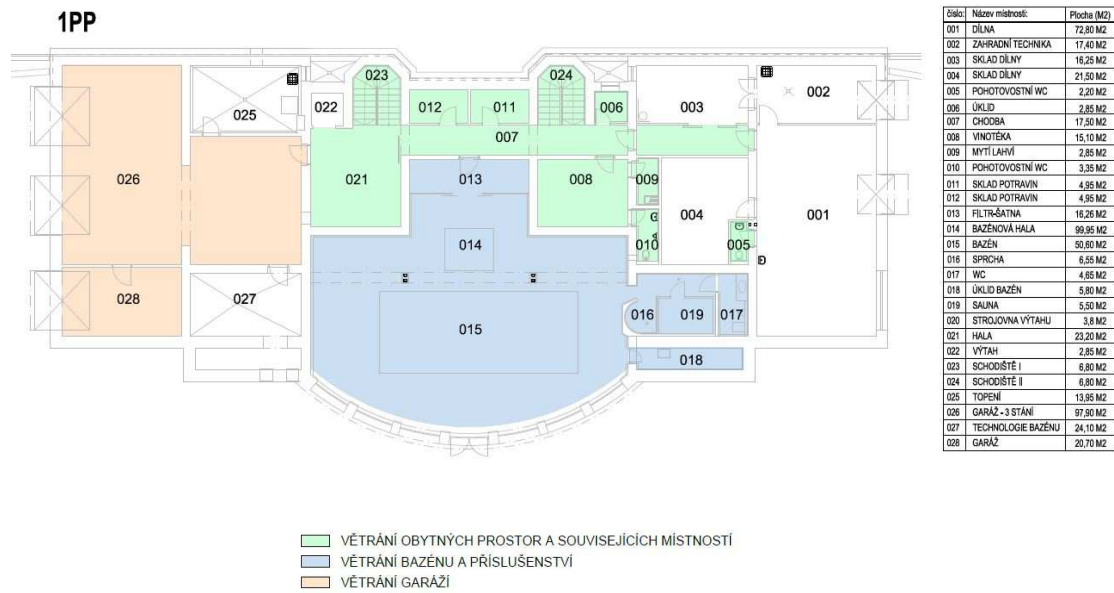
1NP



- VĚTRÁNÍ OBYTNÝCH PROSTOR A SOUVISEJÍCÍCH MÍSTNOSTÍ
- VĚTRÁNÍ BAZÉNU A PŘÍSLUŠENSTVÍ
- VĚTRÁNÍ GARÁŽÍ

Obr. 3 Rozdělení větrání v 1NP

Číslo	Název místnosti	Plocha (M ²)
101	ZADĚŘÍ	12,85 M ²
102	CHODBA	44,70 M ²
103	WC	4,60 M ²
104	ÚKLID	1,60 M ²
105	WC	4,50 M ²
106	OBYTACÍ POKOJ	55,20 M ²
107	ZIMNÍ ZAHŘADKA	16,50 M ²
108	SCHODIŠTĚ	6,60 M ²
109	JÍDELNA	29,70 M ²
110	KUCHYŇE	21,50 M ²
111	DOMÁCÍ PRÁČE	8,05 M ²
112	PRACOVNA	13,55 M ²
113	KNIHOVNA	17,60 M ²
114	REZERVA VÝTAH	2,85 M ²
115	SCHODIŠTĚ	6,80 M ²
116	TERASA	303,50 M ²



Obr. 4 Rozdělení větrání v 1PP

3.1 Větrání RD

Úkolem větrání rodinného domu je zajistit dostatečnou kvalitu vzduchu ve vnitřním prostředí a tím zpříjemnit kvalitu života jeho uživatelů.

3.1.1 Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí

Kvalita vzduchu je charakterizována množstvím znečišťujících látek, které je v něm obsaženo. Mezi tyto látky patří např. oxidy uhlíku, dusíku, radon, tabákový a cigaretový kouř apod., které působí nepříznivě na lidský organismus. Pro zajištění optimální, dlouhodobě i krátkodobě přípustné hodnoty těchto látek se zavádí pojem „příjemná kvalita vzduchu“. Ta vychází z předpokladu nemožnosti uspokojení všech dotčených osob. Jejím cílem je uspokojení potřeby většiny jedinců a připouští 20 % nespokojených uživatelů. Pro vytvoření dobré pohody uvnitř objektu a zároveň omezení výskytu tzv. syndromu nemocných budov je třeba udržet vnitřní mikroklima ve vyhovujícím rozmezí. Je také potřeba zajistit optimální proudění vzduchu v místnosti (zabránit průvanu) a zamezit šíření nadměrné hlukové zátěže. [3.2] [3.4]

Škodliviny

Škodliviny jsou veškeré látky, obsažené ve vzduchu, které mají jakýkoli negativní vliv na člověka, ať už se jedná pouze o pocit diskomfortu či závažné zdravotní problémy. Jde zejména o různé nepříjemné odéry (pachy z exteriéru, vaření), produkty živočišných procesů (CO₂, pot) nebo například látky uvolňované ze stavebních konstrukcí a předmětů obecně se vyskytujících v prostředí (ftaláty, formaldehyd). [3.2]

Oxid uhličitý patří mezi základní indikátory kvality vnitřního mikroklimatu a je hlavním prvkem posuzovaným při hodnocení kvality vzduchu v interiéru. Z hlediska uživatelů budov bývá často jako bezbarvý plyn bez zápachu opomíjen, jeho zvýšená koncentrace má ale nepříznivý vliv na lidský organismus. Může způsobit únavu, ztrátu schopnosti koncentrace, možné bolesti hlavy, nevolnost a při velmi vysokých koncentracích až dýchací obtíže a v extrémních případech možnou ztrátu vědomí (*Tab. 1*). Maximální hodnoty obsahu CO₂ v interiéru jsou proto omezeny limitní hodnotou 1000 ppm (parts per million) a maximální nárazovou koncentrací 1500 ppm. [2.1] [3.2] [3.4]

Tab. 1 Účinky CO₂ na lidský organismus [4.11]

Koncentrace [ppm]	Účinky
Cca 350	Úroveň venkovního prostředí
Do 1000	Doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1200-1500	Doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1000-2000	Nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000	Nastávají možné bolesti hlavy
5000	Maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
>5000	Nevolnost a zvýšený tep
>15000	Dýchací potíže
>40000	Možná ztráta vědomí

Pro větrání bytů a rodinných domů na základě koncentrace CO₂ se nevyužívají limity stanovené absolutní hodnotou, ale pouze hodnoty zvýšení koncentrace oproti hodnotám exteriéru. Hodnoty se liší pro jednotlivé kategorie, které jsou charakteristické svými požadavky na kvalitu prostředí [4.11]:

- I. kategorie vysoká úroveň očekávání (prostředí se speciálními požadavky, u zdravotně oslabených osob apod.)
- II. kategorie normální prostředí (nové a rekonstruované budovy)
- III. kategorie přijatelné prostředí (staré budovy)
- IV. kategorie omezené použití (jen po část roku)

Pro zadaný objekt novostavby rodinného domu bez speciálních požadavků jsou závazné hodnoty druhé kategorie, uvedené v Tab. 2.

Tab. 2 Zvýšené koncentrace CO₂ nad venkovní koncentrací dle ČSN EN 16798-1 [1.5]

Kategorie	CO ₂ [ppm]
I	550
II	800
III	1350
IV	1350

Teplota v interiéru

Vnímání teploty okolního vzduchu člověkem je zcela individuální záležitost. Závisí na schopnosti termoregulace dané osoby, oděvu, ale také na poměru sálavé složky ke složce proudění, rychlosti proudění vzduchu a rozložení teploty po výšce obytného prostoru. Jedním z cílů návrhu větracích systémů může být zamezení přehřívání interiérů. Hodnoty vnitřní výpočtové teploty jednotlivých místností dle ČSN EN 12 831-1 jsou uvedené v Tab. 3. [3.4]

Tab. 3 Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12 831-1 [1.4]

Obytné budovy trvale užívané	Vnitřní výpočtová teplota
Druh vytápěné místnosti	t_i [°C]
Obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20
Kuchyně	20
Klozety	20
Koupelny	24
Vytápěná schodiště	10
Vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby aj.)	15

Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu má stejně jako teplota vzduchu bezprostřední vliv na člověka a velkou měrou se podílí na jeho pocitu komfortu či diskomfortu. Relativní vlhkost se značně mění se změnou ročního období, obecně v zimních měsících nastávají problémy s nedostačujícím vlhčením vnitřního vzduchu, naopak v letních měsících můžeme pozorovat stav tzv. „prádelny“, kdy je obsah vodní páry ve vzduchu naopak příliš vysoký. Vzhledem k neexistenci předepsaných parametrů relativní vlhkosti v obytném prostředí, budou použity hodnoty stanovené Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. pro pracovní prostředí, podle kterých by se měly hodnoty relativní vlhkosti pohybovat v rozmezí od 30 % do 70 %. Dolní hranice je limitní právě pro zimní období, po jejím překročení dochází k vysušování sliznice a zdravotním obtížím. Horní hranice je limitní naopak pro období letní. [3.4]

Intenzita větrání

Základním předpokladem pro omezení koncentrace škodlivých látek v interiéru a zajištění potřebné kvality vnitřního prostředí je dodržení požadavků na intenzitu větrání a nárazové množství odsávaného vzduchu dle ČSN EN 15665/Z1, uvedených v Tab. 4.

Intenzita větrání je popsána vztahem [4.1]

$$I = \frac{V_e}{V} \quad (3.1)$$

kde: Iintenzita větrání [h^{-1}]
 V_e průtok čerstvého vzduchu [m^3h^{-1}]
 Vobjem místnosti [m^3]

Tab. 4 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [1.2]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání	Dávka venkovního vzduchu na osobu	Kuchyně	Koupelny	WC
Jednotka	[h ⁻¹]	[m ³ .(h.os) ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Rychlost proudění vzduchu

Správně nastavený systém větrání je ve své podstatě ten, který uživatel při pobytu ve větraném prostoru nijak nezaznamená. Nepocítuje nepříjemný chlad v oblasti kotníků nebo výrazný rozdíl teplot po výšce prostoru. Nevyskytuje se ani průvan způsobený velkou rychlostí proudění studeného vzduchu. Hranice komfortní rychlosti proudění vzduchu je v mnoha publikacích rozdílná, všeobecně se dá říci, že by se tato hodnota měla pohybovat do 0,5 m.s⁻¹. [3.4]

Hluk

Dalším indikátorem špatně nastaveného systému je nepříjemný hluk, šířící se potrubním rozvodem. Hlavním zdrojem bývá vzduchotechnická jednotka, dalšími zdroji pak bývají vřazené odpory v podobě klapek, tvarovek (kolena, rozbočky) nebo vyústek (anemostaty, ventily, mřížky). Hygienický limit v hladině maximálního akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ upravuje Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. a stanovuje se pro hluk, který se šíří ze zdrojů uvnitř objektu. Limity jsou ještě dále upravovány korekcemi, které jsou závislé např. na obsahu tónových složek ve zvuku, účelu místnosti nebo denní době. Limitní hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5 a příslušné korekce v Tab. 6. [4.12] [4.13]

Tab. 5 Nejvyšší přípustné hodnoty hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [4.13]

Charakter zdroje hluku	Kritérium		Limitní hodnoty [Db]
	Denní doba 6:00 – 22:00	Noční doba 22:00 – 6:00	
3) Hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu	L_{Amax} (Db) maximální hladina	L_{Amax} (Db) maximální hladina	40 Db + korekce

Tab. 6 Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [4.13]

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce [dB]
Obytné místnosti	6:00 – 22:00	0
	22:00 – 6:00	-10

3.1.2 Varianty větrání RD

V dřívějších dobách bylo jediným řešením větrání budov přirozené větrání, resp. větrání infiltrací spárami zavřených oken a dveří. V současné době je vzhledem k měnícím se požadavkům na stavební konstrukce a vnitřní prostředí staveb tento způsob větrání aplikovatelný pouze v omezených případech, a to např. v případě památkově chráněných objektů, kde není možné vyměnit stávající okenní výplně za okna nová. [4.2] [4.14]

Norma ČSN EN 15665 definuje doporučené systémy pro trvalé větrání obytných budov.

Jedná se o [4.2]:

- Větrání nucené podtlakové
- Větrání hybridní
- Větrání nucené rovnotlaké

Systémy větrání budou v této práci jednotlivě představeny a na základě uvedených charakteristik, návrhu použití pro větrání řešeného objektu a celkového zhodnocení bude zvolen nejvhodnější systém větrání RD, který bude následně podrobně zpracován.

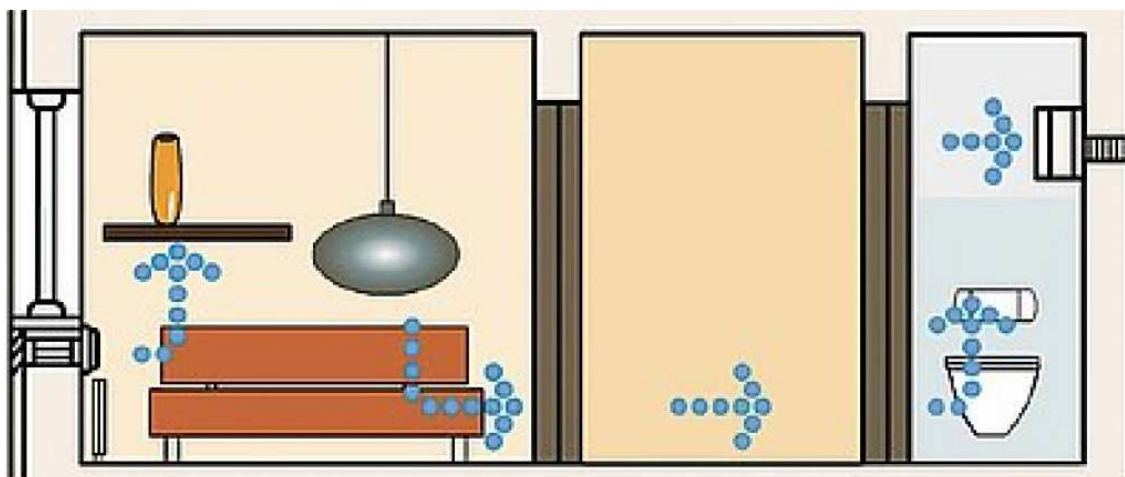
3.1.2.1 Větrání nucené podtlakové (varianta 1)

Jak už vyplývá ze samotného názvu, základním parametrem tohoto druhu větrání je podtlak, způsobený ventilátorem, který odsává znečištěný vzduch z daného prostoru. Množství odváděného vzduchu je větší než množství vzduchu přiváděného a řídí se zejména produkcí škodlivin a požadovaným množstvím čerstvého vzduchu v daném prostoru. Cílem tohoto systému je zabránění průniku škodlivých látek do okolních místností. Nejčastěji se tento způsob větrání používá v malých rodinných domech nebo dřívější bytové zástavbě. [3.2] [3.3] [4.2]

Pokud se jedná o použití v běžných provozech (obytná část objektu), mezi základní způsoby řešení patří umístění odvodních prvků v sociálních zařízeních a kuchyních, které mohou být napojeny buď na centrální nebo pouze na lokální ventilátor (v případě kuchyní může být použita například odtahová digestoř) a vyvedeny mimo objekt. Přívod vzduchu je pak řešen ve většině případů přirozeně větracími otvory, ať už se bude jednat o větrací štěrbinu v okenních výplních nebo štěrbinu v obvodových stěnách. Tyto otvory se umísťují do blízkosti otopných těles nebo pod strop. Ohřev přiváděného vzduchu je řešen otopnou soustavou, která musí být dimenzována nejen na pokrytí tepelných ztrát objektu prostupem, ale rovněž na tepelné ztráty způsobené větráním. Přívodní otvory mohou být

opatřeny filtry a tlumiči hluku, doporučuje se taktéž instalace regulace průtoku vzduchu. [3.2] [3.3] [4.2]

Výhodou tohoto systému jsou nízké pořizovací náklady a jednoduchá instalace. Nevýhodou tohoto řešení je zvýšení tepelných ztrát objektu větráním, a tedy zvýšené náklady na provoz objektu v zimním období, a dále obtížné zajištění požadovaného průtoku čerstvého vzduchu do obytných místností (intenzita větrání, přívod čerstvého vzduchu na osobu).



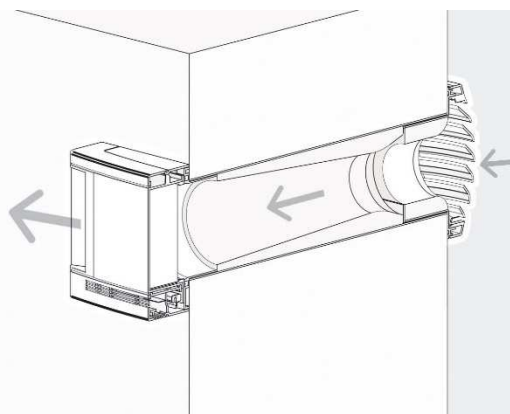
Obr. 5 Princip podtlakového větrání [4.3]

V rámci řešeného objektu by byly odvodní prvky umístěny v sociálních zařízeních, kuchyni, šatnách a chodbách. Vzhledem k umístění některých místností ve středu objektu by bylo vhodné, aby byly prvky napojeny na centrální ventilátor a potrubí vyvedeno nad střechu objektu. Přívodní prvky by pak byly umístěny v obytných místnostech (ložnicích, obývacím pokoji, knihovně, pracovně apod.) a řešeny pomocí větracích otvorů zabudovaných v obvodové stěně. Příklad systému je znázorněn v Příloze č. 1 na půdorysu 1NP řešeného objektu.

V objektu je navržený nízkoteplotní zdroj vytápění (tepelné čerpadlo) spolu s podlahovým topením v jednotlivých místnostech. Je zde tedy na místě úvaha, zda by takto navržený způsob vytápění byl schopný pokrýt i tepelné ztráty způsobené větráním. Je nutno podotknout, že zadaný objekt není typickým RD a požadavky na komfort uživatelů jsou velmi vysoké. Navíc vzhledem k umístění 1PP částečně pod úroveň terénu by bylo zajištění přívodu čerstvého vzduchu do některých místností značně komplikované a z těchto důvodů se použití tohoto systému jeví jako nevhodné.

3.1.2.2 Větrání hybridní (varianta 2)

Hybridní větrání kombinuje větrání přirozené na základě rozdílných tlaků vzduchu a větrání nucené pomocí ventilátoru. Jeho cílem je zajištění optimální kvality vzduchu v objektu za minimálního vynaložení elektrické energie potřebné pro chod ventilátorů a tím snížení provozních nákladů na minimum. Koncept provedení (umístění prvků, množství vzduchu) zůstává obdobný jako u větrání podtlakového, pouze za běžných podmínek je místo ventilátoru využíváno přirozeného vztlaku. To je potřeba také zohlednit při návrhu dimenzí vzduchovodů. Přívodní prvky bývají samoregulační a jsou nastaveny na konstantní průtok vzduchu. Pokud průtok vzduchu v režimu přirozeného větrání nedokáže pokrýt potřebu větrání, je do chodu uveden ventilátor. Systém bývá opatřen centrální regulací, která na základě čidel CO₂ vyhodnocuje potřebu čerstvého vzduchu, nicméně uživatel může zařízení ovládat individuálně a v případě potřeby přívod vzduchu uzavřít. [3.3] [4.2]



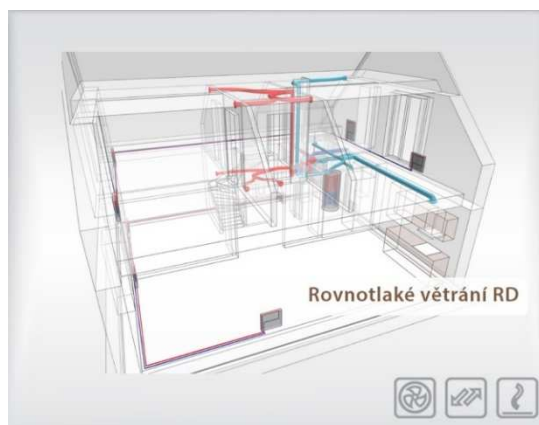
Obr. 6 Stěnová štěrbinová [4.4]

Znázornění systému v půdorysu by bylo obdobné jako u podtlakového větrání v Příloze č. 1. Nevýhody hybridního způsobu větrání jsou podobné jako v předchozím podtlakovém systému, proto jeho použití není doporučeno.

3.1.2.3 Větrání nucené rovnotlaké (varianta 3)

Nucené rovnotlaké větrání zajišťuje přívod stejného množství vzduchu jako je množství vzduchu odváděného. Poskytuje lepší kvalitu větrání než větrání podtlakové nebo hybridní (lepší útlum venkovního hluku, kvalitnější přiváděný vzduch), nedokáže ale zabránit průchodu škodlivin mezi jednotlivými větranými místnostmi. Možnými způsoby realizace jsou lokální větrací jednotky s rekuperací tepla nebo centrální rekuperační jednotky.

Systém je ve většině případů řešen centrální jednotkou, která obsahuje dva ventilátory pro přívod a odvod vzduchu, filtry vzduchu, rekuperační výměník tepla a dále pak může být doplněna volitelným vybavením dle požadavku zákazníka, jako je např. ohřívač, chladič, by-passová klapka a mnoho dalších. Distribuce vzduchu je řešena pomocí vzduchovodů pro přívodní a znehodnocený vzduch zvlášť, distribuční prvky pro odvod vzduchu bývají opět situované v místnostech se zdroji znečištění (sociální zařízení,



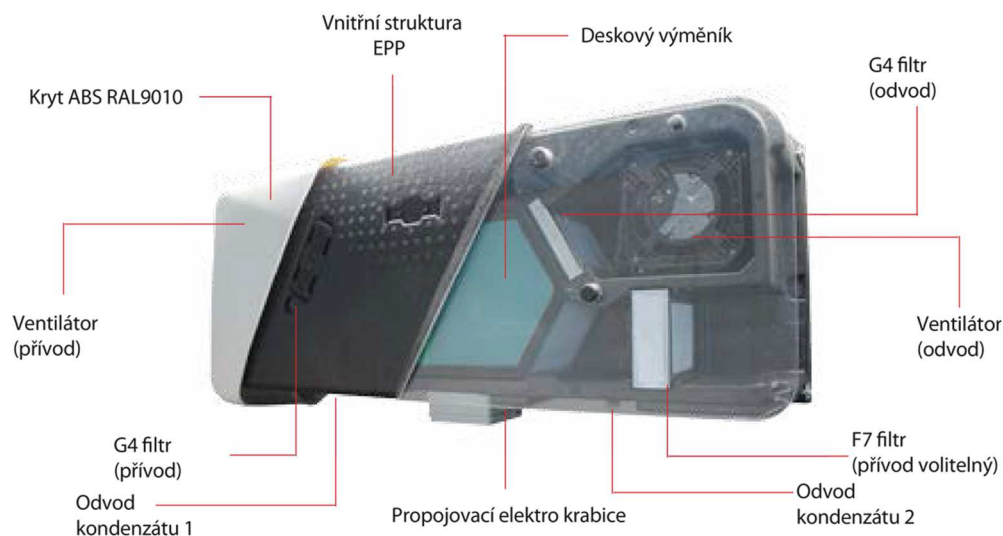
Obr. 7 Rovnotlaké větrání RD [4.5]

kuchyně) a přívodní prvky v obytných místnostech. Systém bývá doplněn regulací průtoku vzduchu na základě množství škodlivých látek (čidla CO₂, vlhkosti). Nevýhodou tohoto systému bývají vysoké pořizovací náklady, naopak výhodou je kompaktní samostatně fungující systém, který by měl zajistit vysoký standard užívání objektu. [3.2] [3.3] [4.2]

Systém je znázorněn v půdorysu 1NP v Příloze č. 2.

Další možností rovnotlakého větrání je využití lokální rekuperační jednotky, která se instaluje v dané místnosti podle požadavku na větrání např. v nástěnném provedení a přívod a odvod vzduchu je řešen prostupem přes obvodovou konstrukci. Obsahuje filtry vzduchu a rekuperační výměník, díky kterému dojde k částečnému pokrytí teplených ztrát větráním. [5.1]

Tyto jednotky je vhodné instalovat v případě potřeby větrání ojedinelých místností se zvýšenou produkcí škodlivých látek, a to zejména v případě dodatečné instalace. Návrh jednotek do obytných místností novostavby takového rozsahu, jako je zadaný objekt, by byl nevhodný jak z hlediska ekonomické náročnosti a náročnosti na následnou údržbu, tak i vzhledem k estetickému narušení místností.



Obr. 8 Lokální rekuperační jednotka Sorke QR100M [5.1]

Dalším zařízením, které pracuje v rovnotlakém režimu, jsou decentrální regenerační jednotky. Zařízení musí být instalována vždy ve dvojici, kdy jedna jednotka z dvojice pracuje v režimu odtah-nasávání a druhá jednotka v režimu nasávání-odtah. Jednotka obsahuje reverzibilní ventilátor, který po stanoveném čase otočí směr chodu. Pokud se tedy jednotka nachází v režimu „odtah“, ventilátor odvádí teplý odpadní vzduch z místnosti, který prochází přes keramický regenerační výměník taktéž obsažený v jednotce a předává mu svoji energii. Ochlazený pak opouští jednotku do venkovního prostoru. Venkovní vzduch je nasáván do jednotky pracující v opačném režimu, kde prochází zmíněným keramickým výměníkem, ze kterého odebírá naakumulovanou energii z předchozího režimu a tím se ohřívá. Takto ohřátý vzduch je následně přiváděn do větrané místnosti. Po vyčerpání akumulované energie v regeneračním výměníku jednotky pracující v přívodním režimu se chod ventilátoru otočí a režim jednotek se prostřídá. Jednotky nemusí sloužit pouze k větrání jednotlivých místností, ale např. celých bytových jednotek. [5.2]



Obr. 9 Větrací jednotka se zpětným získáním tepla iV-Smart+ [5.2]



Obr. 10 Princip funkce větracího systému se zpětným získáním tepla [4.7]

Příklad systému je znázorněn v Příloze č. 3 na půdorysu INP řešeného objektu.

Tyto lokální systémy jsou vhodné spíše pro větrání menších objektů nebo bytových jednotek. Vzhledem k rozsahu objektu by bylo pořízení takového množství lokálních jednotek značně nákladné, systém by nebyl ucelený a kladl by velké nároky na instalaci i následnou údržbu (např. výměna velkého množství filtrů apod.). Hlavním omezením je možnost instalace jednotek pouze v 1NP a 2NP, jelikož místnosti s potřebou větrání v 1PP jsou pod úrovní terénu a není tedy možné zajistit přívod čerstvého vzduchu tímto způsobem.

Na základě výše uvedených informací bylo jako optimální způsob větrání řešeného rodinného domu zvoleno nucené rovnotlaké větrání centrální vzduchotechnickou jednotkou a tento koncept bude v další části této bakalářské práce rozveden.

3.1.3 Návrh nuceného rovnotlakého systému větrání s centrální jednotkou

3.1.3.1 Návrhové hodnoty pro větrání

Pro potřeby návrhu větracího systému rodinného domu byla zvolena vnitřní teplota 20 °C jak pro obytné místnosti, kuchyni, pracovnu, domácí práce a knihovnu, tak z důvodu zvýšeného komfortu uživatelů i pro chodby a s chodbami spojenými schodišti. Vnitřní výpočtová teplota sociálního zařízení je navržena na 24°C. Relativní vlhkost vzduchu je uvažována 50-90 % pro koupelny a 40-60 % pro ostatní místnosti (obytné místnosti, kuchyně, pracovna, knihovna, chodby, schodiště apod.).

Venkovní vzduch je pro naše podmínky charakterizován pro letní období výpočtovou teplotou 32 °C a měrnou entalpií 56 kJ.kg⁻¹ a pro zimní období teplotou -15 °C a relativní vlhkostí 100 %. [4.1]

V objektu je uvažováno s trvalým pobytem 6 osob, ale taktéž s možností častých návštěv, proto jsou veškeré hodnoty navrženy na pobyt dvou osob v každém pokoji.

V rámci výpočtu větrání budou uvažovány doporučené hodnoty intenzity větrání a nárazového množství vzduchu, uvedené v *Tab. 4*.

3.1.3.2 Stanovení průtoku vzduchu

Pro odvod škodlivých látek z interiéru a dodržení všech výše zmíněných hygienických požadavků je nutné zajistit přívod dostatečného množství vzduchu. Ten může být dodáván pouze z venkovního prostředí, kdy se množství přiváděného vzduchu (V_p) rovná vzduchu tzv. čerstvému (V_e), což popisuje vztah (3.2). Tento návrh je ve většině případů používán za předpokladu, že vytápění, resp. chlazení objektu je řešeno jiným způsobem a nejsou vzneseny další požadavky na množství přiváděného vzduchu (intenzitu výměny vzduchu). [4.6]

$$V_p = V_e \quad (3.2)$$

Pokud by se uvažovalo s teplovzdušným vytápěním, tzn s vytápěním právě pomocí vzduchotechnické jednotky, byl by tento návrh značně neekonomický. Pro dosažení reálných teplot přiváděného vzduchu (~40 °C) je množství přiváděného vzduchu větší než požadované množství vzduchu čerstvého, a i s využitím zpětného získávání tepla by byly vzneseny příliš velké požadavky na dodávku tepla pro ohřev vzduchu, což by s sebou samozřejmě přinášelo i vysoké náklady na provoz. Stejně by tomu bylo v případě, že by větrané proozy vykazovaly požadavky na intenzitu výměny vzduchu, která by překračovala hodnoty intenzity větrání.

Pro tyto případy se pro přívod vzduchu do interiéru volí kombinace vzduchu čerstvého (V_e) a vzduchu cirkulačního (V_c). Výrazně se omezí podíl čerstvého, tedy studeného (případně teplého) vzduchu, které je třeba dohřívát (ochlazovat), a tím se sníží vynaložené náklady na provoz. Uvedený vztah je popsán vzorcem [4.6]

$$V_p = V_e + V_c \quad (3.3)$$

Vzájemný poměr vzduchu čerstvého a cirkulačního je dán podmínkami pro splnění hygienických požadavků na větrání.

Zadaný objekt je vytápěn samostatným zařízením (tepelné čerpadlo země-voda), proto se neuvažuje s použitím větrací jednotky jako s dalším zdrojem vytápění.

Množství čerstvého vzduchu

Minimální množství čerstvého vzduchu je dáno intenzitou větrání vycházející z již zmíněného vztahu (2.1)

$$V_e = V * I \quad (3.4)$$

kde: Iintenzita větrání [h^{-1}]
 V_e průtok čerstvého vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
 Vobjem místnosti [m^3]

Dále je určeno minimálními dávkami stanovenými na jednu osobu viz *Tab. 4* a jeho množství udává vztah [4.1]

$$V_e = D * n_o \quad (3.5)$$

kde: V_e průtok čerstvého vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
 Dmnožství čerstvého vzduchu na osobu [$\text{m}^3 \cdot \text{os}^{-1}$]
 n_opočet osob [-]

Tento vztah vychází ze vzorce pro výpočet množství čerstvého vzduchu na základě koncentrace oxidu uhličitého v interiéru a ve venkovním vzduchu a na základě produkce CO_2 v interiéru. Závislost popisuje vztah [4.6]

$$V_e = \frac{m_{\text{CO}_2}}{(\rho_{\text{max}} - \rho_{\text{CO}_2}) * 10^{-3}} \quad (3.6)$$

kde: V_eprůtok čerstvého vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
 m_{CO_2}produkce CO_2 [$\text{l} \cdot \text{h}^{-1}$]
 ρ_{max}maximální koncentrace CO_2 v interiéru [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$]
 ρ_{CO_2}koncentrace CO_2 v přiváděném venkovním vzduchu [$\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$]

Na základě Pettenkoferova kritéria, které vychází z hodnot produkce CO₂ člověkem v klidu 16-20 l.h⁻¹, koncentrace CO₂ ve venkovním vzduchu 300 ppm a koncentrací CO₂ v interiéru 1000 ppm, získáme dosazením do rovnice (3.6) hodnotu minimálního množství čerstvého vzduchu na osobu 25 m³.h⁻¹.os⁻¹, což odpovídá doporučené hodnotě v Tab. 4. [4.18]

$$V_e = \frac{16}{(1000-300) \cdot 10^{-3}} = 22,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \sim 25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.7)$$

Výsledná hodnota V_e je určena maximem z výše uvedených vztahů pro průtok čerstvého vzduchu pro konkrétní místnosti.

Množství přiváděného vzduchu

Návrh množství přiváděného vzduchu na základě odvodu tepelné zátěže se provádí zejména v objektech (místnostech) se zdroji s velkou konstantní produkcí tepla, jako jsou například serverovny nebo kompresorovny, a řídí se vzorcem [4.6]

$$V_p = \frac{Q_{zisk}}{\rho * c_v * (t_i - t_p)} \quad (3.8)$$

kde: V_pprůtok přiváděného vzduchu [m³.h⁻¹]
 Q_{zisk}tepelné zisky [W]
 ρměrná hmotnost vzduchu [kg.m⁻³]
 c_vměrná tepelná kapacita vzduchu [J.kg⁻¹.K⁻¹]
 t_iteplota v interiéru [°C]
 t_pteplota přiváděného vzduchu [°C]

V řešeném objektu se místnosti tohoto druhu nenachází, proto návrh na základě těchto parametrů není předmětem bakalářské práce.

Dále množství přiváděného vzduchu závisí na odvodu vlhkosti z interiéru a je popsán vzorcem [4.6]

$$V_p = \frac{G}{\rho * (x_i - x_p)} \quad (3.9)$$

kde: V_pprůtok přiváděného vzduchu [m³.h⁻¹]
 Gprodukce vlhkosti ve větraném prostoru [g.h⁻¹]
 ρ měrná hmotnost vzduchu [kg.m⁻³]
 x_iměrná vlhkost vzduchu v interiéru [g.kg⁻¹ s.v.]
 x_pměrná vlhkost přiváděného vzduchu [g.kg⁻¹ s.v.]

Jedná se zejména o případy, kdy je v objektu umístěn nějaký zdroj s vysokou produkcí vlhkosti, jako např. bazén nebo velkokapacitní kuchyně. V rámci větrání obytných místností není uvažováno s nadměrnou produkcí vlhkosti a pro větrání postačí

hodnota přiváděného množství čerstvého vzduchu $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}^{-1}$. Větrání samostatného bazénu bude podrobně řešeno v kapitole (3.2).

V následujících tabulkách *Tab. 7* a *Tab. 8* jsou uvedeny hodnoty množství přiváděného (=čerstvého) a odváděného vzduchu z/do jednotlivých místností a pater objektu, které vychází z výše uvedených vzorců. Průtok v místnostech bez požadavku na intenzitu větrání byl doplněn s cílem zajištění provětrávání všech místností a dodržení rovnotlakého systému jak v jednotlivých podlažích, tak jako celek.

Tab. 7 Množství přiváděného vzduchu v jednotlivých místnostech

1PP – přívod vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Počet osob	Objem čerstvého vzduchu na osobu	Intenzita větrání	Objem čerstvého vzduchu celkem podle počtu osob	Objem čerstvého vzduchu podle intenzity větrání	Návrhová hodnota
		[m ³]	[-]	[m ³ .h ⁻¹ .os ⁻¹]	[h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
005	Pohotovostní WC	6,49	-	-	-	-	-	80
007	Chodba	51,63	-	-	-	-	-	30
008	Vinotéka	44,55	2	25	0,5	50	22	50
								160

1NP – přívod vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Počet osob	Objem čerstvého vzduchu na osobu	Intenzita větrání	Objem čerstvého vzduchu celkem podle počtu osob	Objem čerstvého vzduchu podle intenzity větrání	Návrhová hodnota
		[m ³]	[-]	[m ³ .h ⁻¹ .os ⁻¹]	[h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
106	Obývací pokoj	171,12	6	25	0,5	150	86	150
109	Jídelna	92,07	6	25	0,5	150	46	150
110	Kuchyně	75,95	4	25	0,5	100	38	100
111	Domácí práce	26,20	-	-	-	-	-	50
112	Pracovna	42,01	2	25	0,5	50	21	50
113	Knihovna	55,18	2	25	-	50	-	50
								550

2NP – přívod vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Počet osob	Objem čerstvého vzduchu na osobu	Intenzita větrání	Objem čerstvého vzduchu celkem podle počtu osob	Objem čerstvého vzduchu podle intenzity větrání	Návrhová hodnota
		[m ³]	[-]	[m ³ .h ⁻¹ .os ⁻¹]	[h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
202	Ložnice	32,64	2	25	0,5	50	16	60
206	Ložnice	101,11	2	25	0,5	50	51	100
212	Ložnice	56,87	2	25	0,5	50	28	80
220	Ložnice	54,83	2	25	0,5	50	27	80
224	Ložnice	45,83	2	25	0,5	50	23	80
								400

Tab. 8 Množství odváděného vzduchu v jednotlivých místnostech

1PP – odvod vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Nárazové množství vzduchu	Návrhová hodnota
		[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
005	Pohotovostní WC	6,49	50	50
006	Úklid	8,41	-	10
009	Mytí lahví	8,41	-	30
010	Pohotovostní WC	9,88	50	50
011	Sklad potravin	14,60	-	10
012	Sklad potravin	14,60	-	10
				160

1NP – odvod vzduchu

Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Nárazové množství vzduchu	Návrhová hodnota
		[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
101	Zádveří	39,84	-	20
102	Chodba	138,57	-	30
103	WC	14,26	50	50
104	Úklid	4,65	-	10
105	WC	14,26	50	50
106	Obývací pokoj	171,12	-	100
109	Jídelna	92,07	-	40
110	Kuchyně	75,95	150	150
111	Domácí práce	26,20	-	50
113	Knihovna	55,18	-	50
				550

2NP – odvod vzduchu

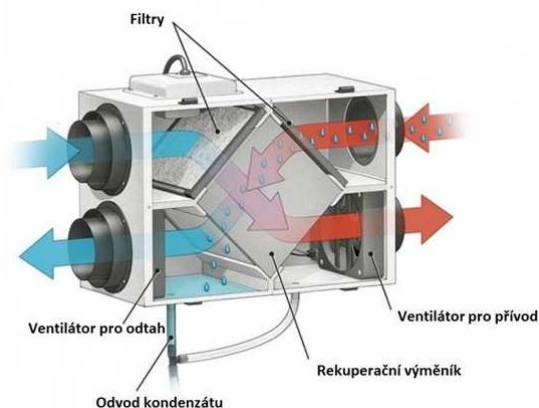
Číslo místnosti	Název místnosti	Objem místnosti	Nárazové množství vzduchu	Návrhová hodnota
		[m ³]	[m ³ .h ⁻¹]	[m ³ .h ⁻¹]
201	Chodba	93,59	-	30
205	Koupelna	32,51	90	90
207	WC	11,73	50	50
208	Šatna	23,46	-	10
211	Koupelna	8,80	50	90
213	Šatna	8,93	-	10
217	Úklid	4,21	-	10
218	Koupelna	26,52	90	90
221	Šatna	8,16	-	10
225	Šatna	12,24	-	10
				400

3.1.3.3 Navržená vzduchotechnická jednotka

Celkový průtok vzduchotechnickou jednotkou je dán součtem průtoků ze všech podlaží a dohromady činí $1110 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Na základě průtoku a okrajových podmínek je pomocí návrhového programu společnosti Atrea navržena jednotka Atrea Duplex 1500 MultiEco s protiproudým rekuperačním výměníkem. Jednotka je uvažována v podlahovém provedení a bude umístěna v prostoru zateplené půdy, kde by teplota neměla klesnout pod $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Jednotka dokáže pracovat ve třech následujících provozních režimech.



Obr. 11 Atrea Duplex MultiEco, otevřený plášť [4.15]

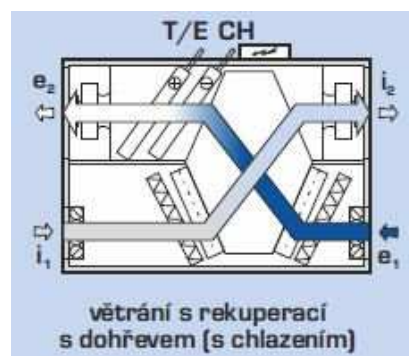


Obr. 12 Princip protiproudého rekuperačního výměníku [4.19]

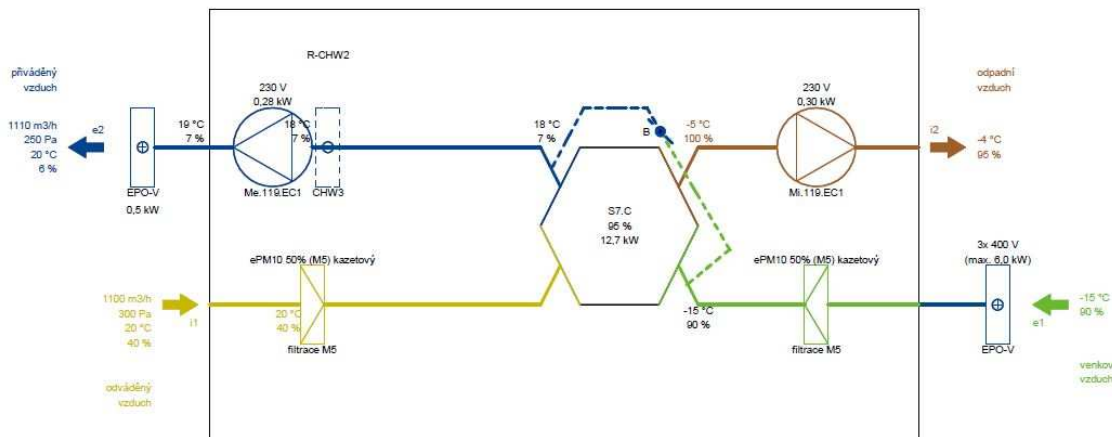
Větrání s rekuperací s ohřevem (s chlazením)

Základním režimem je větrání objektu venkovním čerstvým vzduchem, který prochází rekuperačním výměníkem. Exteriérový vzduch o nižší teplotě získává energii od odpadního interiérového vzduchu (zimní období) a ohřívá se. Účinnost rekuperace výrobce deklaruje až 93 %. Reálně ale bývá menší. Venkovní vzduch se tedy neohřeje na interiérových $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a aby nedocházelo ke konstantnímu ochlazení vnitřního vzduchu, bude za jednotku instalován

externí elektrický ohřivač EPO-V315/3,0. Zároveň se jako protimrazová ochrana jednotky umístí na potrubí sání čerstvého vzduchu elektrický předehřivač EPO-V315/6,0, který by měl zabránit namrzání výměníku tepla v jednotce ve výrazně podnulových teplotách. [5.3]

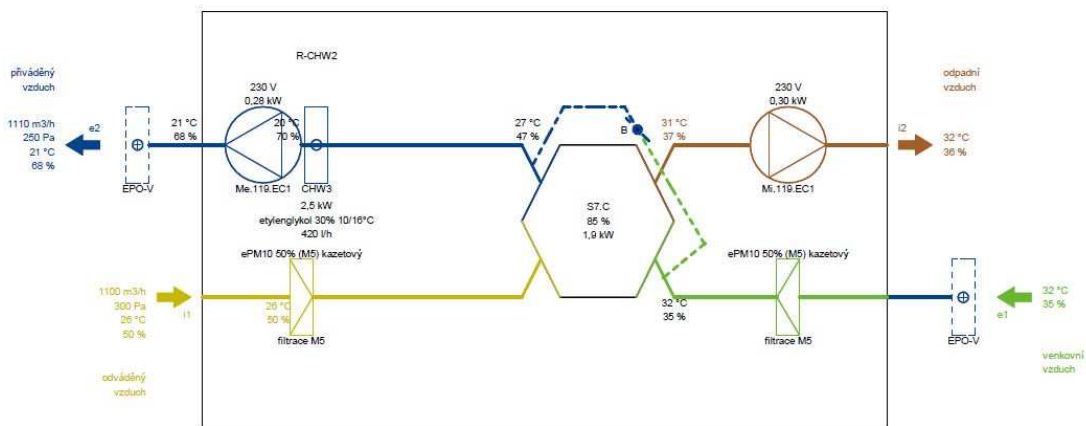


Obr. 13 Větrání s rekuperací s dohřevem (s chlazením) [5.3]



Obr. 14 Vzduchotechnické schéma – zimní provoz [5.4]

V letním období naopak exteriérový vzduch předává svoji energii odpadnímu vzduchu a tím se ochlazuje. Ani v tomto případě rekuperace nedokáže zajistit požadovanou teplotu přívodního vzduchu (okolo 25 °C), proto bude do jednotky umístěn vodní chladič, který bude napojen na primární okruh otopné soustavy.



Obr. 15 Vzduchotechnické schéma – letní provoz [5.4]

Tento chladič neslouží k celkovému chlazení objektu, tedy pokrytí tepelných zisků od slunečního záření apod., ale pouze pro ochlazení přiváděného vzduchu do objektu na požadovanou interiérovou teplotu, čímž se (zejména pokud není použit další systém chlazení) zvyšuje uživatelský komfort nebo se nároky na samotný chladič systém sníží.

Cirkulační vytápění nebo chlazení

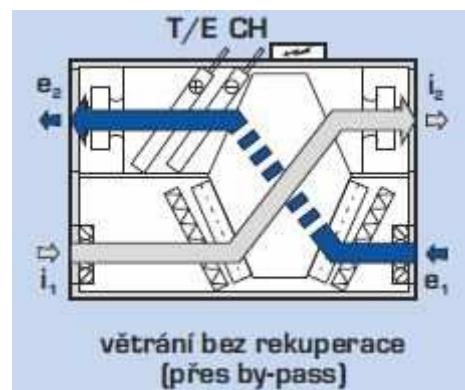
Za předpokladu, že má být vzduchotechnická jednotka použita pro teplovzdušné vytápění nebo chlazení objektu (v zadaném objektu není tato varianta uvažována), je doplněna o cirkulační klapku. Vzduch odebíraný z interiéru je v jednotce ohříván teplovodním nebo elektrickým ohřívačem (chlazen přímým výparníkem nebo vodním chladičem) a takto upravený vzduch následně vrácen zpět do objektu.



Obr. 16 Cirkulační vytápění nebo chlazení [5.3]

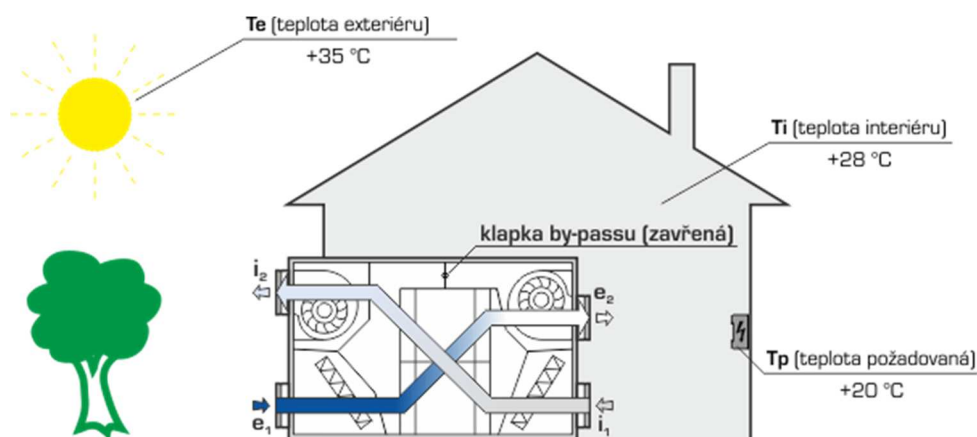
Větrání bez rekuperace (by-pass)

Větrání bez rekuperace je využíváno při tzv. nočním předchlazení. Teploty venkovního vzduchu vystoupají přes den nad hodnotu teploty v interiéru, klapka by-passu je zavřena a vzduch prochází přes rekuperační komoru. Odevzdává část energie odpadnímu vzduchu a tím se ochlazuje. V nočních hodinách naopak teplota v exteriéru klesne pod teplotu v interiéru, a aby se přírodní chladný vzduch neohříval o teplý odpadní vzduch, je odkloněn mimo výměník otevřením by-passové klapky. Těto funkce je využito při komplexním návrhu chlazení objektu,

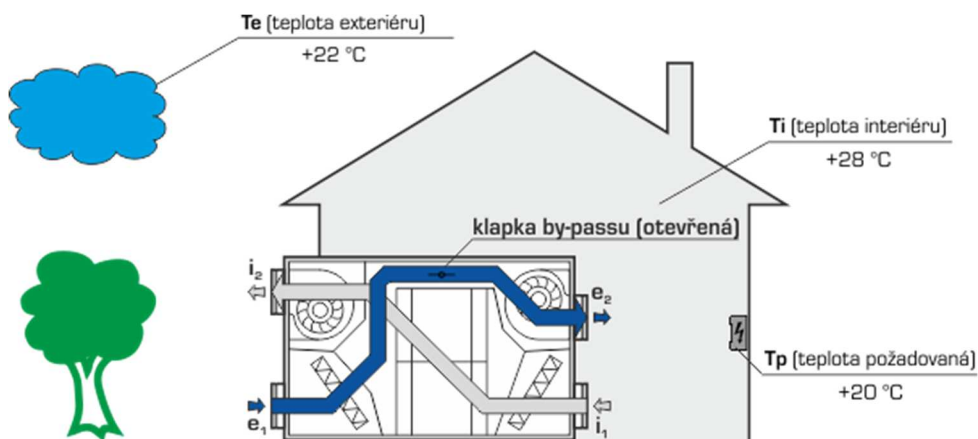


Obr. 17 Větrání bez rekuperace (by-pass) [5.3]

v nočních hodinách je objekt venkovním vzduchem ochlazen, čímž se snižují následné nároky na chladicí systém. Cílem je ochlazení nejen vnitřního vzduchu, ale také akumulace chladu do stavebních konstrukcí, které následně dokáží odebrat větší množství energie dodané do interiéru během dne. [4.16]



Obr. 18 Zavřená klapka by-passu [4.16]



Obr. 19 Otevřená klapka by-passu [4.16]

3.1.3.4 Rozvod potrubí, distribuční prvky

Potrubí sání čerstvého vzduchu (e_1) a výstupu odpadního vzduchu (i_2) bude provedeno z potrubí typu SPIRO a bude vyvedeno nad střechu objektu. Potrubí sání bude ukončeno protidešťovou stříškou a před jednotkou bude osazen předehřívač EPO-V315/3,0 viz výše.



Obr. 20 Potrubní ohřívač (předehřívač) EPO-V v kruhovém a hranatém provedení [4.17]

Potrubí výstupu čerstvého filtrovaného vzduchu a sání odpadního vzduchu bude provedeno v prostoru půdy z hranatého potrubí a napojeno na stoupací potrubí objektu taktéž obdélníkového průřezu. Ve 2NP a 1NP je na stoupací potrubí napojeno potrubí typu SPIRO. Potrubí bude ukončeno v rozdělovacím boxu.



Obr. 21 Rozdělovací box VZT potrubí [4.24]



Obr. 22 Spiro potrubí [5.5]



Obr. 23 Flexibilní potrubí MAT KLIMAFLEX SB [4.24]

Potrubí z rozdělovacího boxu ke koncovým prvkům je navrženo z flexibilních hadic MAT KLIMAFLEX SB z důvodu dobré manipulovatelnosti a snadné čistitelnosti. Hadice jsou na koncové prvky napojeny pomocí stropních boxů.

Distribuční prvky v jednotlivých místnostech budou osazeny v SDK podhledu. Jedná se o kovové talířové ventily pro odvod a přívod vzduchu.



Obr. 24 Přívodní kovový talířový ventil [5.6]



Obr. 25 Odvodní kovový talířový ventil [5.7]

3.1.3.5 Regulace systému

Vzhledem ke složitosti požadavků investora na funkci systému bylo přistoupeno k použití nadřazeného regulačního systému. V této kapitole bude zjednodušeně popsán princip celé regulace, podrobné řešení by však příslušelo specializovaným firmám, které se věnují systémům Měření a regulace (MaR).

Objekt je rozdělen celkem do tří podlaží, každé z nich má svůj specifický účel a bude tvořit samostatnou zónu VZT systému. V prostoru 2NP (zóna 1) jsou umístěny ložnice spolu se sociálním zařízením a šatnami a toto podlaží je označeno jako „klidové“. Předpokládá se jeho využití převážně k odpočinku a přespání osob. 1NP (zóna 2) je označeno jako podlaží „provozní“, je zde umístěno zázemí pro běžné potřeby rodiny jako např. kuchyně, jídelna, obývací pokoj, pracovna apod. Zde se předpokládá aktivita zejména v denních hodinách. 1PP (zóna 3) je označeno jako „skladové“, či „technické“, v rámci VZT systému je zajišťován provoz chodeb, skladů potravin, vinárna a sociální zařízení. V těchto provozech se nepředpokládá trvalý pobyt osob.

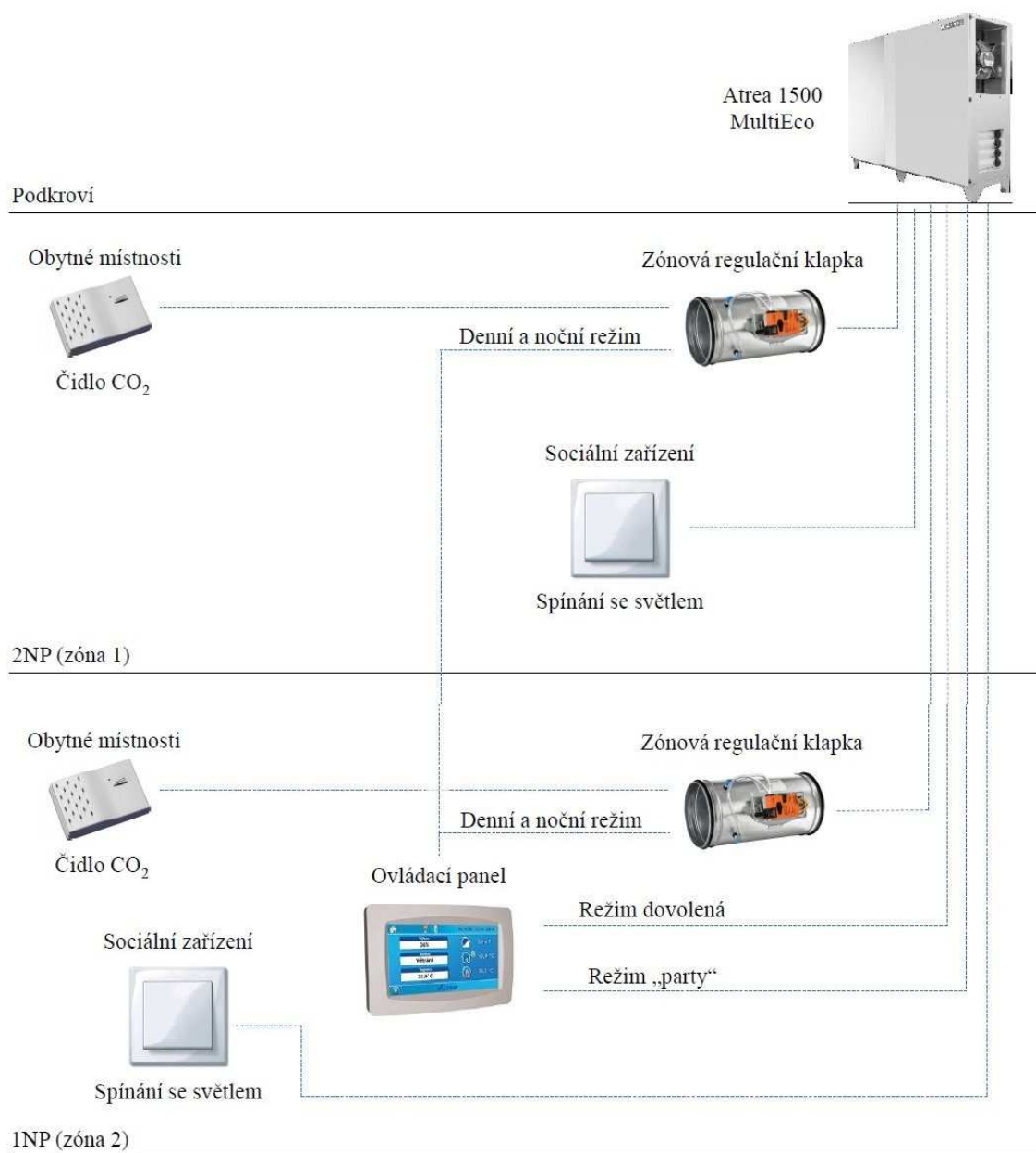
Systém regulace bude pracovat na základě konstantního tlaku v soustavě a v základu bude obsahovat čtyři režimy – denní, noční, režim dovolená a tzv. režim „party“.

Noční a denní režim bude spínán automaticky podle přednastaveného času uživatele. V denním režimu bude utlumen průtok vzduchu v zóně 1 (klidová) pomocí přivření regulační klapky na přívodním a odpadním potrubí do této zóny a naopak zvýšen průtok v zóně 2 (provozní) pomocí otevření regulační klapky na přívodním a odpadním potrubí do této zóny. V zóně 3 nebudou osazeny regulační klapky a průtok vzduchu bude nezměněn. Přivřením (resp. otevřením) klapek dojde k nárůstu (poklesu) tlaku v soustavě a díky tomuto dojde v rámci zachování konstantního tlaku ke snížení (zvýšení) počtu otáček ventilátoru ve VZT jednotce. Naopak v nočním režimu bude utlumen průtok v zóně 2 (provozní) a zvýšen průtok v zóně 1. Princip zůstává obdobný jako v denním režimu.

Režim dovolené a tzv. režim „party“ bude spouštěn manuálně uživatelem na ovládacím panelu. V režimu dovolené bude navolen počet dnů, ve kterém dojde ke snížení otáček ventilátoru ve VZT jednotce a tím ke snížení množství větraného vzduchu. Po uplynutí této doby dojde automaticky k návratu do běžného (denního a nočního) režimu. V režimu „party“ bude naopak celkové množství přiváděného vzduchu zvýšeno zvýšením počtu otáček ventilátoru na základě předpokladu zvýšeného výskytu osob v objektu. Tento režim bude vypínán ručně uživatelem.

Další stupeň regulace bude proveden na základě kontroly kvality vzduchu v obytných místnostech objektu. V každé obytné místnosti bude umístěno čidlo CO₂, které bude měřit koncentraci CO₂ v ovzduší. Po překročení limitní hodnoty (1000 ppm) bude odeslán signál pro otevření regulační klapky v příslušné zóně. Opět dojde ke snížení tlaku v soustavě a ve snaze o zachování jeho konstantní hodnoty dojde ke zvýšení otáček ventilátoru ve VZT jednotce. Tím se zvýší množství větraného vzduchu v dané zóně. Po poklesu koncentrace CO₂ pod limitní hodnotu se regulační klapky a otáčky ventilátoru vrátí do původního nastavení.

Posledním stupněm regulace bude přímé navýšení množství otáček ventilátoru VZT jednotky na základě signálu ze sociálních zařízení v objektu. Signál se aktivuje spolu se světlem a je uvažováno s instalací doběhového relé. Přímý signál k ventilátoru (a tím pádem „obejití“ regulace pomocí zónové regulační klapky) způsobí zvýšení množství větraného vzduchu nejen v konkrétní zóně, ale v celém objektu. Toto řešení se může jevit jako ne zcela vhodné, nicméně je zde zvoleno z následujícího důvodu. Za předpokladu, že by klapka v zóně již byla maximálně otevřena, nedošlo by po spuštění signálu ze sociálního zařízení v dané zóně k navýšení množství větraného vzduchu. Takto je požadované množství vzduchu vždy zajištěno.



Obr. 26 Systém nadřazené regulace

3.1.3.6 Hlukové posouzení

Pro návrh tlumicích prvků potrubního systému byla zvolena referenční trasa, která bude s největší pravděpodobností vykazovat nejvyšší zatížení hlukem. Jedná se o trasu, jejíž koncový prvek je nejbližší zdroji hluku a ve které se nachází nejvíce dalších doplňkových zdrojů hluku. Pro potrubí přívodu čerstvého vzduchu je tímto prvkem talířový ventil, který je umístěn v místnosti 202 (ložnice), pro potrubí odváděného vzduchu se pak jedná o talířový ventil v místnosti 201 (chodba). Obě referenční trasy jsou ukončeny ve 2NP, kde se maximální provoz jednotky uvažuje hlavně v noci. V rámci posouzení je tedy nutno brát v úvahu maximální hodnoty akustického tlaku stanovené pro noční hodiny pro jednotlivé místnosti.

Výpočet hlukové zátěže byl proveden pomocí doplňkové volně dostupné aplikace Akustika [5.9] programu MS Excel.

Při nočním režimu musí být hodnota akustického tlaku v obytných místnostech pod limitními 30 dB. Při posouzení trasy přívodního potrubí do místnosti 202 bez použití tlumiče hluku bylo zjištěno, že takto provedená trasa – bez vloženého tlumiče hluku – požadavkům nevyhoví. Výsledek je zobrazen na *Obr. 27*.

Výpočet hladiny akustického tlaku z provozu vzduchotechniky																
Název akce:		RD vč. bazénu										Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] *1)	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] *2)			
Popis výpočtu:		VZT jednotka - obytné prostory - přívod vzduchu (výtlak e2) - bez tlumiče hluku														
Vypracoval:		Jana Štětková								Datum: čtvrtek 16. duben 2020						
Poznámka:		*1) celková hladina v rozsahu frekvenčních oktávových pásem 31,5 až 8000 Hz jejichž dílčí části jsou uvedeny v předchozím řádku; zde se jedná o hladinu akustického tlaku nebo výkonu vyplývající z povahy výpočtu a vloženého řádku výpočtu. *2) celková hladina jako v předchozím případě, ale s přepočtením pomocí filtru A; ÚTLUM - snížení akustického tlaku při šíření zvuku vlivem různých překážek a fyzikálních vlivů, například vzduchotechnických tvarovek v potrubní cestě [dB]; HLUK - vlastní hluk (akustický výkon) vznikající v daném prvku zejména vlivem aerodynamiky [dB]; SOUČET - řádek s mezisoučtem předchozích řádků vyjadřující dle kontextu obvykle hladinu akustického tlaku [dB], případně výkonu [dB]; VÝKON - akustický výkon zdroje [dB]; VÝKON-A - akustický výkon zdroje s přepočtením pomocí filtru A [dB]														
Id. číslo prvku	Popis prvků a jejich parametrů				Oktávová pásma [Hz]								Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] *1)	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] *2)		
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000							
x	Přítok vzduchu	30 m ³ /h	Plocha	0,00 m ²	SOUČET	42,7	64,6	71,6	69,4	61,5	39,5	23,1	14,6	5,2	74,4	63,5
33	Talířový ventil				ÚTLUM	0,0	-20,0	-15,0	-12,0	-7,0	-5,0	-4,0	-3,0	-6,0		
x	Poznámka:				HLUK	25,0	25,0	27,0	30,0	28,0	23,0	15,0	5,0	0,0	34,8	28,4
x					SOUČET	42,8	44,6	56,6	57,4	54,5	34,8	20,5	12,4	2,6	61,3	53,5
34	Filtr A				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x					S FILTREM	3,4	18,4	40,5	48,8	51,3	34,8	21,7	13,4	1,5		
x					BEZ FILTRU	42,8	44,6	56,6	57,4	54,5	34,8	20,5	12,4	2,6	61,3	53,5
35	Celkový součet				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]					53,5										
x	Hladina akustického tlaku [dB]					61,3										

Obr. 27 Hlukové posouzení přívodního potrubí bez tlumiče hluku [5.9]

Na základě těchto výsledků byl následně do trasy potrubí vložen přímý čtyřhranný tlumič potrubí Lindab TUNE-PS-200/67-800-600-2550, díky němuž dojde k utlumení nadměrného hluku zejména v kritických frekvenčních pásmech.

Výpočet hladiny akustického tlaku z provozu vzduchotechniky											Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] *1)	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] *2)				
Název akce:	RD vč. bazénu															
Popis výpočtu:	VZT jednotka - obytné prostory - přívod vzduchu (výtlak e2) - s tlumičem hluku															
Vypracoval:	Jana Štětková								Datum: čtvrtek 16. duben 2020							
Poznámka:	*1) celková hladina v rozsahu frekvenčních oktávových pásem 31,5 až 8000 Hz jejichž dílčí části jsou uvedeny v předchozím řádku, zde se jedná o hladinu akustického tlaku nebo výkonu vyplývající z povahy výpočtu a vloženého řádku výpočtu; *2) celková hladina jako v předchozím případě, ale s přepočítáním pomocí filtru A; ÚTLUM - snížení akustického tlaku při šíření zvuku vlivem různých překážek a fyzikálních vlivů, například vzduchotechnických tvarovek v potrubní cestě [dB]; HLUK - vlastní hluk (akustický výkon) vznikající v daném prvku zejména vlivem aerodynamiky [dB]; SOUČET - řádek s mezisoučtem předchozích řádků vyjadřující dle kontextu obvykle hladinu akustického tlaku [dB], případně výkonu [dB]; VÝKON - akustický výkon zdroje [dB]; VÝKON-A - akustický výkon zdroje s přepočítáním pomocí filtru A [dB]															
Id. číslo prvku	Popis prvků a jejich parametrů				Oktávová pásma [Hz]											
					31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
x	Průtok vzduchu	30 m3/h	Plocha	0,00 m2	SOUČET	34,8	55,6	45,7	32,0	31,2	23,8	13,0	9,4	4,7	56,1	34,6
33	Taliřový ventil				ÚTLUM	0,0	-20,0	-15,0	-12,0	-7,0	-5,0	-4,0	-3,0	-6,0		
x	Poznámka:				HLUK	25,0	25,0	27,0	30,0	28,0	23,0	15,0	5,0	0,0	34,8	28,4
x					SOUČET	35,2	36,0	32,2	30,4	29,5	24,4	16,0	8,8	2,4	40,5	29,9
34	Filtr A				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x					S FILTREM	0,0	9,8	16,1	21,8	26,3	24,4	17,2	9,8	1,3		
x					BEZ FILTRU	35,2	36,0	32,2	30,4	29,5	24,4	16,0	8,8	2,4	40,5	29,9
35	Celkový součet				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]					29,9										
x	Hladina akustického tlaku [dB]					40,5										

Obr. 28 Hlukové posouzení přívodního potrubí s tlumičem hluku [5.9]

Obdobným způsobem bylo postupováno při posouzení trasy odvodního potrubí. Zde však nemusíme přesně dodržet limitní hranici 30 dB, neboť se prvky nachází např. na chodbě nebo v sociálním zařízení, nikoliv v obytných místnostech. Místnosti spolu ale úzce souvisí, proto by bylo dobré, aby se výsledky od dané hranice zbytečně neodchylovaly.

Výpočet hladiny akustického tlaku z provozu vzduchotechniky											Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] *1)	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] *2)				
akce:	RD vč. bazénu															
výpočtu:	VZT jednotka - obytné prostory - odvod vzduchu (sání r1) - s tlumičem hluku															
coval:	Jana Štětková								Datum: neděle 19. duben 2020							
imka:	*1) celková hladina v rozsahu frekvenčních oktávových pásem 31,5 až 8000 Hz jejichž dílčí části jsou uvedeny v předchozím řádku, zde se jedná o hladinu akustického tlaku nebo výkonu vyplývající z povahy výpočtu a vloženého řádku výpočtu; *2) celková hladina jako v předchozím případě, ale s přepočítáním pomocí filtru A; ÚTLUM - snížení akustického tlaku při šíření zvuku vlivem různých překážek a fyzikálních vlivů, například vzduchotechnických tvarovek v potrubní cestě [dB]; HLUK - vlastní hluk (akustický výkon) vznikající v daném prvku zejména vlivem aerodynamiky [dB]; SOUČET - řádek s mezisoučtem předchozích řádků vyjadřující dle kontextu obvykle hladinu akustického tlaku [dB], případně výkonu [dB]; VÝKON - akustický výkon zdroje [dB]; VÝKON-A - akustický výkon zdroje s přepočítáním pomocí filtru A [dB]															
Id. číslo prvku	Popis prvků a jejich parametrů				Oktávová pásma [Hz]											
					31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
	Průtok vzduchu	30 m3/h	Plocha	0,00 m2	SOUČET	42,3	45,7	30,3	34,0	30,8	20,2	11,7	7,8	4,4	47,7	30,7
	Taliřový ventil				ÚTLUM	-22,0	-22,0	-17,0	-13,0	-10,0	-8,0	-8,0	-6,0	-9,0		
	Poznámka:				HLUK	29,0	29,0	29,0	28,0	27,0	25,0	18,0	10,0	0,0	35,9	28,8
					SOUČET	29,5	30,1	29,1	28,8	27,9	25,2	18,2	10,6	1,3	36,6	29,3
	Filtr A				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
					S FILTREM	0,0	3,9	13,0	20,2	24,7	25,2	19,4	11,6	0,2		
					BEZ FILTRU	29,5	30,1	29,1	28,8	27,9	25,2	18,2	10,6	1,3	36,6	29,3
	Celkový součet				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]					29,3										
	Hladina akustického tlaku [dB]					36,6										

Obr. 29 Hlukové posouzení odvodního potrubí s tlumičem hluku [5.9]

3.2 Větrání bazénu

Hlavním důvodem, proč je třeba větrat bazénové haly, je odvod vlhkosti. Dalším cílem je odvod chemických látek potřebných pro úpravu vody, jako jsou např. chlor, trichloramin nebo ozon. [3.3]

3.2.1 Požadavky na kvalitu vzduchu a vnitřní prostředí

3.2.1.1 Teplota vody a vzduchu

Teplotu bazénové vody a ovzduší v bazénových halách rodinných domů neupravuje žádný závazný předpis. Hlavním ukazatelem je vytvoření příjemného prostředí a komfortu při užívání. Vzhledem k velikosti bazénové plochy zde není uvažováno s plaváním na závodní úrovni, v rámci provozu bazénu pouze pro potřeby rekreace uživatelů není bazén navržen ani jako terapeutický nebo jinak specializovaný. Teplota vody se proto bude s velkou pravděpodobností pohybovat okolo 30 °C a teplota vzduchu by neměla být o více než 1-3 °C vyšší. [3.1] [3.3]

Přilehlá sprcha není od bazénové haly nijak oddělena, proto se předpokládá se stejnými parametry vzduchu.

Koupelna sousedící s bazénovou halou nemá v rámci rodinného domu také žádné normativně stanovené požadavky. V rámci zpracování této práce bude uvažováno se stejnou teplotou jako v bazénové hale.

3.2.1.2 Intenzita větrání

Pro vypracování bakalářské práce budou hodnoty intenzity větrání ztotožněny s hodnotami pro veřejné bazény, které jsou uvedené v *Tab. 9*. [3.3]

Tab. 9 Intenzita výměny vzduchu bazénů a přilehlých prostor dle Vyhlášky č. 238/2011 Sb. [2.5]

Druh provozu	Násobnost výměny vzduchu
	[h ⁻¹]
Bazénová hala	Min. 2
Sprchy	Min. 8
Šatny	5-6

Současně se doporučuje zajistit průtok čerstvého vzduchu 10 m³.h⁻¹ na m² vodní hladiny.

Aby se chemické látky nešířily do okolních prostorů, měla by být bazénová hala udržována v mírném podtlaku, tedy množství odváděného vzduchu by mělo být cca o 10 % větší než množství vzduchu přiváděného, což u lokálních cirkulačních jednotek není možné. [3.3]

V rámci návrhu intenzity větrání musí být dodržena rychlost proudění vzduchu na okraji pobytové zóny plavců, která by neměla překročit hodnotu 0,2 m.s⁻¹. [3.1]

3.2.1.3 Vlhkost

V rámci veřejně provozovaných bazénů je relativní vlhkost vzduchu udána maximální hodnotou 65 % v bazénové hale, a dále hodnotou 85 % ve sprchách a 50 % v ostatních prostorech. Vzhledem k faktu, že pro rodinné domy není požadavek nijak určen, bude se v rámci této práce uvažovat se stejnými hodnotami vyjma sprchy, která je bezprostředně propojena s bazénovou halou a bude mít proto stejné parametry. [3.3]

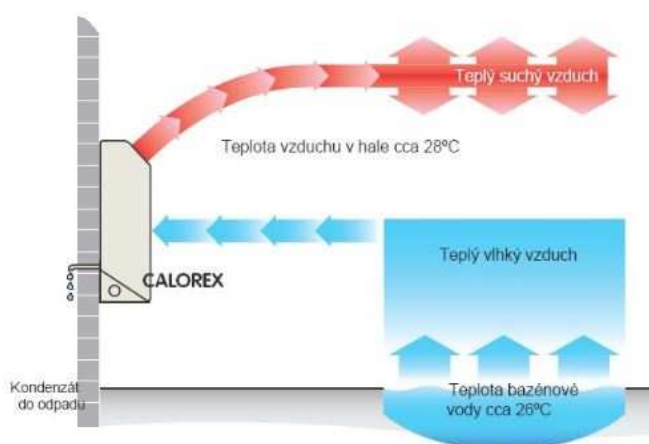
3.2.2 Varianty větrání bazénů

Systémy dostupné na trhu umožňují hned několik způsobů výměny vzduchu v prostoru bazénu. V zásadě se jedná o lokální cirkulační jednotky, které upravují pouze vzduch z prostředí bazénu, anebo centrální větrací jednotky se směřováním venkovního a cirkulačního vzduchu.

3.2.2.1 Lokální odvlhčovací jednotka

Princip lokálních cirkulačních jednotek spočívá v odvodu přebytečné vlhkosti z odváděného vzduchu a jeho následný návrat do prostředí. Teplý vzduch odebraný z prostředí s vysokou relativní vlhkostí je na výparníku ochlazen pod teplotu rosného bodu a následný kondenzát sveden do odpadového systému. Získané teplo je následně použito pro zpětný ohřev vzduchu nebo může být použito například pro ohřev bazénové vody.

Vyústky pro přívod a odvod vzduchu jsou umístěny přímo na jednotce, proto při použití tohoto způsobu úpravy vzduchu často dochází k nedostatečnému provětrání celého prostoru a v neprovětraných místech může docházet ke kondenzaci vodní páry a vzniku plísní. Lokální odvlhčovací jednotka je také finančně náročnější na provoz než odvlhčování čerstvým vzduchem, a to z důvodu chodu kompresoru. Tyto jednotky neřeší ani obsah jiných chemických látek uvolňovaných z vodní hladiny a musí být tedy instalovány v kombinaci s dalšími zařízeními. [4.20]



Obr. 30 Princip lokální odvlhčovací jednotky [4.8]

Jako doplňkové zařízení pro zajištění přívodu čerstvého vzduchu a odvodu chemických látek by mohlo být zvoleno podtlakové větrání např. pomocí odvodních prvků s ventilátory a stěnových štěrbin pro přívod vzduchu. V takovémto případě by ale

vzduch přiváděný do bazénové haly měl teplotu venkovního vzduchu a vznikl by značný požadavek na ohřev přiváděného vzduchu pomocí otopné soustavy.

Další možností je zvolení lokálních rekuperačních jednotek ve stěnovém provedení, které by díky vestavnému rekuperátoru přiváděly do bazénové haly vzduch o vyšší teplotě a požadavek na výkon otopné soustavy pro pokrytí tepelných ztrát větráním by se tím snížil.

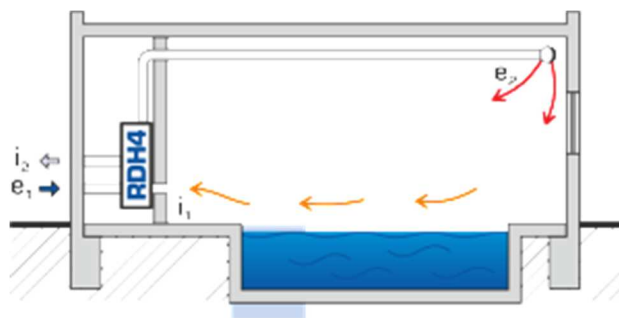
Vzhledem k nutnosti instalace obou doplňkových zařízení na obvodovou konstrukci by ani tento způsob větrání nezajistil dostatečné provětrání všech částí bazénové haly.

Celkově je tento způsob úpravy vzduchu hodnocen jako méně vhodný pro potřeby objektu.

3.2.2.2 Centrální vzduchotechnická jednotka

Centrální jednotky zprostředkovávají nejen odvod vlhkosti, ale taktéž odvod chemické zátěže. Na základě požadavků pro vnitřní prostředí přivádějí do interiéru vzduch, který je kombinací části vnitřního vzduchu, který může a nemusí být odvlhčován (zimní/letní období), a venkovního čerstvého vzduchu. Zbylá část odpadního vzduchu je odváděna mimo objekt. Díky integrovanému výměníku zpětného získávání tepla jsou minimalizovány tepelné ztráty způsobené větráním.

Jednotky bývají umístěny v technické místnosti a jsou napojeny na potrubní rozvod, díky čemuž se zamezí nedostatečnému provětrávání zákoutí bazénové haly. Přívody teplého upraveného vzduchu bývají umístěny v blízkosti prosklených ploch, čímž se výrazně omezí vznik kondenzace vodních par v důsledku ohřátí konstrukce. Odvod vzduchu bývá umístěn na druhé straně bazénové haly, aby se zajistilo dostatečné proudění vzduchu. Z výše popsaných důvodů je tento způsob větrání bazénové haly zhodnocen jako vhodný a bude podrobně zpracován.



Obr. 31 Princip centrální vzduchotechnické jednotky [4.9]

3.2.3 Návrh větrání bazénu

3.2.3.1 Návrhové hodnoty pro větrání

Návrhové hodnoty jednotlivých veličin jsou uvedeny v *Tab. 10*.

Tab. 10 Návrhové hodnoty parametrů pro stanovení větrání bazénu

Prostředí	Teplota		Intenzita výměny venkovního vzduchu	Relativní vlhkost
	[°C]	[K]	[h ⁻¹]	[%]
Bazénová hala	32	305,15	2	60
Sprcha propojená s halou	32	305,15	2	60
Koupelna přilehlá bazénové hale	24	297,15	*1)	90
Bazénová voda	30	303,15	-	-

*1) Nárazové množství odváděného vzduchu 90 m³·h⁻¹

3.2.3.2 Množství přiváděného vzduchu a návrh vzduchotechnické jednotky

Množství přiváděného vzduchu se řídí především produkcí vodní páry, která se odpařuje z vodní hladiny. Produkce vodní páry je popsána vzorcem [3.3]

$$M_s = \beta \cdot S \cdot (p_{vs,w} - p_{v,a}) \quad (3.10)$$

kde: M_sprodukce vodní páry odpařením z v.h. [kg·h⁻¹]
 S plocha vodní hladiny [m²]
 $p_{vs,w}$ parciální tlak nasycené vodní páry při teplotě vody [Pa]
 $p_{v,a}$ parciální tlak vodní páry při teplotě vzduchu [Pa]
 βsoučinitel přenosu hmoty [kg·h⁻¹]

Průtok přiváděného vzduchu je pak dán stejným vzorcem jako při větrání obytných místností (3.3)

Za předpokladu, že odvod vodní páry bude probíhat pouze pomocí venkovního vzduchu, bude vztah vypadat následovně [3.3]:

$$V_p = V_c + V_e = V_c + \frac{M_s}{\rho \cdot (x_i - x_p)} \quad (3.11)$$

kde: M_s produkce vodní páry odpařením z v.h. [kg·h⁻¹]
 ρ měrná hmotnost vzduchu [kg·m⁻³]

x_i měrná vlhkost při teplotě vnitřního vzduchu [$\text{kg.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$]

x_p měrná vlhkost při teplotě přiváděného vzduchu [$\text{kg.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$]

A průtok odváděného vzduchu vzhledem k požadavku na mírný podtlak v hale je stanoven vzorcem [3.3]:

$$V_o = 1,1 \cdot V_p \quad (3.12)$$

Zároveň musí být dodržen požadavek na minimální dvojnásobnou výměnu venkovního vzduchu za hodinu, popsany vzorcem

$$V_p = 2 \cdot V \quad (3.13)$$

kde V objem místnosti [m^3]

$$V = 451,48 \text{ m}^3$$

$$V_p = 2 \cdot 451,48 = 902,96 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.14)$$

V rámci předběžného návrhu byla zvolena bazénová jednotka ThermoCond, která v nejjednodušší konfiguraci obsahuje tři základní provozní režimy.

Odvlhčování venkovním vzduchem v létě

V letním období se vlastnosti venkovního vzduchu blíží k požadovaným hodnotám v bazénové hale. Podíl cirkulačního vzduchu se zmenšuje nebo může být celý prostor větrán pouze čerstvým vzduchem. [5.10]

Odvlhčování venkovním vzduchem v zimě

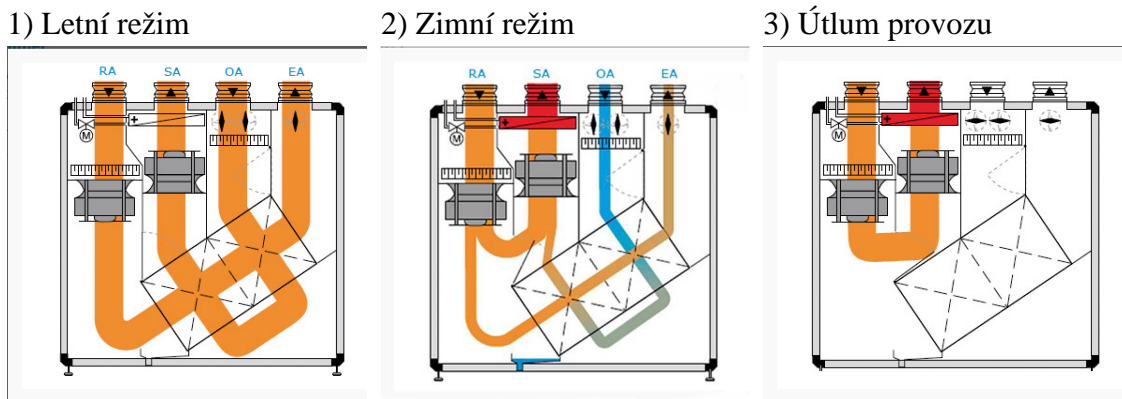
K odvodu přebytečné vlhkosti v zimě je využíván venkovní čerstvý vzduch doplněný vzduchem cirkulačním. Množství venkovního vzduchu je řízeno automaticky v závislosti na produkci vodní páry v bazénové hale a vlhkosti venkovního vzduchu. Cirkulační vzduch je dodáván do celkového množství vzduchu udané násobností výměny vzduchu. [5.10]



Obr. 32 Menerga ThermoCond 19, otevřený plášť [4.22]

Cirkulace vzduchu

V případě omezeného režimu bazénu (v době, kdy není používán) se snižuje odpar z vodní hladiny a tím se také snižují nároky na větrání. Systém pracuje pouze s cirkulačním vzduchem, který zajišťuje proudění vzduchu v hale. [5.10]



Obr. 33 Jednotlivé režimy provozu jednotky ThermoCond 19 [4.22]

Pro plnohodnotné využití režimů jednotky budou stanoveny průtoky čerstvého, resp. přiváděného vzduchu pro letní a zimní provoz zvlášť.

1. režim – letní provoz

Stanovení odparu vodní páry z vodní hladiny je závislé na relativní vlhkosti vnitřního prostředí, která byla na základě iteračních postupů v interaktivním h-x diagramu od společnosti CIC Jan Hřebec stanovena na 62 %. Iterační postupy vycházejí z předpokladu, že vzduch, který je do objektu přiváděn jako větraný, musí mít po absorbování odpařeného množství vody stejné parametry, jako vzduch interiérový. Nejprve bylo stanoveno množství odpařené vodní páry, následně bylo dopočítáno množství čerstvého vzduchu a jeho hodnota případně upravena v rámci porovnání s požadovanou hodnotou výměny vzduchu dle objemu místnosti. Parametry a množství exteriérového vzduchu byly zaneseny do h-x diagramu, dále bylo zaneseno vlhčení vzduchu odpařeným množstvím vody a odečten výsledný stav vzduchu. Tento postup se opakoval, dokud nenastala rovnováha mezi konečnými vlastnostmi přiváděného vzduchu (po úpravách) a interiérovým vzduchem.

Produkcí vodní páry zjistíme dosazením do vzorce [3.3]

$$M_s = \beta \cdot S \cdot (p_{vs,w} - p_{v,a}) \quad (3.15)$$

kde: $S = 41,0 \text{ m}^2$

$$p_{vs,w,32} = 4,759 \text{ kPa}$$

$$p_{v,a} = \varphi_{ib} \cdot p_{vs,w,32} = 0,62 \cdot 4,759 = 2,951 \text{ kPa}$$

$$\beta = 0,124 + 0,11 \cdot w, \quad w < 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$w = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\beta = 0,124 + 0,11 \cdot 0,15 = 0,1405 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$$

$$M_s = 0,1405 \cdot 41 \cdot (4759 - 2951) = 10\,415 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} = 10,4 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.16)$$

Množství čerstvého vzduchu je popsáno vzorcem [3.3]

$$V_{e1} = \frac{M_s}{\rho \cdot (x_i - x_e)} \quad (3.17)$$

A po dosazení hodnot

$$\begin{aligned} M_s &= 8,6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \\ x_i &= 18,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.} \\ x_e &= 9,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.} \\ \rho &= 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

$$V_{e1} = \frac{10,4}{1,2 \cdot (0,0189 - 0,0092)} = 893,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.18)$$

získáme požadovaný průtok čerstvého vzduchu $893,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Z výsledků je patrné, že k odvodu přebytečné vodní páry by stačil průtok čerstvého vzduchu $893,47 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, násobnost výměny vzduchu ale udává číslo větší, tedy $902,96 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Hodnoty se od sebe příliš neliší, proto může být celý požadovaný průtok přiváděného vzduchu pokryt vzduchem čerstvým.

Průtok odváděného vzduchu je pak po dosazení do vzorce (3.12)

$$V_o = 1,1 * V_p = 1,1 \cdot 902,96 = 993,26 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.19)$$

dán hodnotou $993,26 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

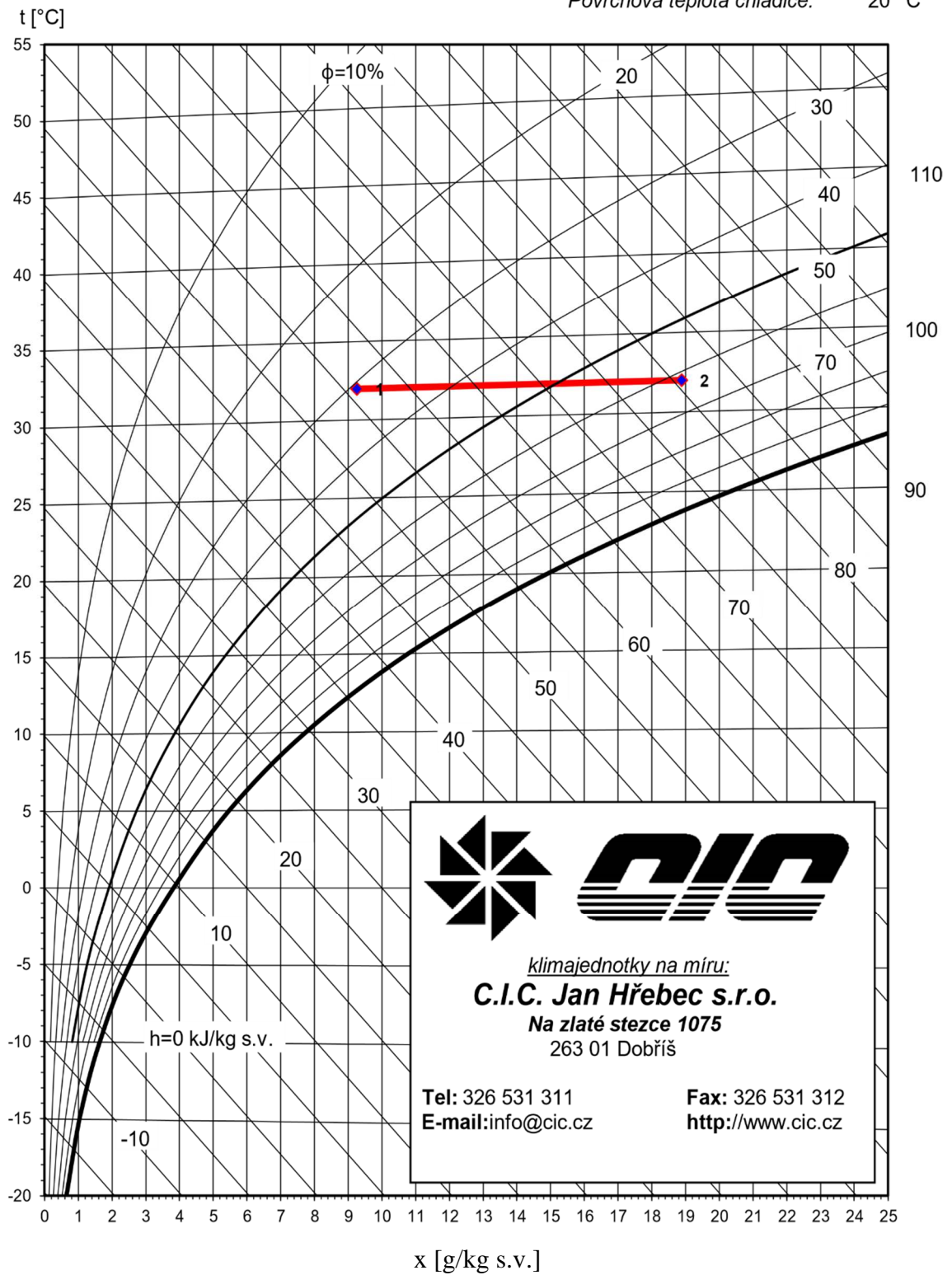
Celý děj je znázorněn v Mollierově diagramu na následujícím obrázku.

Legenda: Bod 1 Vzduch přiváděný do bazénové haly
Bod 2 Přiváděný vzduch po absorpci vzdušné vlhkosti v bazénové hale (= stav vzduchu v bazénové hale)

Psychrometrický diagram dle Molliera
Letní režim

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Povrchová teplota chladiče: 20 °C



Obr. 34 Mollierův diagram pro letní režim [5.11]

Tab. 11 Vstupní a výstupní údaje z Mollierova diagramu – letní režim [5.11]

			1	2	3	4	5	6
			Absorpce vzdušné vlhkosti v hale					
Teplota	t	°C	32,0	32,0				
Rel. vlhkost	φ	%	31 %	62 %				
Měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	9,2	18,9				
Entalpie	h	kJ/kg s.v.	56,0	80,7				
Hustota	ρ	kg/m³	1,14	1,13				
T. vlh. tepl.	tv	°C	19,4	25,8				
Skutečný průtok	Vs	m³/h	963	978				
Norm. průtok	Vn	m³/h	903	903				
Předaný výkon	P	kW		7,4				
Odpařené vody	qw	kg/h		10,4				

2. režim – zimní provoz

Pro zimní provoz musí rovnováha mezi vzduchem přiváděným a vzduchem interiérovým platit rovněž, rozdíl je ale v kombinaci čerstvého vzduchu se vzduchem cirkulačním. Relativní vlhkost interiérového vzduchu dosáhla rovnovážného stavu pro hodnotu 65 %.

Množství odpařené vody dané vztahem [3.3]

$$M_s = \beta \cdot S \cdot (p_{vs,w} - p_{v,a}) \quad (3.20)$$

kde: $S = 41,0 \text{ m}^2$

$$p_{vs,w,32} = 4,759 \text{ kPa}$$

$$p_{v,a} = \varphi_{ib} \cdot p_{vs,w,32} = 0,65 \cdot 4,759 = 3,093 \text{ kPa}$$

$$\beta = 0,124 + 0,11 \cdot w, \quad w < 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$w = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\beta = 0,124 + 0,11 \cdot 0,15 = 0,1405 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$$

$$M_s = 0,1405 \cdot 41 \cdot (4759 - 3093) = 9\,597 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} = 9,6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.21)$$

Průtok čerstvého vzduchu je popsán stejným vztahem jako je tomu v 1. režimu. Čerstvý vzduch se nejprve ohřeje pomocí přehřevu, následně projde rekuperačním výměníkem a smísí se s cirkulačním vzduchem. Následně je tento proud vzduchu ohřát na teplotu shodnou s teplotou v bazénové hale. [3.3]

$$V_{e2} = \frac{M_s}{\rho \cdot (x_i - x_e)} \quad (3.22)$$

$$V_{e2} = \frac{9,6}{1,2 \cdot (0,0199 - 0,001)} = 423,28 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.23)$$

Pro odvod vlhkosti stačí menší množství vzduchu, než je tomu v letním období. Kvůli snížení nákladů na ohřev vzduchu je celkové množství přiváděného vzduchu doplněno vzduchem cirkulačním,

$$V_{c2} = V_p - V_{e2} = 902,96 - 423,28 = 479,68 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.24)$$

který činí $479,68 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Průtok odváděného vzduchu zůstává stejný $V_o = 993,26 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.
Celý děj je opět znázorněn v Mollierově diagramu.

Legenda:	Bod 1	Přiváděný čerstvý vzduch
	Bod 2	Přiváděný čerstvý vzduch po ohřevu v elektrickém předehřívači
	Bod 3	Přiváděný čerstvý vzduch po ohřevu v rekuperačním výměníku VZT jednotky
	Bod 4	Vzduch v bazénové hale
	Bod 5	Čerstvý vzduch po smíšení s cirkulačním vzduchem ve VZT jednotce
	Bod 6	Přiváděný vzduch po ohřevu v elektrickém ohřívači
	Bod 7	Přiváděný vzduch po absorpci vzdušné vlhkosti v bazénové hale (= stav vzduchu v bazénové hale)

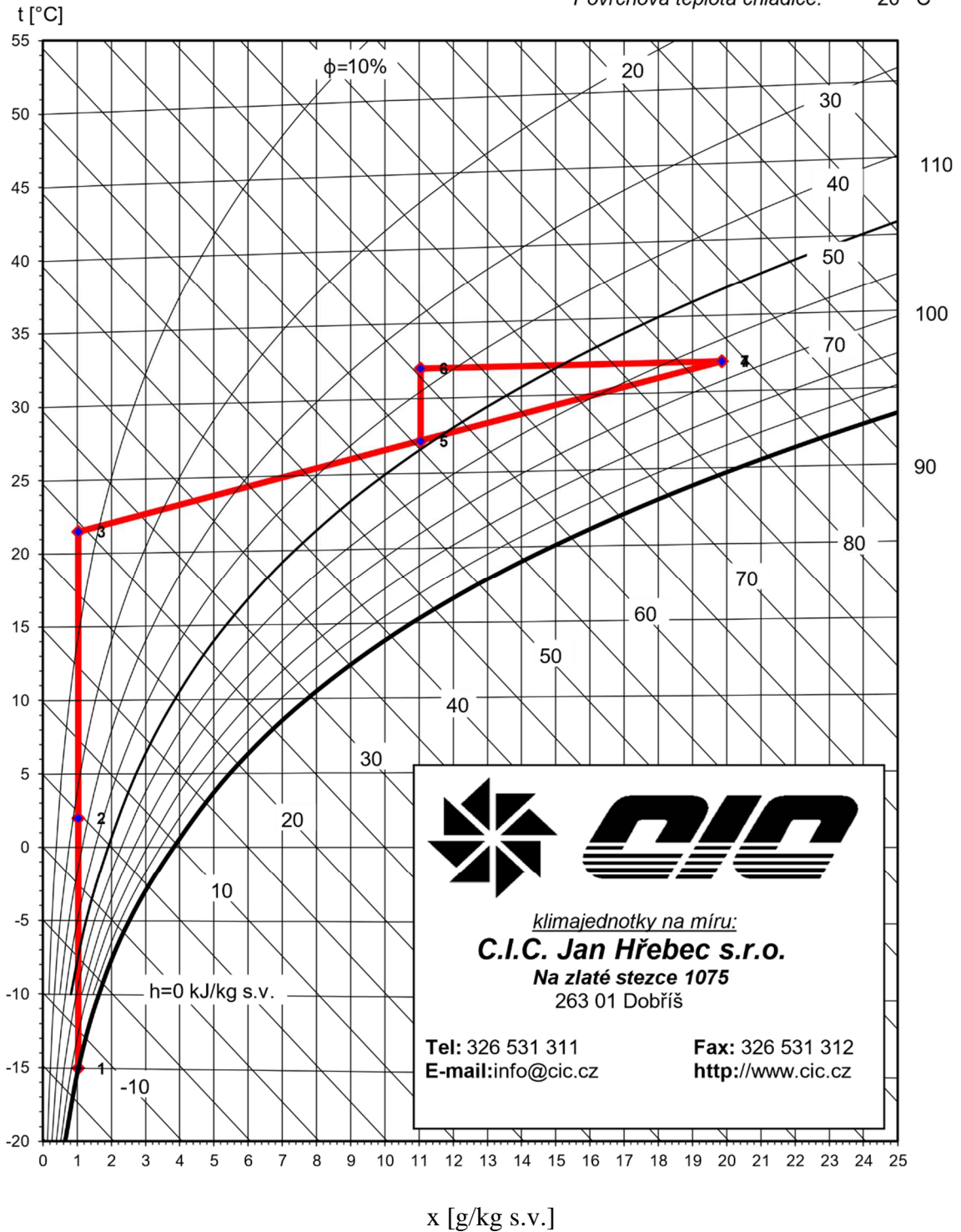
Psychrometrický diagram dle Molliera

Zimní režim

Tlak vzduchu: 100 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Povrchová teplota chladiče: 20 °C

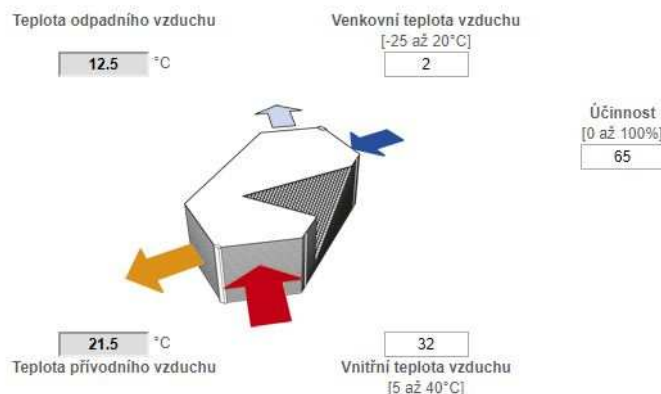


Obr. 35 Mollierův diagram pro zimní režim [5.11]

Tab. 12 Vstupní a výstupní údaje z Mollierova diagramu – zimní režim [5.11]

			1	2	3	4	5	6	7
			Předehřev			Dohřev			
			Rekuperace			Absorpce vzdušné vlhkosti v hale			
Teplota	t	$^{\circ}\text{C}$	-15,0	2,0	21,5	32,0	27,2	32	32,0
Rel. vlhkost	ϕ	%	100 %	23%	6 %	65%	48%	37 %	65 %
Měr. vlhkost	x	$\frac{\text{g}}{\text{kg s.v.}}$	1,0	1,0	1,0	19,9	11,0	11,0	19,9
Entalpie	h	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg s.v.}}$	-12,6	4,6	24,3	83,1	55,6	60,6	83,1
Hustota	ρ	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	1,35	1,27	1,18	1,13	1,15	1,13	1,13
T. vlh. tepl.	tv	$^{\circ}\text{C}$	-15,0	-2,9	7,7	26,4	19,3	20,7	26,4
Skutečný průtok	Vs	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	377	402	430	521	951	966	980
Norm. průtok	Vn	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	423	423	423	480	903	903	903
Předaný výkon	P	kW		2,4	2,8			1,15	6,8
Odpařené vody	qw	$\frac{\text{kg}}{\text{h}}$		0,0	0,0		0,0	0,0	9,6

Výkonové hodnoty předehřevu, rekuperace a dohřevu byly stanoveny na základě dodané energie při přechodu vzduchu mezi jeho jednotlivými stavy, které jsou charakterizované teplotou vzduchu. Pro simulaci děje byla použita pomůcka společnosti Atrea, která na základě vstupních hodnot „venkovní teploty vzduchu“ (=vzduch přiváděný do rekuperátoru po předehřevu) a „vnitřní teploty vzduchu“ (=vzduch odváděný z bazénové haly) a zadané účinnosti rekuperátoru dopočítá výstupní teploty vzduchu, který bude muset být před přivedením do haly ještě ohřát na teplotu v bazénové haly, a vzduchu odváděného z objektu pryč. Účinnost rekuperace byla záměrně zvolena nižší, aby navržený ohřivač byl dostačující a poskytoval určitou rezervu.



Obr. 36 Simulace průchodu vzduchu přes rekuperační jednotku [4.23]

3.2.3.3 Rozvod potrubí, distribuční prvky

Potrubí sání čerstvého vzduchu (e_1) a výstupu odpadního vzduchu (i_2) bude provedeno z potrubí typu SPIRO a bude vyvedeno přes obvodovou stěnu objektu.

Potrubí v bazénu je navrženo v nerezovém provedení kulatého průřezu, v prostoru haly nebude instalován SDK podhled.

Jako distribuční prvky v bazénové hale byly zvoleny komfortní vyústky v nerezovém provedení. Přívodní prvky jsou umístěny v blízkosti prosklených ploch, aby teplý proud tyto povrchy ohříval a nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. Na základě celkového průtoku přiváděného vzduchu a technické specifikace koncového prvku (minimální a maximální průtok) byly navrženy dvouřadé vyústky KVDP do kruhového potrubí o rozměru 200x100 mm.

Tab. 13 Charakteristika dvouřadé vyústky [5.8]

	Q_{\min}	Q_{\max}
	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$
200x100	90	180

Pro stanovení průtoku na jeden prvek vycházíme ze vztahu

$$V_{p1} = \frac{V_p}{9} = \frac{902,96}{9} = 100,33 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \doteq 101 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.25)$$

Průtok je tedy dán hodnotou $101 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, která se blíží minimálnímu průtoku.



Obr. 37 Komfortní dvouřadá vyústka [5.8]

Pro odvod vzduchu slouží na protilehlé straně haly odvodní nerezové talířové ventily průměru 150 mm, v prostoru WC a úklidové místnosti odvodní nerezové talířové ventily průměru 100 mm. Průtok každého z nich je stanoven následujícím vzorcem

$$V_{o1} = \frac{V_0}{9} = \frac{933,26}{9} = 103,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \doteq 104 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3.26)$$

A jeho hodnota činí $104 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Nerezové talířové ventily byly zvoleny jako odvodní prvky taktéž pro WC a úklidovou místnost, zde jsou umístěné v SDK podhledu.

3.2.3.4 Hlukové posouzení

Pro návrh tlumicích prvků potrubního systému byla opět zvolena referenční trasa, která bude s největší pravděpodobností vykazovat nejvyšší zatížení hlukem. Pro potrubí přívodu čerstvého vzduchu je tímto prvkem první komfortní vyústka v bazénové hale, pro potrubí odváděného vzduchu se pak jedná o nejbližší talířový ventil v hale. Limitní hodnoty hluku nejsou pro bazénové haly stanoveny, vychází se však z praktických zkušeností a maximální hodnota by se měla pohybovat kolem 50 dB.

Výpočet hlukové zátěže byl proveden pomocí doplňkové aplikace Akustika programu MS Excel.

Na základě výsledků posouzení trasy přívodního potrubí byly zjištěny vysoce nadlimitní hodnoty a byl proto navržen tlumič hluku TUNE-PS-100/67-500-300-1050. Dosažená hladina akustického tlaku s filtrem A činí 52 dB.

Výpočet hladiny akustického tlaku z provozu vzduchotechniky																
Název akce:		RD vč. bazénu										Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] ^{*1)}	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] ^{*2)}			
Popis výpočtu:		VZT jednotka - bazén - přívod vzduchu (e2) - s tlumičem														
Vypracoval:		Jana Štětková								Datum: pátek 1. květen 2020						
Poznámka:		*1) celková hladina v rozsahu frekvenčních oktávních pásem 31,5 až 8000 Hz; jejichž dílčí části jsou uvedeny v předchozím řádku; zda se jedná o hladinu akustického tlaku, nebo výkonu vyplývá z povahy výpočtu a vloženého řádku výpočtu. *2) celková hladina jako v předchozím případě, ale s přepočítáním pomocí filtru A; ÚTLUM - snížení akustického tlaku při šíření zvuku vlivem různých překážek a fyzikálních vlivů, například vzduchotechnických tvarovek v potrubní cešti [dB]; HLUK - vlastní hluk (akustický výkon) vznikající v daném prvku zejména vlivem aerodynamiky [dB]; SOUČET - řádek s největším předchozím řádků vyjadřující dle kontextu obvyklé hladinu akustického tlaku [dB], případně výkonu [dB]; VÝKON - akustický výkon zdroje [dB]; VÝKON-A - akustický výkon zdroje s přepočítáním pomocí filtru A [dB]														
M. číslo prvku	Popis prvků a jejich parametrů				Oktávnová pásma [Hz]								Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] ^{*1)}	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] ^{*2)}		
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000							
x	Vzdálenost od zdroje	2,00 m	Směrový činitel	4,00 -	PŘÍMĚ	23,4	32,6	35,8	45,2	33,4	25,5	20,3	20,9	16,9	46,2	38,0
x	Plocha stěn	160 m ²	Střední činitel pohltivosti	0,15 -	SOUČET	27,9	37,1	40,3	49,6	37,8	30,0	24,7	25,4	21,3	50,6	42,5
15	Součet hladin z několika zdrojů - pole odražených vln				KOREKCE	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5		
x	Vzdálenost od zdroje	2,00 m	Počet zdrojů	9 ka	PŘÍMĚ	37,4	46,6	49,8	59,2	47,3	39,5	34,3	34,9	30,9	60,2	52,0
x					SOUČET	37,4	46,6	49,8	59,2	47,3	39,5	34,3	34,9	30,9		
16	Filtr A				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x					S FILTREM	0,0	20,4	33,7	50,6	44,1	39,5	35,5	35,9	29,8		
x					BEZ FILTRU	37,4	46,6	49,8	59,2	47,3	39,5	34,3	34,9	30,9	60,2	52,0
17	Celkový součet				Ka	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]															
x	Hladina akustického tlaku [dB]															

Obr. 38 Hlukové posouzení přívodního potrubí s tlumičem hluku [5.9]

Při posouzení potrubí odváděného vzduchu se hladina akustického tlaku s filtrem A pohybovala okolo 53 dB, instalace tlumiče hluku tedy není v tomto případě nutná.

Výpočet hladiny akustického tlaku z provozu vzduchotechniky																	
Název akce:		RD vč. bazénu															
Popis výpočtu:		VZT jednotka - bazén - odvod vzduchu (f1) - bez tlumiče hluku															
Vypracoval:		Jana Štětková								Datum: pátek 1. květen 2020							
Poznámka:		*1) celková hladina v rozsahu frekvenčních oktávových pásem 31,5 až 8000 Hz jejichž dílčí části jsou uvedeny v předchozím řádku; zde se jedná o hladinu akustického tlaku, nebo výkonu vyplývající z povahy výpočtu a vložení řádku výpočtu; *2) celková hladina jako v předchozím případě, ale s přepočítáním pomocí filtru A. ÚTLUM - snížení akustického tlaku při šíření zvuku vlivem různých překážek a fyzikálních vlivů, například vzduchotechnických tvarovek v potrubní cestě [dB]; HLUK - vlastní hluk (akustický výkon) vznikající v daném prvku zejména vlivem aerodynamiky [dB]; SOUČET - řádek s mezisoučtem předchozích řádků vyjadřující dle kontextu obvykle hladinu akustického tlaku [dB], případně výkonu [dB]; VÝKON - akustický výkon zdroje [dB]; VÝKON-A - akustický výkon zdroje s přepočítáním pomocí filtru A [dB]															
M. číslo prvku	Popis prvků a jejich parametrů					Oktávová pásma [Hz]							Hladina akustického výkonu / tlaku [dB] *1)	Hladina akustického výkonu / tlaku s filtrem A [dB] *2)			
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000								
x	Plocha stěn	160 m ²	Sřední činitel pohltivosti	0,15 -	SOUČET	38,1	38,2	36,8	38,3	39,8	40,5	32,7	38,4	31,4	47,4	44,6	
17	Součet hladin z několika zdrojů - pole odražených vln					KOREKCE	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0		
x	Vzdálenost od zdroje	2,60 m	Počet zdrojů	8 ks	PŘÍME	47,1	47,3	45,8	47,3	48,8	49,5	41,7	47,4	40,4			
x					SOUČET	47,1	47,3	45,8	47,3	48,8	49,5	41,7	47,4	40,4	56,5	53,6	
18	Filtr A					K _A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x					S FILTREM	7,7	21,1	29,7	38,7	45,6	49,5	42,9	48,4	39,3			
x					BEZ FILTRU	47,1	47,3	45,8	47,3	48,8	49,5	41,7	47,4	40,4	56,5	53,6	
19	Celkový součet					K _A	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1		
x	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]						53,6										
x	Hladina akustického tlaku [dB]						56,5										

Obr. 39 Hlukové posouzení potrubí odváděného vzduchu bez tlumiče hluku [5.9]

3.3 Větrání garáží

Garáže z hlediska návrhu větrání rozlišujeme podle uspořádání na jednotlivé a řadové, kde auta stojí v jedné nebo ve dvou řadách za sebou, a na hromadné. Současně se také podle umístění na terénu dělí na garáže podzemní a nadzemní (přirozené/nucené větrání) a na prostory pro stání a komunikaci, kde se pohybují vozidla vlastním motorem, a na prostory pro trvalý pobyt osob. Dalším důležitým kritériem dělení garáží je umožnění přístupu vozidel s pohonem na alternativní plynná paliva, jako jsou například LPG, CNG nebo H₂. [3.1] [3.3]

V objektu se nachází řadové garáže nadzemní pouze pro stání a komunikaci (nikoliv trvalý pobyt osob) a neuvažuje se parkování vozidel na alternativní plynná paliva.

3.3.1 Požadavky na vnitřní prostředí garáží

Hlavním kritériem pro návrh větrání jsou produkty spalování uhlovodíkových paliv (benzin, nafta), mezi které patří oxidy uhlíku, dusíku nebo organické látky jako např. formaldehyd, toluen. [3.3]

3.3.1.1 Oxid uhelnatý

Jako nejzávažnější škodlivina je při větrání garáží považován oxid uhelnatý CO. Je to vysoce toxický bezbarvý plyn, který je těžší než vzduch. S jeho schopností vázat se na hemoglobin rychleji než kyslík je velice nebezpečný při nahromadění v uzavřené místnosti. Při dlouhodobějším vdechování dojde k obsazení hemoglobinu právě molekulami oxidu uhelnatého, krev tak není okysličena a člověk pocítuje sníženou pozornost, bolesti hlavy, v horších případech dojde ke ztrátě vědomí a kolapsu. V tomto stádiu člověk upadá do úrovně s ještě větší koncentrací CO a bez cizí pomoci následuje s největší pravděpodobností smrt.

Z tohoto důvodu jsou koncentrace CO pro garáže se stáním a komunikací omezeny limitní hodnotou $C_{COpřip} = 50$ ppm s dobou pobytu osob max. 30 minut. Současně se předpokládá, že snížení koncentrace CO pod limitní hodnotu zaručuje snížení všech ostatních škodlivin pod jejich přípustné meze. [3.3]

3.3.2 Návrh větrání garáží

Garáže jsou nadzemní, proto je uvažováno pouze s přirozeným způsobem výměny vzduchu. Volná plocha větracích otvorů se stanovuje pro jedno stání a závisí na druhu dopravního prostředku, který bude garážován viz *Tab. 14*. [3.1] [3.3]

Tab. 14 Celková volná plocha otvoru v závislosti na dopravním prostředku [3.3]

Druh vozidla	Celková volná plocha otvoru [m ² /stání]
Osobní a lehká užitková vozidla	0,025
Nákladní vozidla, autobusy, traktory	0,045

V místnosti 026 se uvažuje s umístěním tří osobních automobilů a v místnosti 028 s umístěním jednoho taktéž osobního automobilu.

Celková volná plocha otvoru pro přívod venkovního čerstvého vzduchu se vypočítá podle vztahu

$$A_c = n_a \cdot A_1 \quad (3.27)$$

kde: n_a počet parkovacích stání [-]
 A_1 celková volná plocha otvoru na jedno stání [m²]

Pro garáž 026 nabývá hodnoty

$$A_{c,026} = 3 \cdot 0,025 = 0,075 \text{ m}^2 \quad (3.28)$$

A pro garáž 028

$$A_{c,028} = 1 \cdot 0,025 = 0,025 \text{ m}^2 \quad (3.29)$$

Polovina plochy je určena pro přívod vzduchu a druhá pro odvod vzduchu. Pro zachování přirozeného proudění se umísťuje přívodní otvor u podlahy (spodní hrana max. 0,5 m nad podlahou, zároveň min. 0,3 m nad terénem) a otvor pro odvod vzduchu je umístěn pod stropem, pokud možno na protilehlé stěně (horní hrana max. 0,3 m pod stropem). [3.3]

Plocha jednotlivých otvorů vychází z vypočítané celkové volné plochy otvorů a upravuje se dle typizovaných rozměrů větracích mřížek.

Garáž 026:

$$A_{1,026} = \frac{0,075}{2} = 0,0375 \text{ m}^2 = 37500 \text{ mm}^2 \quad (3.30)$$

$$a_{026} = \sqrt{37500} = 193,65 \text{ mm} \quad (3.31)$$

Pro přívod a odvod vzduchu z prostředí garáže 026 jsou navrženy otvory o rozměrech 200x200 mm.

Garáž 028:

$$A_{1,028} = \frac{0,025}{2} = 0,0125 \text{ m}^2 = 12500 \text{ mm}^2 \quad (3.32)$$

$$a_{028} = \sqrt{12500} = 111,80 \text{ mm} \quad (3.33)$$

Pro přívod a odvod vzduchu z prostředí garáže 028 jsou navrženy otvory o rozměrech 125x125 mm.

4 Chlazení

V současné době s narůstajícími nároky na standardy bydlení a se změnou klimatických podmínek roste také poptávka po řízeném chlazení objektu. Horké dny a hlavně i noci letních měsíců mají za následek přehřívání budov bez možnosti jejich přirozeného ochlazení.

V rámci bakalářské práce budou představeny tři systémy chlazení, které doplní systém větrání objektu navržený v předešlé části. Jedná se o systém split, multisplit a chlazení pomocí tepelného čerpadla a podlahového vytápění.

4.1 Požadavky na vnitřní prostředí

Požadavky na vnitřní prostředí jsou z hlediska chlazení a větrání stejné, systémy se v mnoha případech prolínají v jedno komplexní klimatizační zařízení nebo se naopak vzájemně doplňují, aby dohromady vytvořily požadované komfortní vnitřní prostředí. Pokud ale budeme hodnotit kvalitu vnitřního vzduchu pro účely návrhu chladicího zařízení, nejdůležitější charakteristikou bude jeho teplota. Předepsané a návrhové hodnoty parametrů vnitřního vzduchu byly stanoveny již v části větrání v kapitole 3.1.1 a 3.1.3.1.

4.2 Chladivový klimatizační systém split

Tento druh klimatizačních jednotek se obecně skládá ze čtyř hlavních komponentů, kterými jsou kompresor, kondenzátor, výparník a ventilátor a fungují na principu obráceného tepelného čerpadla. Jednotlivá provedení se liší pouze rozdílným uspořádáním, resp. umístěním jejich částí. [3.2] [3.4]

Jak již z názvu chladivového klimatizačního systému split vyplývá, systém bude k chlazení využívat speciální látku – chladivo a bude dělený. Rozdělení spočívá v umístění kompresoru s kondenzátorem ve venkovním prostředí (tzv. venkovní jednotka) a výparníku s ventilátorem ve vnitřním prostředí (tzv. vnitřní jednotka). Jednotky jsou mezi sebou propojeny cirkulačním chladivovým okruhem. Systém split se vyznačuje použitím jedné venkovní a jedné vnitřní jednotky, která slouží k chlazení jedné klimatizační zóny (jedna místnost). Výhodou je snadná instalace, nízké nároky na vnitřní prostor, nevýhodou je ale značný hluk, produkovaný jak vnitřní, tak venkovní jednotkou, stejně tak jako umístění venkovní jednotky, které v mnoha případech působí rušivě. [3.2] [3.4] [3.5]



Obr. 40 Split systém [4.29]

Princip split systému se vzduchem chlazeným kondenzátorem

Chladicí médium je v kompresoru venkovní jednotky stlačeno, čímž vzroste jeho energie a teplota. Pod vysokým tlakem je přivedeno na kondenzátor, kde je pomocí proudění venkovního vzduchu, umocněného ventilátorem, ochlazen a zkapalněno. Stále ještě pod vysokým tlakem postupuje potrubním rozvodem až k expanznímu ventilu, kde je prudce uvolněn tlak, který způsobí změnu skupenství chladiva z kapalného na plynné a snížení teploty. Následuje průchod chladiva výparníkem ve vnitřní jednotce, na který je pomocí ventilátoru vháněn teplý vzduch z místnosti. Chladivo se začne ohřívat a následně dojde ke změně skupenství z kapalného na plynné a tím odnímá teplo z proudícího vzduchu, který se tak ochlazuje. Chladivo v plynné podobě postupuje zpět do venkovní jednotky, kde je v kompresoru stlačeno, čímž se celý proces opakuje. [3.2] [3.6]

Systém je řízen na základě požadované výstupní teploty vzduchu z výparníku. Vlhkostní parametry výstupního vzduchu jsou ovlivněny na základě teplotně-vlhkostních parametrů přiváděného vzduchu, teploty chladiva ve výparníku a množství zkondenzované vody, nelze je ovládat přímo stanovením požadovaných hodnot.

Čím dál častěji se začínají využívat split systémy, které jsou vybaveny nejen režimem chlazení, ale také režimem vytápění. [3.2] [3.6]

Aplikace systému v rámci chlazení RD

Využití split systému jako systému chlazení zadaného RD by bylo vhodné pouze v případech, kdy by vznikl požadavek na chlazení ojedinělých místností půdorysně značně vzdálených. Instalace jednotky split např. pro každý pokoj by sice zajistila možnost individuální regulace jednotlivých místností, tento způsob řešení je však značně nevhodný ať už po technické stránce (velké množství prostupů obvodovou konstrukcí, instalace velkého množství venkovních jednotek), ekonomické stránce v porovnání s komfortem užívání a v neposlední řadě po stránce estetické (umístění venkovních jednotek je rušícím elementem).

4.3 Chladivový klimatizační systém multisplit

Chladivový klimatizační systém multisplit funguje na obdobném principu, jako systém split, rozdílem je však možnost připojení více vnitřních jednotek (cca 5) na jednu jednotku venkovní. Každá vnitřní jednotka je s venkovní jednotkou propojena samostatným okruhem chladiva a může být ovládána individuálně. Taktéž může být provozována v režimu tepelného čerpadla a sloužit k vytápění vnitřního prostoru.



Obr. 41 Multisplit systém [4.30]



Obr. 42 VRV systém [4.25]

Jednou z modifikací systému multisplit jsou tzv. VRV systémy (Variable Refrigerant Volume), které umožňují připojení velkého počtu vnitřních jednotek (až 64). Na rozdíl od klasického multisplit systému je chladivo mezi vnitřními jednotkami a venkovní jednotkou rozváděno pomocí jedné hlavní větve s odbočkami ke každé vnitřní jednotce. Každá vnitřní jednotka funguje nezávisle na ostatních a požadovaných hodnot je docíleno pomocí změny průtoku chladiva. Omezení je pouze ve zvoleném režimu klimatizačního zařízení, tzn. všechny jednotky mohou zároveň pouze chladit nebo pouze vytápět. [3.2] [3.6]

Aplikace systému v rámci chlazení RD

Instalace VRV zařízení by byla vhodným způsobem chlazení RD v kombinaci s větráním navrženým v předchozí kapitole. Individuální možnost ovládání systému by zajistila potřebný komfort uživatelů. Vzhledem k instalaci SDK pohledu by byly zvoleny vnitřní jednotky kazetové. Venkovní jednotka by byla umístěna ve stacionárním provedení, pokud možno co nejdál od obytných částí budovy, avšak s dodržением všech zásad instalace uvedené výrobcem.

4.4 Chlazení pomocí tepelného čerpadla

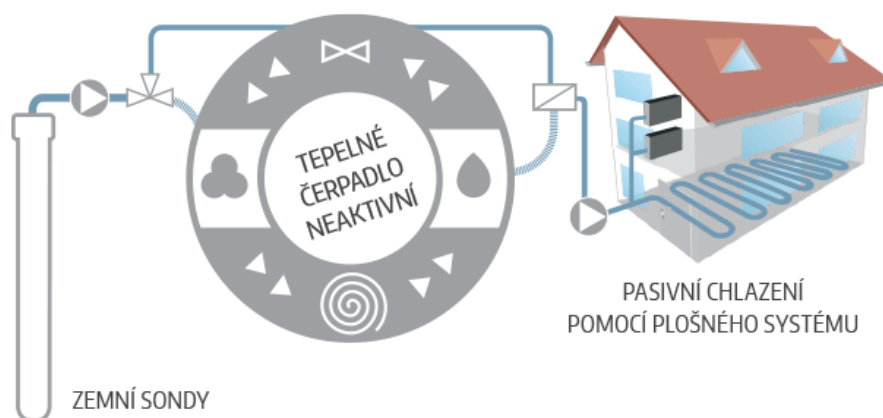
Chlazení pomocí tepelného čerpadla se nabízí jako vhodný způsob chlazení za předpokladu, že je uvažováno s využitím TČ taktéž pro vytápění objektu v zimním období a teplovodní soustava tomu bude náležitě přizpůsobena. Z obecných fyzikálních

předpokladů vyplývá, že čím chladnější bude chladicí látka, tím menší teplosměnnou plochu je potřeba pro výměnu tepla poskytnout, a naopak čím větší bude teplosměnná plocha, tím teplejší může chladicí látka být. Pro přenos tepla mezi chlazeným prostorem a chladicí látkou se v praxi používají dva způsoby distribuce chladu – sáláním pomocí podlahové (stěnové/stropní) plochy, které jak z hlediska komfortu uživatelů, tak i kvůli zabránění kondenzaci vodní páry v konstrukci vyžaduje vyšší teploty (nad teplotou rosného bodu $\sim 16^{\circ}\text{C}$), a prouděním pomocí jednotek fan-coil, které pomocí ventilátoru zajišťují průchod vzduchu přes teplosměnnou plochu, umožňují řízený odvod kondenzátu a tím pádem dovolují použití nižších teplot v systému (cca 7°C). Tyto způsoby distribuce úzce souvisí se dvěma režimy chlazení pomocí tepelného čerpadla, a to pasivním a aktivním. [4.26] [4.27] [4.28]

4.4.1 Pasivní režim chlazení

Pasivní chlazení využívá nepřímého chlazení, tzn. chladicí látka primárního okruhu ochlazuje látku sekundárního okruhu, který následně chladí požadovaný prostor. Výměna tepla mezi primárním a sekundárním okruhem probíhá na výměníku pasivního chlazení, kompresor tepelného čerpadla není zapnutý a využívají se pouze oběhová čerpadla pro cirkulaci jednotlivých médií, čímž se výrazně sníží náklady na provoz systému. Pro systém pasivního chlazení se využívají tepelná čerpadla typu země-voda nebo voda-voda. [4.26] [4.27]

Systém pasivního chlazení je málo efektivní, sekundární okruh dosahuje vyšších teplot, a proto je výhodné ho využít v kombinaci s velkou teplosměnnou plochou, kterou jsou právě např. již výše zmíněné podlahy, stropy apod. Výhodou jsou nízké náklady na chlazení, jednoduchost provozu a regenerace vrtů pro zlepšení jejich vlastností v zimě. [4.27] [4.28]



Obr. 43 Princip pasivního chlazení [4.26]

4.4.2 Aktivní režim chlazení

Aktivní režim chlazení již využívá všech základních komponent tepelného čerpadla (kompresor, kondenzátor apod.), pracuje ale v obráceném režimu než při vytápění v zimě. Systém tím dosahuje nižších teplot sekundárního okruhu, je tedy vhodnější v kombinaci s fan-coily než s rozvody podlahového topení. Systém také dosahuje vyšších chladicích výkonů než pasivní chlazení, náklady na jeho provoz jsou ale mnohem vyšší. Na druhou stranu systémem aktivního chlazení bývají již z výroby vybaveny některé jednotky typu země-voda a většina jednotek typu vzduch-voda. [4.26] [4.27] [4.28]

Aplikace systému v rámci chlazení RD

V rámci předešlého zpracování systému vytápění rodinného domu bylo uvažováno s instalací tepelného čerpadla NIBE F1345 typu země voda, které již v základu umožňuje použití aktivního i pasivního chlazení. Sekundární okruh v obytných prostorech je tvořen rozvody podlahového vytápění, z toho důvodu by bylo vhodné jako hlavní způsob chlazení RD zvolit režim pasivního chlazení.

4.5 Koncept návrhu chlazení RD

Koncept chlazení RD vychází z poznatků o jednotlivých systémech chlazení, jejich výhodách a nevýhodách a vhodnosti použití v zadaném objektu, stejně tak jako jejich kompatibilitě s již navrženou technologií (centrální větrací jednotka, tepelné čerpadlo). Celkový koncept se skládá z dílčích procesů, které byly popsány v této kapitole nebo jsou součástí funkčních režimů větracího zařízení.

1. Chlazení pomocí TČ – pasivní režim

Jak již bylo zmíněno výše, v objektu je navrženo jako zdroj vytápění tepelné čerpadlo typu země-voda a podlahové topení. V rámci snížení investic do dalšího chladicího zařízení se využití TČ jako zdroje chladu nabízí. Uvažováno by bylo pouze s využitím pasivního chlazení, použití aktivního chlazení by bylo vzhledem ke složitosti zapojení systému a návrhu maření tepla příliš náročné a vzhledem k charakteru objektu se nevyplátí.

2. Noční předchlazení

Větrací jednotka Atrea 1500 MultiEco umožňuje pomocí by-passové klapky obejít rekuperátoru, díky čemuž nedojde k přenosu tepla mezi přiváděným a odpadním vzduchem. Využívá se toho právě při nočním předchlazení, kdy venkovní teploty klesnou pod hodnoty teplot v interiéru a je žádoucí, aby tento chladný vzduch nebyl ohříván. Princip nočního předchlazení je popsán v kapitole (3.1.3.3).

3. Ochlazení čerstvého vzduchu na požadovanou interiérovou teplotu

Větrací jednotka Atrea 1500 MultiEco dále umožňuje instalaci vodního chladiče, který by byl napojený na primární okruh tepelného čerpadla. Díky tomu se přiváděný vzduch o exteriérových parametrech ochladí na požadovanou interiérovou teplotu

a nepřidává objektu další tepelnou zátěž. Vodní chladič je zvolen z důvodu vyšší účinnosti chlazení.

Přílohou této bakalářské práce jsou dvě schémata zapojení tepelného čerpadla v technické místnosti. Schémata jsou identická, pouze je v nich barevně rozlišen režim pasivního chlazení (Příloha č. 4) a režim vytápění (Příloha č. 5).

5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo stanovení požadavků vnitřního prostředí z hlediska větrání a chlazení rodinného domu a stanovení návrhových parametrů a na jejich základě zpracování systému větrání a konceptu chlazení rodinného domu. Návrh větracího a chladicího zařízení respektuje všechny závazné předpisy platné v době vypracování.

Řešený objekt je z dispozičního a provozního hlediska rozdělen na tři různé charakteru provozu, které byly respektovány při řešení návrhu větrání – větrání obytných místností včetně sociálního zařízení a místností souvisejících, větrání bazénu a větrání garáží. Každý celek byl řešen zvlášť, pro větrání RD a bazénu bylo zpracováno variantní řešení s uvedením charakteristik jednotlivých systémů a zhodnocením vhodnosti použití v rámci objektu.

Mezi nejjednodušší systémy větrání se řadí větrání podtlakové a hybridní. Systémy jsou snadné hlavně z hlediska instalace a jejich výhodou je také nízká pořizovací cena. Návrh nuceného podtlakového nebo hybridního větrání pro řešený RD není vzhledem k velikosti objektu, problematice přívodu vzduchu do určitých místností IPP, které jsou pod úrovní terénu, a v neposlední řadě vzhledem k tomu, že přispívají k navýšení tepelných ztrát objektu, jejichž kompenzace navrženým podlahovým vytápěním by nemusela být dostačující, vhodným řešením. Navíc v místě přívodu neupraveného čerstvého vzduchu vzniká kvůli lokálnímu zvýšenému proudění chladného vzduchu diskomfort.

Nucené rovnotlaké větrání nabízí více alternativ provedení, nejčastěji se jedná o lokální větrací jednotky s rekuperací tepla nebo centrální rekuperační jednotky. Například lokální větrací jednotky se zpětným ziskem tepla mohou být v některých případech zajímavým řešením těchto systémů, zvláště pak pokud se bude jednat o rekonstrukce stávajících objektů nebo předmětem větrání budou pouze vybrané místnosti. Jejich schopnost zpětného zisku naakumulovaného tepla z keramických regeneračních výměníků nezatíží otopnou soustavu jako je tomu při použití nuceného podtlakového větrání, nicméně problematika provětrávání místností IPP stále není tímto systémem vyřešena. Další nevýhodou této varianty rovnotlakého větrání je omezená možnost větších úprav parametrů přiváděného vzduchu dle požadavku investora, kterými mohou být například řízená úprava vlhkosti nebo teploty vzduchu nebo zvýšené nároky na jeho filtraci.

Příklady použití systémů větrání RD byly zakresleny do půdorysů 1NP, které jsou přiloženy k této práci.

Provozně nejvhodnějším způsobem větrání řešeného RD je systém nuceného rovnotlakého větrání s centrální jednotkou. Proto byl tento systém zvolen a zpracován v rámci projektové dokumentace pro provádění stavby a výkresová dokumentace stejně jako technická zpráva jsou součástí bakalářské práce. Hlavní předností této varianty je možnost přizpůsobení systému větrání jak pro splnění konkrétních požadavků na intenzitu větrání dle příslušných oborových předpisů v jednotlivých místnostech, tak i pro splnění individuálních potřeb uživatele s možností regulace systému podle aktuálních požadavků a zároveň zachování komfortu při užívání.

Součástí projektovaného systému větrání bylo stanovení průtoků vzduchu pro jednotlivé místnosti a návrh distribučních prvků v podobě přívodních a odvodních talířových ventilů. Vzhledem k dispozici objektu byla jednotka umístěna v neobývaném podkroví. Páteří potrubní rozvody v objektu jsou navrženy z potrubí spiro a čtyřhranného pozinkovaného potrubí, dílčí trasy k jednotlivým prvkům pak z důvodu jednoduché manipulace při instalaci a snadného čištění během údržby z flexibilních hadic. Řízený přívod čerstvého vzduchu a odtah vzduchu odpadního pomocí potrubních rozvodů zajistí provětrávání všech požadovaných místností včetně místností 1PP, které jsou pod úrovní terénu.

Vzhledem k současným klimatickým změnám a narůstajících nárocích uživatelů budov roste poptávka po možnosti řízení teploty přiváděného vzduchu v RD v letních měsících. Z těchto důvodů se bakalářská práce zabývala také možností aplikace nejrozšířenějších chladicích systémů do řešeného RD s ohledem na zvolený systém větrání a vytápění.

Split systém se vyznačuje sestavou jedné vnitřní a jedné venkovní jednotky pro každou místnost, které jsou mezi sebou propojeny chladivovým okruhem. Jednotky je vhodné použít v případě požadavku chlazení ojedinělých místností. Pro chlazení většího počtu místností (jako v případě řešeného RD) je jedinou výhodou možnost jejich nezávislé regulace, nicméně v porovnání s náklady na pořízení potřebného množství jednotek, výsledné hlukové zátěže a v neposlední řadě značné neestetičnosti instalace velkého množství venkovních jednotek, je tento systém nevhodný.

Multisplit systém nabízí lepší uplatnění pro chlazení zadaného RD a to ve variantě VRV systému, který umožňuje připojení velkého počtu jednotek se zachováním individuální regulace každé vnitřní jednotky zvlášť na základě proměnného průtoku chladiva. Za běžných okolností by systém vyhovoval všem požadavkům na chlazení objektu, jedinou nevýhodou je způsob přenosu chladu do prostoru, kterým je v tomto případě zvýšené proudění vzduchu.

Provozně i investičně nejvýhodnější variantou u tohoto RD je z hlediska přenosu chladu i vzhledem k již navrženému systému vytápění pomocí tepelného čerpadla typu země-voda pasivní chlazení v kombinaci s rozvody podlahového topení. Tento způsob chlazení se vyznačuje nízkými provozními náklady, zároveň dochází k regeneraci hlubinných vrtů a přenos tepla sálavým způsobem poskytuje z pohledu uživatelů nejvyšší komfort.

Pro zefektivnění procesu chlazení objektu a plného využití všech navržených zařízení je systém pasivního chlazení podlahovou plochou doplněn o další způsoby chlazení.

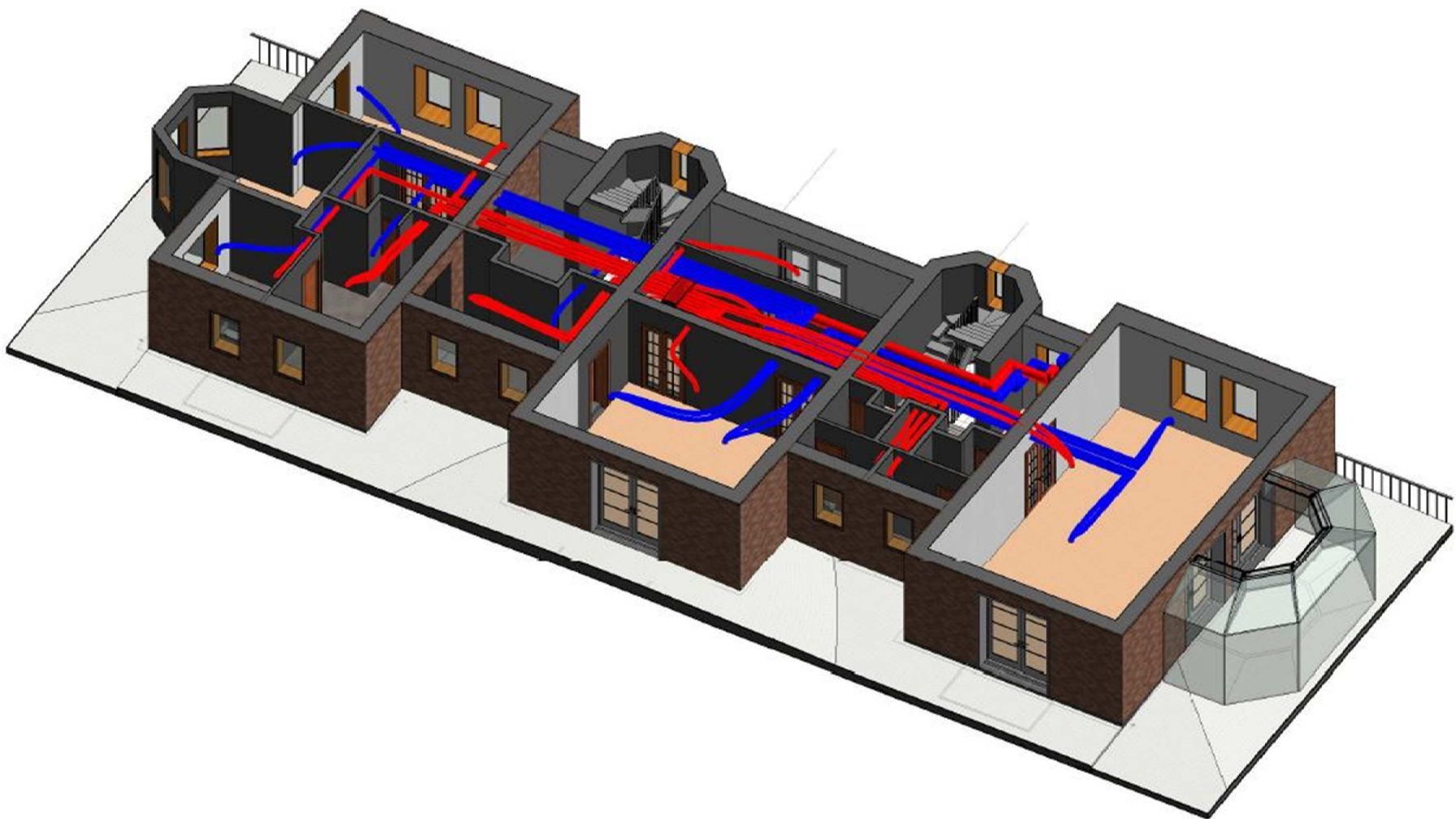
Prvním doplněním je tzv. noční předchlazení objektu, které umožňuje by-passová klapka ve větracím zařízení, díky které se chladnější noční vzduch neohřívá v rekuperačním výměníku tepla o teplejší odpadní vzduch z objektu odváděný. Cílem je ochlazení nejen vnitřního vzduchu, ale také akumulace chladu do stavebních konstrukcí, které následně dokáží odebrat větší množství energie dodané do interiéru během dne.

Druhým zařízením je možnost napojení vodního chladiče ve větrací jednotce na primární okruh tepelného čerpadla, čímž dojde k ochlazení přiváděného vzduchu do objektu a tím dojde k poklesu požadavků na primární chladicí systém.

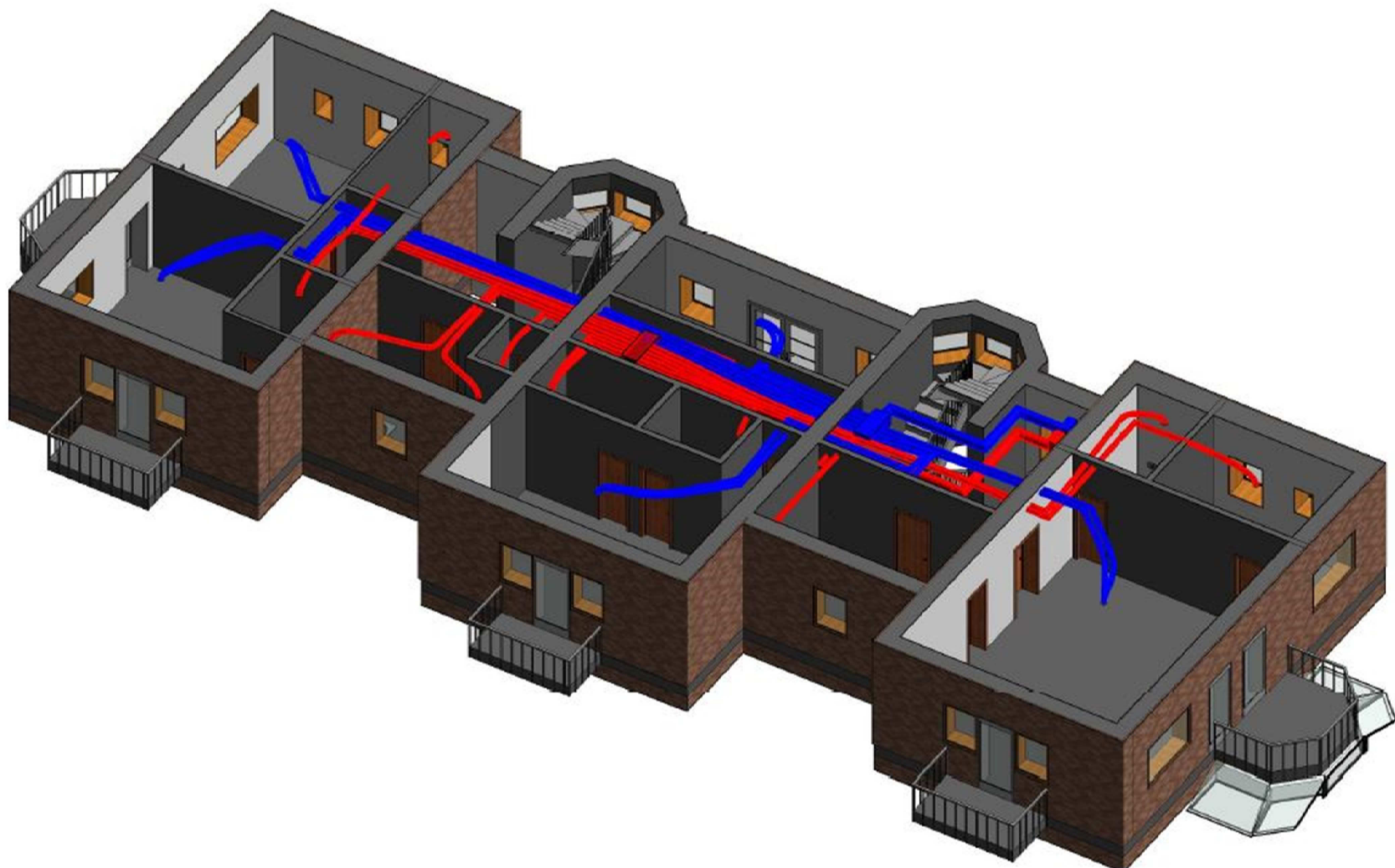
Návrhem kombinace pasivního chlazení podlahovým systémem a pasivním chlazením přiváděného vzduchu ve výměníku větracího zařízení spolu s nočním předchlazením pomocí větrací jednotky je docíleno maximálního využití všech funkcí jednotlivých zařízení s minimalizací pořizovacích i provozních nákladů. Nevýhodou celého systému oproti VRV systémům je složitě zónování chlazení a časová prodleva v reakci systému na provedený regulační zásah.

Schémata zapojení technické místnosti včetně vyznačení oběhu při chlazení a při vytápění je taktéž přiloženo k bakalářské práci.

Všechna výše zmíněná a navržená zařízení vycházejí ze současných předpisů daných aktuální úrovní poznání globálního světa pro naplňování ekologických cílů, kterými jsou eliminace uhlíkové stopy související s využitím obnovitelných zdrojů energie a celkové snižování ekologické zátěže na životní prostředí. Budovy s téměř nulovou spotřebou energie, s jejichž provozem systémy větrání úzce souvisí, poskytují výrazné úspory v oblasti spotřebované energie od okamžiku uvedení do provozu. Nabízí se však otázka, zda při zohlednění realizace a úsilí spojeného s výrobou jednotlivých vysoce technologicky náročných systémů (zefektivnění stávajících technických řešení, vývoj nových materiálů a nových technických řešení, energie a materiál spotřebovaný na výrobu, exhalace škodlivin do ovzduší při výrobě a transportu jednotlivých zařízení na místo určení) takto složitě řešení opravdu vykazuje kýžené výsledky. Analýza nastíněného problému však překračuje rámeček této bakalářské práce, ale dala by se využít jako námět k práci diplomové nebo jako námět k celospolečenské diskuzi na odborné úrovni.



Obr. 44 Půdorys INP, vzduchotechnika – 3D vizualizace v programu Revit



Obr. 45 Půdorys 2NP, vzduchotechnika – 3D vizualizace v programu Revit

6 Seznamy literatury, tabulek, obrázků a příloh

6.1 Seznam použité a doporučené literatury

České technické normy a evropské převzaté normy

- [1.1] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti
- [1.2] ČSN EN 15665/Z1 *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [1.3] ČSN 73 4301 *Obytné budovy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [1.4] ČSN EN 12831-1 *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [1.5] ČSN EN 16798-1 *Energetická náročnost budov – Větrání budov – Část 1: Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky – Modul M1-6*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.

Zákony, prováděcí vyhlášky a nařízení vlády

- [2.1] ČESKO. Vyhláška č. 20/2012 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 6. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-20>
- [2.2] ČESKO. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 6. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [2.3] ČESKO. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 6. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
- [2.4] ČESKO. Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 6. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>

- [2.5] ČESKO. Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: <i>Zákony pro lidi.cz</i> [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 8. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>

Knižní publikace

- [3.1] Chyský, J., Hemzal, K. a kol.: *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [3.2] GEBAUER, G., RUBINOVÁ, O., HORKÁ, H.: *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-736-6027-X.
- [3.3] DRKAL, F., ZMRHAL, V.: *Vybrané statě z větrání a klimatizace*. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06458-0.
- [3.4] PAPEŽ, K. a kol.: *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [3.5] SMOLÍK, J. a kol. *Technika prostředí*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [3.6] SZÉKYOVÁ, M., K. FERSTL a R. NOVÝ. *Větrání a klimatizace*. Bratislava: JAGA, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

Články v časopisech a na internetu

- [4.1] ZMRHAL, V. Výběr stavů venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla ve vzduchotechnice. *Vytápění, větrání, instalace*. 2016, **25. ročník** (1), 36-40. ISSN 1210-1389.
- [4.2] ZMRHAL, V. a P. ŠŤÁVOVÁ. Nové požadavky na větrání obytných budov podle národní přílohy k ČSN EN 15665. *Vytápění, větrání, instalace*. 2011, **20. ročník** (4), 184-186. ISSN 1210-1389.
- [4.3] Bytové soustavy větrání jako součást revitalizace panelových domů. Větrací technika LUNOS | Stavebnictvi3000.cz. *Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály* [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/bytove-soustavy-vetrani>
- [4.4] Stěnová štěrbinová EHT . *Systém větrání od Bristec cz, s.r.o.* [online]. Copyright © 2020, Bristec cz, s.r.o., vytvořila eBRÁNA s.r.o. [cit. 06.05.2020]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/ehť>
- [4.5] Systémy - ATREA s.r.o.. [online]. Copyright © ATREA s. [cit. 06.05.2020]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/systemy-d3>
- [4.6] *Stanovení množství větracího vzduchu* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1_vypocet-mnozstvi-vetraciho-vzduchu_vzorce.pdf. ČVUT.
- [4.7] Animace popisující fungování systému inVENTer | inVENTer . *Decentrální větrací systém | inVENTer* [online]. Copyright © 2016 [cit. 06.05.2020]. Dostupné z: <https://www.inventer.cz/animace-popisujici-fungovani-systemu-inventer>

- [4.8] Odvlhčovače Calorex | Flair. / *Flair* [online]. Dostupné z: <http://www.flair.cz/bazenove-odvlhcovace-calorex-dh>
- [4.9] Větrání a vytápění rodinných bazénů a wellness center | . / *Služby v oboru vzduchotechnika a klimatizace se zaměřením na REKUPERACI* [online]. Dostupné z: http://rekuperace-cb.cz/?page_id=54
- [4.10] Trh práce ČR | Vybrané kapitoly ze socioekonomické geografie České republiky | Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity. *Informační systém* [online]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js13/geograf/web/pages/03-trh-prace.html>
- [4.11] Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [4.12] Hluk ve vnějším i vnitřním chráněném prostoru staveb při obnovách a rekonstrukcích objektů. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/8355-hluk-ve-vnejsim-i-vnitrim-chranenem-prostoru-staveb-pri-obnovach-a-rekonstrukcich-objektu>
- [4.13] Informační obsah zvuku a okolnosti jeho působení – limity hluku. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/219-informacni-obsah-zvuku-a-okolnosti-jeho-pusobeni-limity-hluku>
- [4.14] Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [4.15] DUPLEX 500–9000 MultiEco. *Atrea* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-500-9000-multieco>
- [4.16] Řízení větrání a chlazení - ATREA s.r.o.. [online]. Copyright © ATREA s. [cit. 09.05.2020]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/671.rizene-vetrani-a-chlazení?oznac=by-pass>
- [4.17] Nové elektrické ohřívače EPO-V - ATREA s.r.o.. [online]. Copyright © ATREA s. [cit. 09.05.2020]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/288.nove-elektricke-ohrivace-epo-v>
- [4.18] Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
- [4.19] Rekuperace – Vortexair s.r.o. *Vortexair s.r.o.* [online]. Copyright © VORTEXAIR s.r.o., všechna práva vyhrazena. Použití texty, fotografie a obrázky je povoleno jen se souhlasem provozovatele stránek. [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: <https://www.vortexair.cz/rekuperace>
- [4.20] *Vnitřní prostředí bazénových hal – vzduchotechnika a rizika dráždivých plynů* [online]. Praha, 2007 [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/files/akce/svoc2008/ukazka_prace_SVOC_2007.pdf. SVOČ. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

- [4.21] *Hliníková větrací mřížka bez příruby se sítkou a pevnou žaluzií 200x200 mm* [online]. In: . [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/hlinikova-vetraci-mrizka-bez-priruby-se-sitkou-a-pevnou-zaluzii-200x200-mm-x1760>
- [4.22] ThermoCond 19 - Air conditioning unit/product for private swimming pool halls - Menerga Adria. *Green Building – Integral Energy Saving Solutions – Menerga Adria* [online]. Copyright © 2018 Menerga d.o.o. [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: <https://www.menerga-adria.com/air-conditioning-ventilation/air-conditioning-dehumidification-swimming-pool-halls/thermocond-19/>
- [4.23] CO JE TO REKUPERACE? *Atrea* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>
- [4.24] MAT distribuční box plochý (3-6-3)x75-160 - Luftuj.cz. *Luftuj.cz | montáž a eshop větrání s rekuperací a centrální vysávání pro rodinné domy a malé provozovny. - Luftuj.cz* [online]. Copyright © 2015 [cit. 09.05.2020]. Dostupné z: <https://www.luftuj.cz/p/mat-distribucni-box-plochy-s-12-vyvody-dn-75/>
- [4.25] NRV/VRV/VRV System | Weathertech.ph. *WEATHERTECH Refrigeration & Airconditioning Company* [online]. Dostupné z: <https://www.weathertech.ph/product/set-free/>
- [4.26] Modifikace stávajících systémů s tepelnými čerpadly potřebné pro provoz chlazení. *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13170-modifikace-stavajicich-systemu-s-tepelny-mi-cerpadly-potrebne-pro-provoz-chlazení>
- [4.27] Chlazení tepelným čerpadlem – Tepelná čerpadla IVT. *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita* [online]. Copyright © 2003 [cit. 09.05.2020]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/chlazení-tepelnym-cerpadlem>
- [4.28] Aktivní a pasivní chlazení u tepelného čerpadla. *Topné, průmyslové a chladicí systémy | Viessmann Česká republika* [online]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/aktivni-pasivni-chlazení-tepelna-cerpdla.html>
- [4.29] Single-Split System - HVAC Philippines HVAC Philippines. *Home - HVAC Philippines HVAC Philippines* [online]. Copyright © Copyright HVAC Philippines [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <http://hvacphilippines.net/portfolios/single-split-system/>
- [4.30] Chlazení Špaček s.r.o. - Bytové a průmyslové klimatizace. *Chlazení Špaček s.r.o. - Chlazení Špaček* [online]. Copyright © Copyright [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <https://chlazení-spacek.cz/klimatizace/>

Podklady výrobců, technické listy, návrhové programy

- [5.1] SORKE. *Nástěnné rekuperátory : QR100M*. Dostupné také z: <https://www.sorke.cz/files/katalogy/QR100M.pdf>
- [5.2] INVERTER. *Návod na instalaci a ovládání větracího systému inVENTer® iV-Smart+* [Návod na instalaci]. Dostupné také z:

- <https://www.inventer.cz/upload/kc/files/inVENTer%20iV-Smart%2B%20verze%201.0.pdf>
- [5.3] ATREA. *DUPLEX 500–9000 MultiEco* [Technický list].
- [5.4] ATREA. *Jednotky Duplex* [software]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-cz>
- [5.5] ELEKTRODESIGN. *Spiro potrubí* [Technický list].
- [5.6] ELEKTRODESIGN. *KI, KIC - talířový ventil přívodní* [Technický list].
- [5.7] ELEKTRODESIGN. *KO, KOC – talířový ventil odvodní* [Technický list].
- [5.8] ELEKTRODESIGN. *KVK/KVP – vyústky do kruhového potrubí* [Technický list].
- [5.9] QPRO. *Výpočtová aplikace pro výpočet hluku šířeného potrubním systémem vzduchotechniky* [Doplněk aplikace Excel]. Dostupné z: <https://www.qpro.cz/Vypocet-hluku-vzduchotechniky>
- [5.10] MENERGA. *Creating a good indoor climate* [Technical catalogue].
- [5.11] CIC JAN HŘEBEC. *HX Diagram* [software]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné také z: <http://www.cic.cz/ke-stazeni/>

6.2 Seznam tabulek

Tab. 1 Účinky CO ₂ na lidský organismus	16
Tab. 2 Zvýšené koncentrace CO ₂ nad venkovní koncentrací dle ČSN EN 16798-1	16
Tab. 3 Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12 831-1.....	17
Tab. 4 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1	18
Tab. 5 Nejvyšší přípustné hodnoty hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	18
Tab. 6 Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	19
Tab. 7 Množství přiváděného vzduchu v jednotlivých místnostech.....	29
Tab. 8 Množství odváděného vzduchu v jednotlivých místnostech	31
Tab. 9 Intenzita výměny vzduchu bazénů a přilehlých prostor dle Vyhlášky č. 238/2011 Sb.	41
Tab. 10 Návrhové hodnoty parametrů pro stanovení větrání bazénu	44
Tab. 11 Vstupní a výstupní údaje z Mollierova diagramu – letní režim	49
Tab. 12 Vstupní a výstupní údaje z Mollierova diagramu - zimní režim	52
Tab. 13 Charakteristika dvouřadé vyústky	53
Tab. 14 Celková volná plocha otvoru v závislosti na dopravním prostředku.....	56

6.3 Seznam obrázků

Obr. 1 Rodinný dům s bazénem – 3D vizualizace v programu Revit	12
Obr. 2 Rozdělení větrání ve 2NP	13
Obr. 3 Rozdělení větrání v 1NP	13
Obr. 4 Rozdělení větrání v 1PP	14

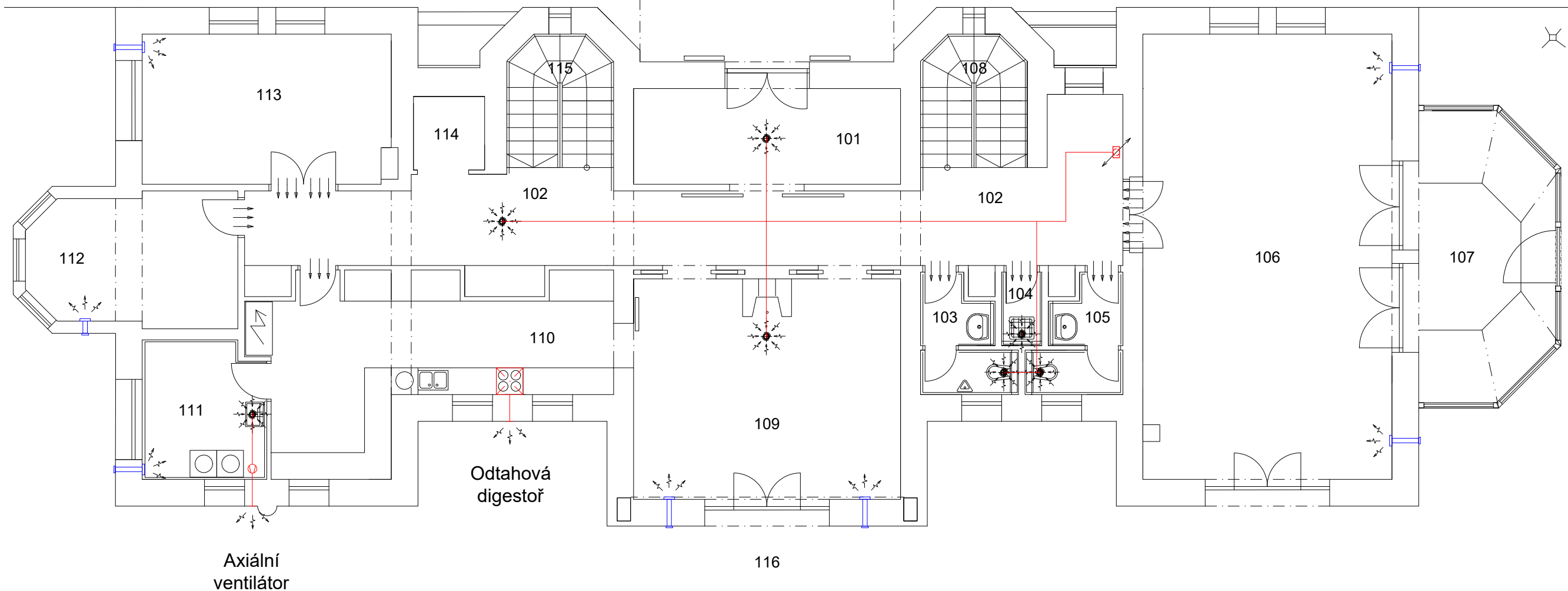
Obr. 5 Princip podtlakového větrání.....	20
Obr. 6 Stěnová štěrbina.....	21
Obr. 7 Rovnotlaké větrání RD	21
Obr. 8 Lokální rekuperační jednotka Sorke QR100M	22
Obr. 9 Větrací jednotka se zpětným ziskem tepla iV-Smart+	23
Obr. 10 Princip funkce větracího systému se zpětným ziskem tepla	23
Obr. 11 Atrea Duplex MultiEco, otevřený plášť	32
Obr. 12 Princip protiproudého rekuperačního výměníku	32
Obr. 13 Větrání s rekuperací s dohřevem (s chlazením)	32
Obr. 14 Vzduchotechnické schéma - zimní provoz	33
Obr. 15 Vzduchotechnické schéma - letní provoz	33
Obr. 16 Cirkulační vytápění nebo chlazení	34
Obr. 17 Větrání bez rekuperace (by-pass)	34
Obr. 18 Zavřená klapka by-passu	34
Obr. 19 Otevřená klapka by-passu	35
Obr. 20 Potrubní ohřivač (předehřivač) EPO-V v kruhovém a hranatém provedení	35
Obr. 21 Rozdělovací box VZT potrubí.....	35
Obr. 22 Spiro potrubí.....	36
Obr. 23 Flexibilní potrubí MAT KLIMAFLEX SB	36
Obr. 24 Přívodní kovový talířový ventil.....	36
Obr. 25 Odvodní kovový talířový ventil.....	36
Obr. 26 Systém nadřazené regulace.....	38
Obr. 27 Hlukové posouzení přívodního potrubí bez tlumiče hluku	39
Obr. 28 Hlukové posouzení přívodního potrubí s tlumičem hluku	40
Obr. 29 Hlukové posouzení odvodního potrubí s tlumičem hluku	40
Obr. 30 Princip lokální odvlhčovací jednotky	42
Obr. 31 Princip centrální vzduchotechnické jednotky	43
Obr. 32 Menerga ThermoCond 19, otevřený plášť	45
Obr. 33 Jednotlivé režimy provozu jednotky ThermoCond 19	46
Obr. 34 Mollierův diagram pro letní režim	48
Obr. 35 Mollierův diagram pro zimní režim	51
Obr. 36 Simulace průchodu vzduchu přes rekuperační jednotku	53
Obr. 37 Komfortní dvouřadá vyústka	53
Obr. 38 Hlukové posouzení přívodního potrubí s tlumičem hluku.....	54
Obr. 39 Hlukové posouzení potrubí odváděného vzduchu bez tlumiče hluku	55
Obr. 40 Split systém	59
Obr. 41 Multisplit systém	60
Obr. 42 VRV systém.....	60
Obr. 43 Princip pasivního chlazení	61
Obr. 44 Půdorys 1NP, vzduchotechnika – 3D vizualizace v programu Revit.....	67
Obr. 45 Půdorys 2NP, vzduchotechnika – 3D vizualizace v programu Revit.....	68

6.4 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Půdorys 1NP – Varianta 1, podtlakové větrání
- Příloha č. 2 Půdorys 1NP – Varianta 3/1, rovnotlaké nucené větrání, centrální VZT jednotka
- Příloha č. 3 Půdorys 1NP – Varianta 3/2, rovnotlaké nucené větrání, větrací jednotky se zpětným ziskem tepla
- Příloha č. 4 Schéma zapojení technické místnosti – pasivní chlazení
- Příloha č. 5 Schéma zapojení technické místnosti – vytápění

Elektronické přílohy

- Příloha č. 6 Atrea návrh jednotky [software]
- Příloha č. 7 Tlakové ztráty potrubí
- Příloha č. 8 Hlukové posouzení – e2 bez tlumiče
- Příloha č. 9 Hlukové posouzení – e2 s tlumičem
- Příloha č. 10 Hlukové posouzení – i1 s tlumičem
- Příloha č. 11 Hlukové posouzení – i2 s tlumičem
- Příloha č. 12 Bazén hlukové posouzení – e2 s tlumičem
- Příloha č. 13 Bazén hlukové posouzení – i2 s tlumičem
- Příloha č. 14 Technická specifikace Atrea Duplex 1500 MultiEco
- Příloha č. 15 Technický list Atrea Duplex 500-9000 MultiEco
- Příloha č. 16 Technický list Atrea EPO-V
- Příloha č. 17 Product catalogue Menerga ThermoCond 19
- Příloha č. 18 Technický list Elektrodesign KI, KIC – talířový ventil přívodní
- Příloha č. 19 Technický list Elektrodesign KO, KOC – talířový ventil odvodní
- Příloha č. 20 Technický list Elektrodesign KVK/KVP – vyústky do kruhového potrubí
- Příloha č. 21 Technický list Elektrodesign MBE – elektrické ohřívače
- Příloha č. 22 Technický list Elektrodesign MVF-S Varioflow – regulátor variabilního průtoku
- Příloha č. 23 MAT Katalog příslušenství pro flexibilní potrubí Klimaflex SB
- Příloha č. 24 Technická specifikace Lindab TUNE-PS 200/67-800-600-2050
- Příloha č. 25 Technická specifikace Lindab TUNE-PS 200/67-800-600-2550
- Příloha č. 26 Technická specifikace Lindab SLBGU 315-1200-100
- Příloha č. 27 Technická specifikace Lindab TUNE-PS 100/67-500-300-1050
- Příloha č. 28 Technická specifikace Lindab TUNE-PS 100/50-600-300-1050
- Příloha č. 29 Bazén hlukové posouzení – i1 bez tlumiče



číslo:	Název místnosti:	Plocha (m ²)
101	ZÁDVEŘÍ	12,85 m ²
102	CHODBA	44,70 m ²
103	WC	4,60 m ²
104	ÚKLID	1,50 m ²
105	WC	4,60 m ²
106	OBÝVACÍ POKOJ	55,20 m ²
107	ZIMNÍ ZAHRADA	16,50 m ²
108	SCHODIŠTĚ	6,80 m ²
109	JÍDELNA	29,70 m ²
110	KUCHYNĚ	24,50 m ²
111	DOMÁCÍ PRÁCE	8,45 m ²
112	PRACOVNA	13,55 m ²
113	KNIHOVNA	17,80 m ²
114	REZERVA VÝTAH	2,85 m ²
115	SCHODIŠTĚ	6,80 m ²
116	TERASA	303,50 m ²

LEGENDA ZNAČEK:

Dveře bez prahu
 Min. volná výška 15 mm

Stěnová přívodní štěrбина

Talířový ventil odvodní

LEGENDA POTRUBÍ:

přívod čerstvého vzduchu do objektu
 odvod znehodnoceného vzduchu z objektu

Pozn.:

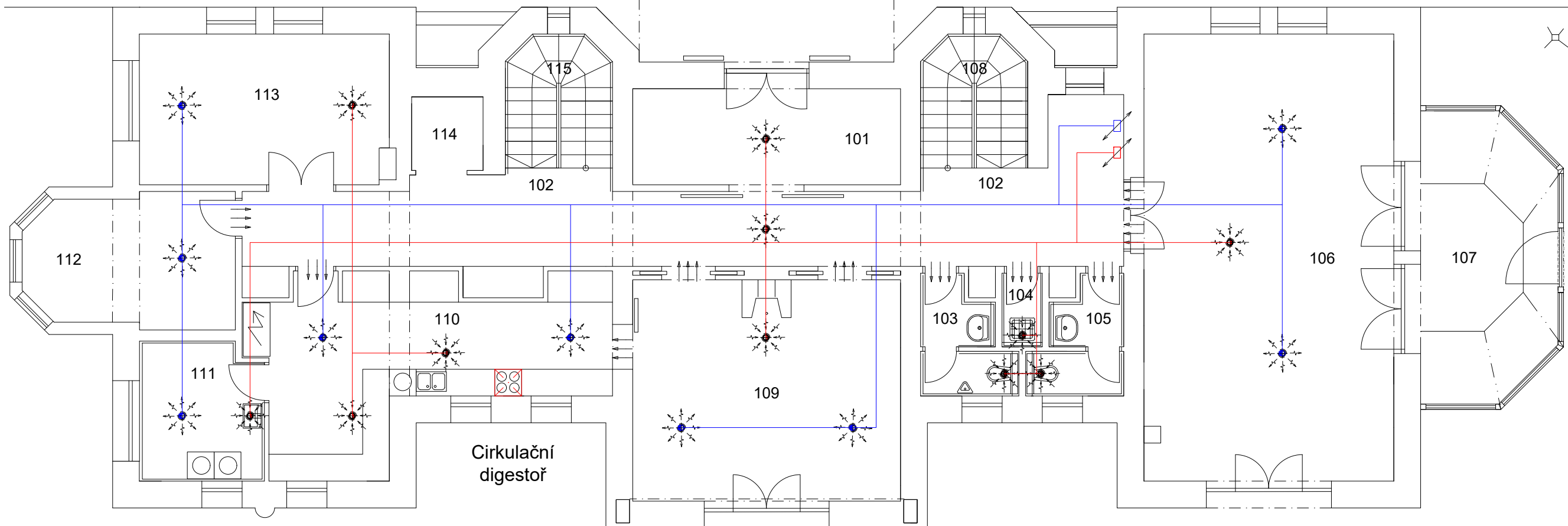
Odvodní potrubí typu spiro vyvedeno nad střechu objektu.

Odsávání znehodnoceného vzduchu zajištěno pomocí ventilátoru

Elektrodesign Mixvent TD Silent, umístěného v podkroví objektu.

Přívod vzduchu pomocí stěnových štěrbin např. Bristec EHT.

Zpracoval Jana Štětková	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce - Katedra technických zařízení budov			
Název: Větrání a chlazení rodinného domu		Datum 05/2020	Meřítko 1:100
Příloha: PŮDORYS 1NP - VARIANTA 1 PODTLAKOVÉ VĚTRÁNÍ		Číslo výkresu Příloha č. 1	
			Konzultant Ing. Miroslav Urban, Ph.D.



číslo:	Název místnosti:	Plocha (m ²)
101	ZÁDVEŘÍ	12,85 m ²
102	CHODBA	44,70 m ²
103	WC	4,60 m ²
104	ÚKLID	1,50 m ²
105	WC	4,60 m ²
106	OBÝVACÍ POKOJ	55,20 m ²
107	ZIMNÍ ZAHRADA	16,50 m ²
108	SCHODIŠTĚ	6,80 m ²
109	JÍDELNA	29,70 m ²
110	KUCHYNĚ	24,50 m ²
111	DOMÁCÍ PRÁCE	8,45 m ²
112	PRACOVNA	13,55 m ²
113	KNIHOVNA	17,80 m ²
114	REZERVA VÝTAH	2,85 m ²
115	SCHODIŠTĚ	6,80 m ²
116	TERASA	303,50 m ²

LEGENDA ZNAČEK:

Dveře bez prahu
 Min. volná výška 15 mm

Talířový ventil přívodní

Talířový ventil odvodní

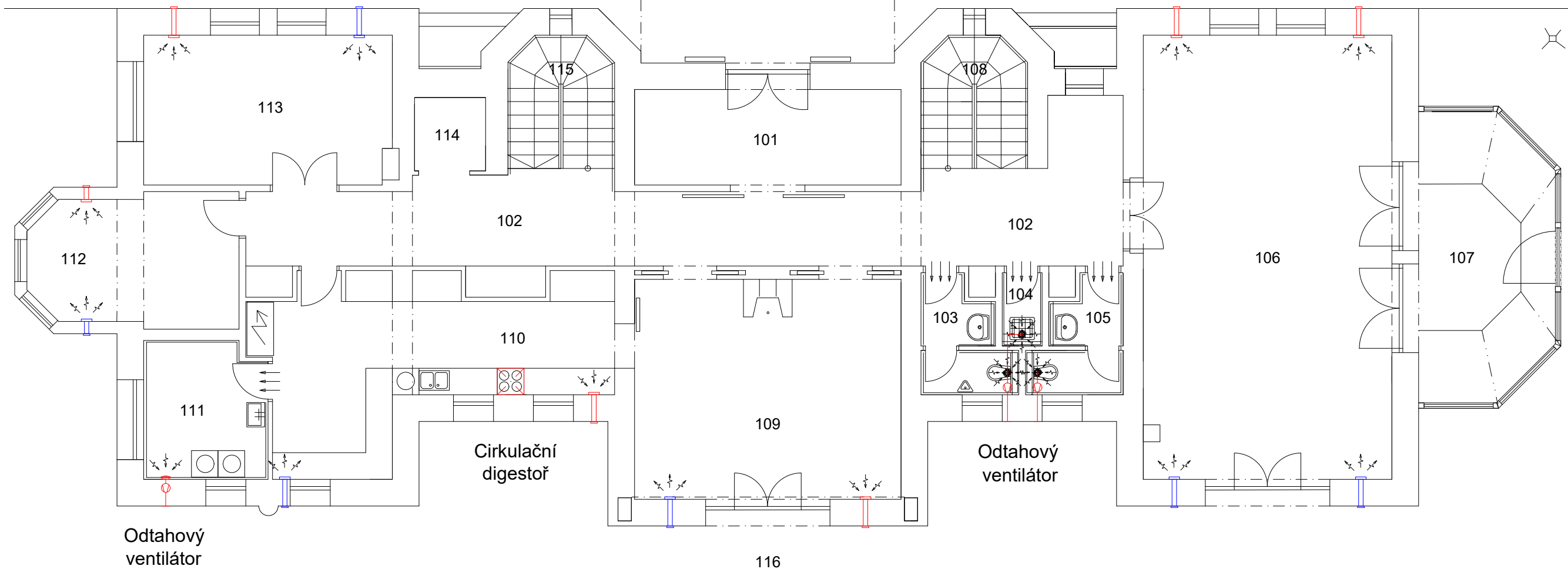
LEGENDA POTRUBÍ:

přívod čerstvého vzduchu do objektu
 odvod znehodnoceného vzduchu z objektu

Pozn.:

Odvodní a přívodní potrubí typu spiro vyvedeno nad střechu objektu.
 Sání a výfuk vzduchu zajišťuje centrální VZT jednotka umístěná v podkrovní objektu.
 Koncovými distribučními prvky jsou talířové ventily pro přívod a odvod vzduchu.

Zpracoval Jana Štětková	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce - Katedra technických zařízení budov			
Název: Větrání a chlazení rodinného domu		Datum 05/2020	
		Meřítko 1:100	
Příloha: PŮDORYS 1NP - VARIANTA 3/1 ROVNOTLAKÉ NUCENÉ VĚTRÁNÍ CENTRÁLNÍ VZT JEDNOTKA		Číslo výkresu Příloha č. 2	Konzultant Ing. Miroslav Urban, Ph.D.



číslo:	Název místnosti:	Plocha (m2)
101	ZÁDVEŘÍ	12,85 m2
102	CHODBA	44,70 m2
103	WC	4,60 m2
104	ÚKLID	1,50 m2
105	WC	4,60 m2
106	OBÝVACÍ POKOJ	55,20 m2
107	ZIMNÍ ZAHRADA	16,50 m2
108	SCHODIŠTĚ	6,80 m2
109	JÍDELNA	29,70 m2
110	KUCHYNĚ	24,50 m2
111	DOMÁCÍ PRÁCE	8,45 m2
112	PRACOVNA	13,55 m2
113	KNIHOVNA	17,80 m2
114	REZERVA VÝTAH	2,85 m2
115	SCHODIŠTĚ	6,80 m2
116	TERASA	303,50 m2

LEGENDA ZNAČEK:

- Dveře bez prahu
Min. volná výška 15 mm
- Větrací jednotka se zpětným získkem tepla např. Inventer iV Smart+ v režimu sání čerstvého vzduchu
- Větrací jednotka se zpětným získkem tepla např. Inventer iV Smart+ v režimu výfuku odpadního vzduchu
- Talířový ventil odvodní

LEGENDA POTRUBÍ:

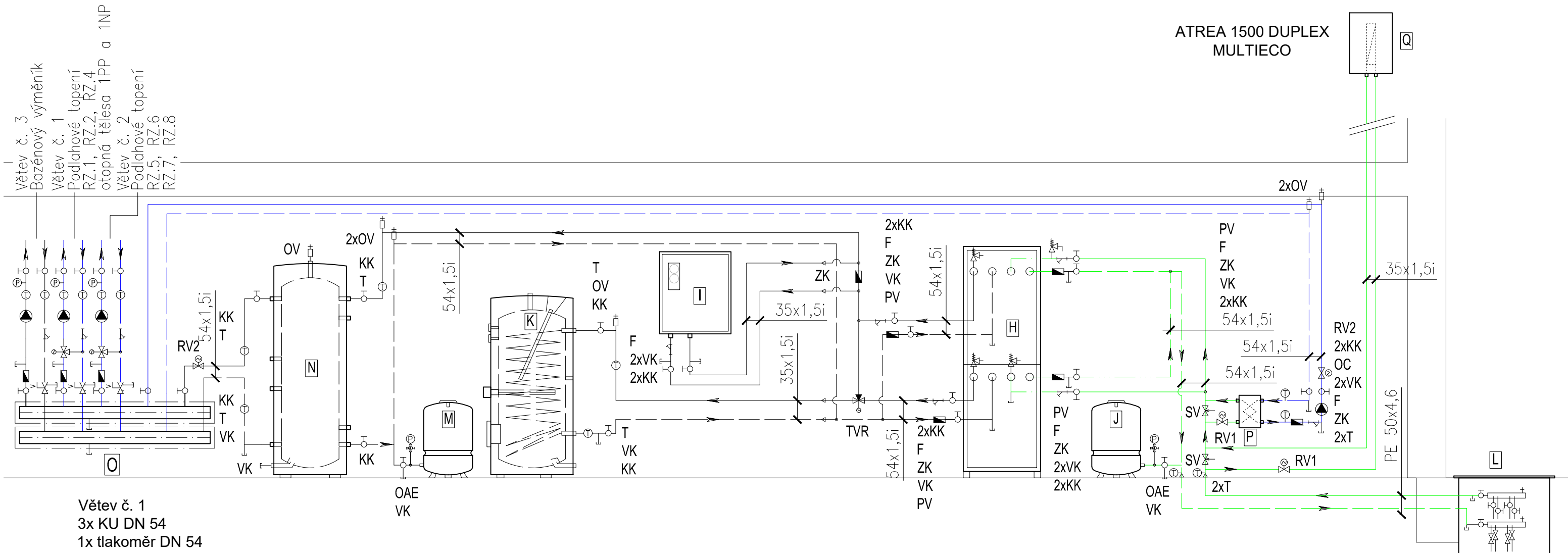
- přívod čerstvého vzduchu do objektu
- odvod znehodnoceného vzduchu z objektu

Pozn.:

Systém znázorněn v první části cyklu. Ve druhé části se otočí chod ventilátorů a funkce přívodních a odvodních jednotek se obrátí. Větrání sociálního zařízení, místnosti úklidu a domácích prací řešeno samostatně pomocí ventilátoru a výfuku odpadního vzduchu přes stěnu objektu.

Zpracoval Jana Štětková	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce - Katedra technických zařízení budov			
Název: Větrání a chlazení rodinného domu		Datum 05/2020	
		Meřítko 1:100	
Příloha: PŮDORYS 1NP - VARIANTA 3/2 ROVNOTLAKÉ NUCENÉ VĚTRÁNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKY SE ZPĚTNÝM ZÍSKEM TEPLA		Číslo výkresu Příloha č. 3	Konzultant Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

SCHÉMA ZAPOJENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – PASIVNÍ CHLAZENÍ



- Větev č. 1**
 3x KU DN 54
 1x tlakoměr DN 54
 2x teploměr DN 54
 1x oběhové čerpadlo MAGNA3 40-80F
 1x směšovací ventil VRG 131 DN25, Kvs = 10
 1x vypouštěcí kohout
 1x zpětná klapka
 1x filtr DN 54
 1x KK s vypouštěním DN 54

TECHNICKÁ MÍSTNOST

- H** - tepelné čerpadlo NIBE Fighter 1345-30
 (3x400V, 50Hz, 30kW)
I - elektrokotel BOSCH Tronic Heat 3500
 (3x400V, 50Hz, 18kW)
J - expanzomat primárního okruhu TČ Reflex NG 50I (120kPa)
K - nepřímotopný zásobníkový ohřívač OKC 400 NTR/HP Dražice
L - rozdělovač/sběrač primárního okruhu v jímce GEROtop
M - expanzomat sekundárního okruhu TČ Reflex NG 50I (120kPa)
N - akumulční nádoba NIBE NAD 500 v1
O - rozdělovač/sběrač sekundárního okruhu
P - výměník tepla primární okruh TČ/sekundární okruh TČ
Q - výměník tepla primární okruh TČ/větrací jednotka

- KK** KULOVÝ KOHOUT
P TLAKOMĚŘ
T TEPLMĚŘ
OC OBĚHOVÉ ČERPADLO
OAE OBSLUŽNÁ ARMATURA
 EXPANZOMATU
OV ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL
PV POJISTNÝ VENTIL
ZK ZPĚTNÁ KLAPKA
TVS TROJCESTNÝ VENTIL
SMĚŠOVACÍ
TVR TROJCESTNÝ VENTIL
ROZDĚLOVACÍ
RV1 REGULAČNÍ VENTIL (0-10 V)
RV2 REGULAČNÍ VENTIL (on-off)
SV ŠKRTICÍ VENTIL
TV TROJCESTNÝ VENTIL
VK VYPOUŠTĚCÍ KOHOUT
F FILTR

LEGENDA POTRUBÍ:

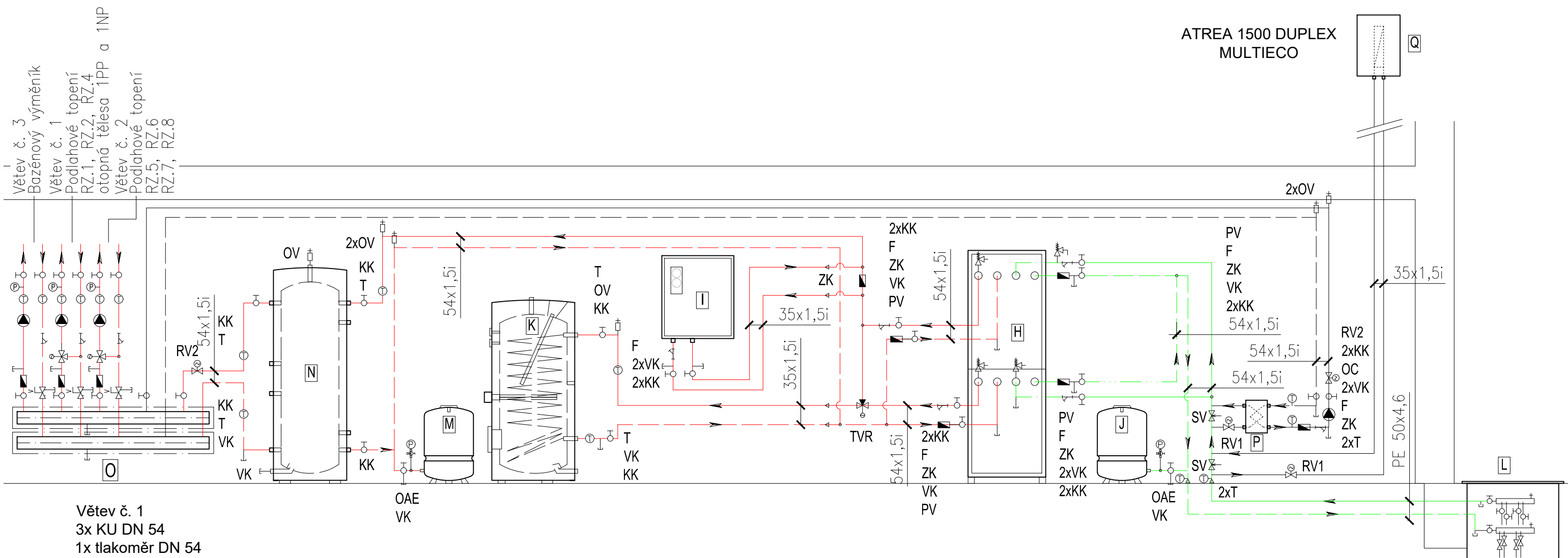
- Primární okruh TČ, médium nemrznoucí směs
— Sekundární okruh - chlazení, médium voda

Pozn.:

Schéma neobsahuje veškeré potřebné armatury.
 Prvky měření a regulace nejsou ve schématu znázorněny.

Zpracoval Jana Štětková	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce - Katedra technických zařízení budov			
Název: Větrání a chlazení rodinného domu		Datum 05/2020	Meřítko 1:100
Příloha: SCHÉMA ZAPOJENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI - PASIVNÍ CHLAZENÍ		Číslo výkresu Příloha č. 4	
Konzultant Ing. Miroslav Urban, Ph.D.			

SCHÉMA ZAPOJENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI – VYTÁPĚNÍ



- Větev č. 1**
 3x KU DN 54
 1x tlakoměr DN 54
 2x teploměr DN 54
 1x oběhové čerpadlo MAGNA3 40-80F
 1x směšovací ventil VRG 131 DN25, Kvs = 10
 1x vypouštěcí kohout
 1x zpětná klapka
 1x filtr DN 54
 1x KK s vypouštěním DN 54

TECHNICKÁ MÍSTNOST

- [H] - tepelné čerpadlo NIBE Fighter 1345-30 (3x400V, 50Hz, 30kW)
- [I] - elektrokotel BOSCH Tronic Heat 3500 (3x400V, 50Hz, 18kW)
- [J] - expanzomat primárního okruhu TČ Reflex NG 50I (120kPa)
- [K] - nepřímotopný zásobníkový ohřívač OKC 400 NTR/HP Dražice
- [L] - rozdělovač/sběrač primárního okruhu v jímce GEROtop
- [M] - expanzomat sekundárního okruhu TČ Reflex NG 50I (120kPa)
- [N] - akumulční nádoba NIBE NAD 500 v1
- [O] - rozdělovač/sběrač sekundárního okruhu
- [P] - výměník tepla primární okruh TČ/sekundární okruh TČ
- [Q] - výměník tepla primární okruh TČ/větrací jednotka

- KK KULOVÝ KOHOUT
- P TLAKOMĚŘ
- T TEPLOMĚŘ
- OC OBĚHOVÉ ČERPADLO
- OAE OBSLUŽNÁ ARMATURA EXPANZOMATU
- OV ODVZDUŠŇOVACÍ VENTIL
- PV POJISTNÝ VENTIL
- ZK ZPĚTNÁ KLAPKA
- TVS TROJCESTNÝ VENTIL SMĚŠOVACÍ
- TVR TROJCESTNÝ VENTIL ROZDĚLOVACÍ
- RV1 REGULAČNÍ VENTIL (0-10 V)
- RV2 REGULAČNÍ VENTIL (on-off)
- SV ŠKRTICÍ VENTIL
- TV TROJCESTNÝ VENTIL
- VK VYPOUŠTĚCÍ KOHOUT
- F FILTR

LEGENDA POTRUBÍ:

- Primární okruh TČ, médium nemrznoucí směs
- Sekundární okruh - vytápění, médium voda

Pozn.:

Schéma neobsahuje veškeré potřebné armatury. Prvky měření a regulace nejsou ve schématu znázorněny.

Zpracoval Jana Štětková	Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	Školní rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Bakalářská práce - Katedra technických zařízení budov			
Název: Větrání a chlazení rodinného domu		Datum 05/2020	
		Meřítko 1:100	
Příloha: SCHÉMA ZAPOJENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI - VYTÁPĚNÍ		Číslo výkresu Příloha č. 5	
		Konzultant Ing. Miroslav Urban, Ph.D.	