

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



KONCEPT VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Tereza Spurná

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2019/2020



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Spurná Jméno: Tereza Osobní číslo: 468569
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Koncept větrání bytových domů
Název bakalářské práce anglicky: Ventilation concept of apartment buildings

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude obsahovat část rešeršní a projektovou.

Rešeršní část bude zpracována v rozsahu:

- identifikace požadavků na větrání obytných staveb (legislativní a normové požadavky),
- stanovení požadavků na větrání pro konkrétní bytový dům
- studii variantního řešení větrání konkrétního bytového domu (přehled současných technických možností)
- porovnání a vyhodnocení variant větrání

Projekt větrání bytového domu bude zpracován 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,
- Zpracování výkresové dokumentace bez výpisu materiálu

Seznam doporučené literatury:

Günter Gebauer, Helena Horká a Olga Rubinová - Vzduchotechnika

Zmrhal a kol. - koncept větrání

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

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

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)

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

V Mochtíně 19.05.2020

.....
Tereza Spurná

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miroslavovi Urbanovi, Ph.D. za odborné rady, ochotu a čas, který mi věnoval. Dále bych poděkovala své rodině.

Obsah

Anotace	7
Annotation	7
1. Úvod	8
2. Legislativní požadavky na větrání obytných staveb	9
2.1. Požadavky na větrání dle Vyhlášky č. 268/2009 Sb.	9
2.2. Požadavky na větrání budov dle ČSN EN 15665/Z1	9
2.2.1. Požadavky na přívod vzduchu.....	9
2.2.2. Požadavky na odvod venkovního vzduchu	9
2.2.3. Požadavky na koncepci větrání.....	10
2.3. Požadavky na větrání budov dle ČSN EN 16798-1.....	11
2.3.1. Požadavky na přívod vzduchu.....	11
2.3.2. Požadavky na odvod vzduchu.....	11
2.4. Stanovení množství větracího vzduchu ^[7]	12
2.4.1. Podle intenzity větrání.....	12
2.4.2. Podle počtu osob.....	12
2.4.3. Podle produkce škodlivin.....	12
3. Větrací systémy obytných budov	13
3.1. Přirozené větrání	13
3.2. Nucené větrání	13
3.2.1. Nucené podtlakové větrání	13
3.2.2. Nucené rovnotlaké větrání	14
3.2.3. Hybridní větrání.....	16
4. Specifikace bytového objektu.....	17
4.1.1. Údaje o budově	17
4.1.2. Konstrukční systém.....	17
4.1.3. Dispoziční řešení.....	17
4.1.4. Výkresová dokumentace	17
4.1.5. Oblastní a klimatické údaje	17
4.1.6. Vytápění	17
4.2. Stanovení požadavků na větrání mého objektu	18
5. Studie variantního řešení větrání mého objektu	19
5.1.1. Podtlakové větrání.....	19
5.1.2. Rovnotlaké větrání – centrální.....	21
5.1.3. Rovnotlaké větrání decentrální	22
5.1.4. Rovnotlaké větrání – lokální	23
5.2. Porovnání a vyhodnocení variant větrání	24
5.2.1. Přehled rekuperačních jednotek	24

5.2.2.	Investiční náklady	25
5.2.3.	Vyhodnocení	27
6.	Praktická část	28
6.1.	Určení množství větraného vzduchu a vzduchových výkonů pro jednotlivé provozy .	28
6.2.	Návrh vzduchotechnických jednotek a vzduchotechnických zařízení	30
6.2.1.	Návrh vzduchotechnické jednotky	30
6.2.2.	Návrh Smart boxu	32
6.2.3.	Návrh distribučních prvků	32
6.3.	Výpočet tlakových ztrát	33
6.3.1.	Návrh dimenzí potrubí	33
6.3.2.	Výpočet tlakové ztráty potrubí ^[26]	33
6.4.	Návrh tlumiče hluku ^[27]	34
7.	Závěr	36
	Zdroje	37
	Seznam obrázků	41
	Seznam tabulek	41
	Seznam příloh	42

Anotace

Téma této bakalářské práce je koncept větrání bytových domů. V teoretické části jsou popsány různé varianty systému větrání. Nejprve jsou sepsány legislativní požadavky pro návrh větrání bytových domů. Dále jsou popsány větrací systémy obytných budov, jsou stanoveny požadavky na tento projekt a navrženy typy systému na daný objekt. V závěru jsou porovnány varianty a vyhodnocení jejich investičních nákladů.

V praktické části je podrobněji věnováno centrálnímu rovnotlakému systému, ke kterému je udělaná projektová dokumentace.

Klíčová slova: nucené větrání, podtlakové centrální větrání, podtlakové decentrální větrání, rovnotlaké centrální větrání, rovnotlaké decentrální větrání, rovnotlaké lokální větrání, hybridní větrání, rekuperační jednotka

Annotation

The topic of this bachelor's thesis is the concept of ventilation of apartment buildings. The theoretical parts describe various variants of the ventilation system. First, the legislative requirements for the design of ventilation of apartment buildings are written. In the next part, the ventilation systems of residential buildings are described, the requirements for this project and the reserved types of the system for the specified building are determined. Final part is dedicated for evaluation of specific variant and their investment costs.

In practical parts, it is devoted in more detail to the central equal pressure system, for which the project documentation is made.

keywords: mechanical ventilation, vacuum central ventilation, vacuum decentral ventilation, balanced central ventilation, balanced decentral ventilation, balanced local ventilation, hybrid ventilation, heat recovery unit

1. Úvod

Člověk v dnešní době tráví ve vnitřním prostředí budov velkou část svého času. Podle věku uživatele se odvíjí délka pobytu v domácnostech. Naším cílem je vytvořit kvalitní a příjemné prostředí v obytných místnostech. Při nedostatečném větrání mohou nastat různá respirační onemocnění, dokonce v krajních případech může být špatný návrh větrání životu nebezpečný.

Proto jsem se rozhodla v této bakalářské práci věnovat větrání bytových domů. Téma této práce je koncept větrání bytových domů.

Tato bakalářská práce se skládá ze dvou částí. V rešeršní části bakalářské práce popisují varianty systémů větrání bytových domů. V mé práci se zabývám převážně nuceným větráním, protože v dnešní době přirozené větrání nespĺňuje normové požadavky. Nucené větrání se podle průtoku dělí do tří kategorií, rovnotlaké, podtlakové a přetlakové. V této části jsem dále stanovila požadavky na můj bytový dům. Navrhla jsem koncepční varianty na tento objekt. Dále jsem v této části porovнала přírodní prvky pro podtlakové větrání. Sepsala jsem přehled větracích rekuperačních jednotek, které jsem navrhovala pro koncepční návrhy. V závěru rešerše jsem systémy nuceného větrání porovнала a vyhodnotila investiční náklady.

Druhá část je zpracování projektové dokumentace. Zde jsem řešila centrální rovnotlaké větrání 2.NP, 3.NP, 4.NP bytového domu.

2. Legislativní požadavky na větrání obytných staveb

2.1. Požadavky na větrání dle Vyhlášky č. 268/2009 Sb.

Podle závazné vyhlášky č. 268/2009 Sb.^[1], která se věnuje technickým požadavkům na stavbě, uvádí v §11 odstavci (3): „Obytné místnosti musí mít zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami, s možností regulace vnitřní teploty.“^[1]

Dále se tato vyhláška zabývá větráním v odstavci (5) a (6)

(5) „Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m³/h na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 1/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm.“^[1]

(6) „V místnostech, kde jsou instalovány spotřebiče paliv, musí být vždy zajištěn přívod venkovního vzduchu rovný minimálně průtoku spalovacího vzduchu pro jmenovitý výkon a typ spotřebiče.“^[1]

2.2. Požadavky na větrání budov dle ČSN EN 15665/Z1

2.2.1. Požadavky na přívod vzduchu

Přívod vzduchu je definován intenzitou větrání, která vyjadřuje poměr objemového průtoku přiváděného čerstvého, venkovního vzduchu V_e k objemu vnitřního větraného prostoru O .^[2]

$$I = \frac{V_e}{O} [h^{-1}] \quad (2.1)$$

Podle národní přílohy normy ČSN EN 15665Z/1^[2] je základní požadavek pro zajištění trvalého větrání minimální intenzita větrání 0,3h⁻¹ v obytných prostorech (pokoj, ložnice, obývací pokoje, apod.) a kuchyních. Pro kvalitnější vnitřní vzduch v místnosti se doporučuje hodnota 0,5 h⁻¹. Během doby, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě užívány (dovolené, víkendy), lze připustit provoz s nižší intenzitou větrání 0,1 h⁻¹ vztahenou k celkovému vnitřnímu objemu bytu.^[2]

Dále se v národní příloze uvádí minimální dávka čerstvého vzduchu pro osoby, jak je uvedené v (Tab. /1/), podle které lze také dimenzovat přívod vzduchu. Vždy však musí být splněn požadavek na minimální intenzitu větrání.

Pokud je větrací systém řízen podle kvality vzduchu, pak kritériem pro průtok vzduchu je koncentrace oxidu uhličitého v obytném prostoru (ČSN EN 16798 - 1^[3]).^[2]

2.2.2. Požadavky na odvod venkovního vzduchu

Z místnosti se zdrojem znečišťujících látek (pachy, vlhkost, látky vznikající při vaření, apod.) tj. především z hygienického zázemí a kuchyně musí větrání obytných budov zajistit odvod vzduchu.^[2]

Průtok odváděného vzduchu při trvalém větrání odpovídá průtoku přiváděného vzduchu stanoveného podle požadavku na intenzitu větrání (Tab. /1/). Vzduch z obytných místností by měl být odváděn přes hygienické místnosti.^[2]

Pro intenzivní větrání hygienického zázemí a kuchyní slouží nárazové odvětrání vzduchu podle požadavků uvedených v tabulce v národní příloze ČSN EN 15665/Z1.^[2]

Tab. /1/ Požadavky na větrání obytných budov ČSN EN 15665/Z1^[2]

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

2.2.3. Požadavky na koncepci větrání

Přívod venkovního vzduchu lze řešit těmito způsoby:

- větracími štěrbinami, které jsou integrovány do výplní stavebních otvorů;
- specifickými přívodními otvory v obvodových stěnách (štěrbiny, kruhové otvory);
- větrací jednotkou.

Přívod vzduchu by měl být přiváděn do obytných místností (obývací pokoje, dětské pokoje, ložnice), odvod vzduchu by měl být zpravidla realizován z hygienických zázemí popřípadě z kuchyně. Ostatní místnosti (chodby, předsíně, šatny, aj.) jsou větrány převáděcím vzduchem popřípadě čerstvým vzduchem podle účelu místnosti nebo dle potřeby. Převáděcí otvory musí být zajištěn převod vzduchu z obytných místností do koupelen a WC. Převáděcí otvory jsou například spáry pod dveřmi nebo stěnové otvory, které se dimenzují na rychlost proudění v čistém průřezu $w < 0,5$ m/s. ^[2]

Podle národní přílohy se v kuchyních nad varnými plochami doporučuje instalovat pro nárazové větrání odsávací zákryty s filtry, ventilátory a odvod vzduchu řešit samostatným vzduchovodem. V kuchyních, kde není instalován nucený odvod vzduchu se nedoporučuje použití cirkulačního odsávacího zákrytu. ^[2]

Pokud je v bytových domech řešen odvod vzduchu z kuchyní při nárazovém větrání společným vzduchovodem, je nutné před každým odsávacím místem osadit uzavírací klapku. Dle vyhlášky č. 268/2009 Sb.^[1] je nutné, aby byl výfuk odpadního vzduchu vyveden do venkovního prostředí v dostatečné vzdálenosti. To znamená 1,5m od nasávacích otvorů venkovního vzduchu, východů z chráněných únikových cest, otvorů pro přirozené větrání nebo částečně únikových cest a 3 m od otvorů pro nasávání a výfuk sloužící pro nucené větrání chráněných únikových cest. ^[2]

Větrací systémy, dle vyhlášky č. 23/2008 Sb.^[4], musí splňovat národní požadavky na požární bezpečnost staveb a respektovat podmínky ochrany před šířením požáru vzduchotechnickým potrubím.

V chráněném vnitřním prostoru staveb, podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.,^[5] musí provoz větracího vzduchu splňovat hygienické limity hluku a vibrací.

2.3. Požadavky na větrání budov dle ČSN EN 16798-1

Norma ČSN EN 16798–1^[3] nahrazuje původní normu ČSN EN 15251.

Požadavky dle této normy se zabývají doporučenými návrhovými průtoky vzduchu s ohledem na posouzení energetické náročnosti budov.

Podle této normy jsou doporučené hodnoty stanoveny na základě celkové výměny vzduchu pro byt nebo množství odváděného nebo přiváděného vzduchu pro konkrétní místnost. Dále tato norma definuje požadavky na otvory pro přirozené větrání.

Hodnoty jsou uvedeny pro různé kategorie kvality vnitřního prostředí IEQ.

2.3.1. Požadavky na přívod vzduchu

Tab. /2/ Kritéria založená na předdefinovaném přívodu vzduchu^[3]

Kategorie	Celkový přívod vzduchu včetně infiltrace		Dávka venkovního vzduchu na osobu	Dávka čerstvého vzduchu založená na kvalitě vzduchu IAQ	
	l/s,m ²	h ⁻¹	l/s*os	q _p [l/s*os]	q _B [l/s,m ²]
I – vysoká	0,49	0,7	10	3,5	0,25
II – střední	0,42	0,6	7	2,5	0,15
III – mírná	0,35	0,5	4	1,5	0,1
IV – nízká	0,23	0,4			

Tab. /3/ Návrhové hodnoty koncentrace CO₂ u obývacích místností a ložnic^[3]

Kategorie	Návrhový ΔCO ₂ pro obývací pokoj (ppm nad venkovním vzduchem)	Návrhový ΔCO ₂ pro ložnice (ppm nad venkovním vzduchem)
I – vysoká	550	380
II – střední	800	550
III – mírná	1350	950
IV – nízká	1350	950

Výše uvedené hodnoty odpovídají rovnovážné koncentraci, když je průtok vzduchu 10, 7, 4 l/s na osobu a koncentrace ΔCO₂ 20 l/h na osobu u obývacích místností a 13,6 l/h na osobu pro ložnice.

2.3.2. Požadavky na odvod vzduchu

Tab. /4/ Návrhové hodnoty množství odváděného vzduchu^[3]

Počet místností v bytě	Množství odváděného vzduchu [l/s]				
	Kuchyně	Koupelny	Ostatní místnosti	WC	
				1 v bytě	Více než 2 v bytě
1	20	10	10	10	10
2	25	10	10	10	10
3	30	15	10	10	10
4	35	15	10	15	10
5 a víc	40	15	10	15	10

2.4. Stanovení množství větracího vzduchu [7]

Výpočet čerstvého vzduchu lze počítat třemi způsoby:

- Podle doporučené intenzity větrání
- Podle počtu osob
- Podle produkce škodlivin

2.4.1. Podle intenzity větrání

$$V_e = I * O \quad (2.2)$$

Kde:

V_e	množství čerstvého vzduchu	$[m^3/h^{-1}]$
I	intenzita větrání	$[h^{-1}]$
O	objem vnitřního větraného prostoru	$[m^3]$

2.4.2. Podle počtu osob

Pro stanovení množství větracího vzduchu dle počtu osob se využije vztahu:

$$V_e = p * V_{pos} \quad (2.3)$$

Kde:

V_e	množství čerstvého vzduchu	$[m^3/h^{-1}]$
p	počet osob	$[-]$
V_{pos}	množství přiváděného vzduchu na osobu	$[m^3/h^{-1} \text{ na osobu}]$

2.4.3. Podle produkce škodlivin

Pomocí tohoto výpočtu docílíme, aby v místnosti nebyla překročena stanovená koncentrace škodlivin.

$$V_e = \frac{m}{\Psi_{max} - \Psi_e} \quad (2.4)$$

V_e	množství čerstvého vzduchu	$[m^3/h]$
m	produkce škodlivin	$[g * h]$
Ψ_{max}	požadovaná mezní koncentrace v interiéru	$[g/g]$
Ψ_e	koncentrace škodliviny ve venkovním prostředí	$[g/g]$

Výpočet přiváděného vzduchu lze provést dle:

- tepelné zátěže při klimatizaci
- tepelné ztráty při teplovzdušném vytápění

3. Větrací systémy obytných budov

Větrací systému lze rozdělit do dvou kategorií na přirozené větrání a nucené větrání.

3.1. Přirozené větrání

Přirozené větrání je založeno na principu rozdílu tlaku vně a uvnitř větraného prostoru. Tlakový rozdíl je zapříčiněn rozdílem hustoty vzduchu (závisí na teplotě) uvnitř větraného prostoru nebo vně objektu. Dále rozdíl tlaku závidí na tlakovém účinku větru. Nevýhodou tohoto systému je, že mají časově omezenou funkci. Dále u toho systému není kontrolovaný průtok vzduchu a není tím zaručeno větrání v celém prostoru.^[8]

Přívod vzduchu pouze infiltrací nebo mikroventilací spárami oken nelze uvažovat v souladu s ČSN EN 15665/Z1^[2] pro budovy s novými a rekonstruovanými okny.^[8]

Provětrání, které je definováno jako přerušované, občasné větrání oken, je značně závislé na klimatických podmínkách a na chování uživatele. Z energetického hlediska by se mělo větrat často, krátce a velkými průřezy otvorů. Provětrání obytných místností však nesplňuje požadavek na trvalou intenzitu větrání dle ČSN EN 15665/Z1^[2].^[8]

3.2. Nucené větrání

Proudění vzduchu v místnosti je zapříčiněno mechanickým účinkem ventilátoru, případně ejektoru. Nucené větrání můžeme dělit podle tlakových poměrů nebo dispozičního řešení systému.^[8]

Podle poměrů průtoku přiváděného vzduchu V_p a průtoku odváděného vzduchu V_o dělíme nucené větrání na:^[8]

- podtlakové $V_o > V_p$
- rovnotlaké $V_o = V_p$
- přetlakové $V_o < V_p$

Systémy nuceného větrání jsou děleny také podle dispozice:

- centrální systém – centrální jednotka bytového domu, rodinného domu
- decentrální systém – lokální jednotka v bytu
- lokální systém – lokální jednotky v místnostech

Nucené větrání se navrhuje zpravidla na extrémní podmínky, proto se může skutečný provoz větracího zařízení od návrhu lišit podle aktuálního využití.

Venkovní vzduch se zpravidla nasává z neosluněných míst, pokud je možno ze severní strany objektu nebo tam, kde venkovní vzduch a vnitřní prostřední nezneškodnocují pachy, zvýšená prašnost, vysoká exhalace z dopravy.^[8]

3.2.1. Nucené podtlakové větrání

Podtlakové větrání kombinuje nucený odvod vzduchu pomocí ventilátoru z místností se zdrojem škodlivin nebo vlhkostí a přisávání venkovního vzduchu větracími otvory integrovanými do výplní stavebních otvorů nebo zabudovanými v obvodových stěnách.^[9]

Přívodní otvory se umísťují zpravidla pod stropem nad okna nebo za otopné těleso. U varianty, kdy je přívodní prvek umístěn za otopné těleso, může vzniknout průvan a způsobit tak diskomfort. Není přípustné umísťovat větrací otvory u podlahy.^[9]

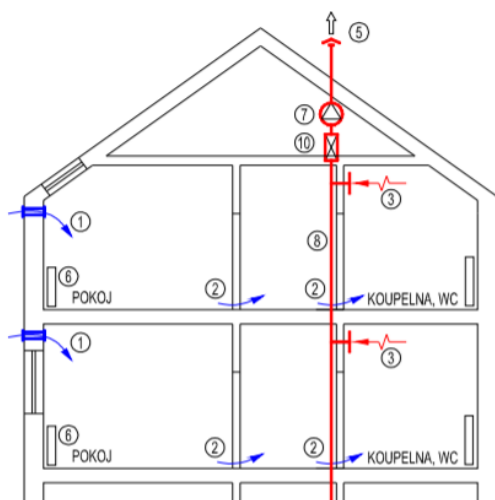
U obytných budov je ventilátor provozován trvale pro zajištění minimálního větrání i v době nepřítomnosti osob.

Ohřev venkovního vzduchu zajišťuje otopná soustava. Výhodou podtlakového větrání jsou investiční náklady a jednoduchost zařízení.

3.2.1.1. Centrální nucené větrání

Ventilátory jsou osazeny na konci stoupacího sběrného potrubí většinou na střeších budovy nebo v podkroví. Výkon centrálního ventilátoru pokrývá tlakové ztráty stoupaček, tvarovek, přívodních a odvodních prvků včetně tlumičů hluku.^{[8] [9]}

Za nevýhodu tohoto systému můžeme považovat, že ventilátor je mnohdy provozován s větším výkonem, než je třeba a tím je zhoršena energetická bilance objektu.



Legenda:

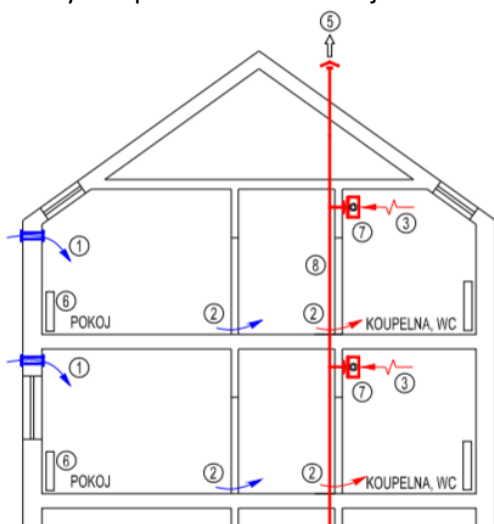
- 1 přiváděný vzduch,
- 2 převáděný vzduch,
- 3 odváděný vzduch,
- 5 odpadní vzduch,
- 6 otopné těleso,
- 7 ventilátor,
- 8 vzduchovody,
- 10 tlumič vzduchu

obr. /1/ Centrální podtlakový systém [51]

3.2.1.2. Decentrální nucené větrání

Ventilátory jsou připojeny do stoupacího sběrného potrubí v jednotlivých místnostech. Tlakové ztráty stoupaček, tvarovek, přívodních a průchozích prvků jsou kryté výkonem lokálních ventilátorů v bytové jednotce.

U tohoto systému je velký problém s odsáváním digestoře. Může docházet k přenosu pachů mezi sousedními jednotkami, proto je nutné digestoře řešit jako centrální systém nebo přímo vyvést přes stěnu mimo objekt.^[9]



Legenda:

- 1 přiváděný vzduch,
- 2 převáděný vzduch,
- 3 odváděný vzduch,
- 5 odpadní vzduch,
- 6 otopné těleso,
- 7 ventilátor,
- 8 vzduchovody,
- 10 tlumič vzduchu

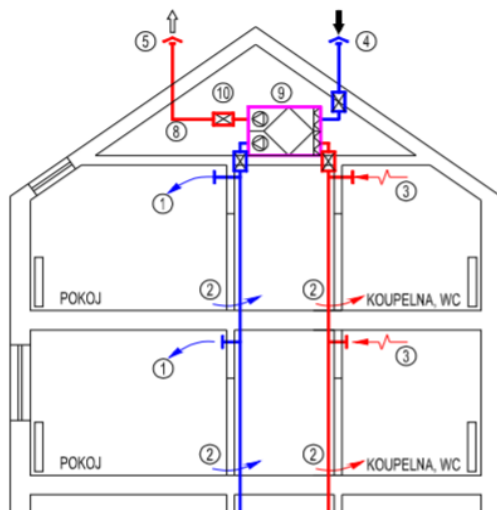
obr. /2/ Decentrální podtlakový systém [50]

3.2.2. Nucené rovnotlaké větrání

Rovnotlaké systémy zajišťují současně přívod čerstvého vzduchu a zároveň odvod znečištěného vzduchu. Výhodou tohoto systému je především získání zpětného tepla z odváděného vzduchu a tím snížení požadavků na ohřev přiváděného vzduchu.^[9]

3.2.2.1. Centrální systém nuceného rovnotlakého větrání

Centrální vzduchotechnická jednotka zajišťuje odvod a přívod vzduchu včetně jeho úpravy. Centrální jednotka je vybavená rekuperačním výměníkem. Přívod a odvod vzduchu je tvořen dvěma vzduchovody, kterými je vzduch rozváděn k jednotlivým bytovým jednotkám. Zde je vzduch dále distribuován od regulačních boxů do jednotlivých místností pomocí distribučních prvků. Náklady na provoz jsou u těchto systému rozpočítávány paušálně mezi bytové jednotky.^{[8] [9]}



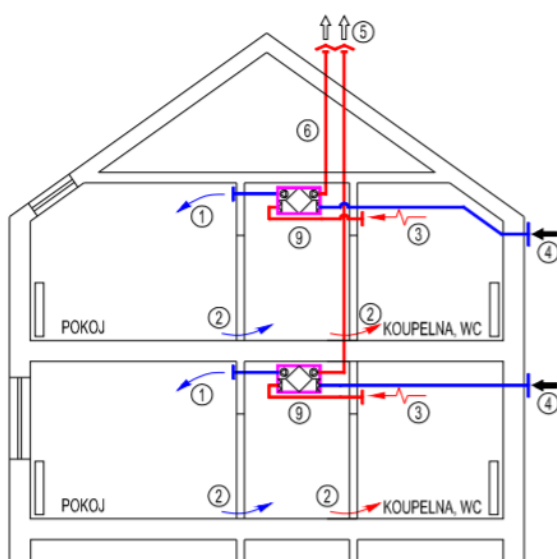
Legenda:

- 1 přiváděný vzduch,
- 2 převáděný vzduch,
- 3 odváděný vzduch,
- 4 nasávaný vzduch
- 5 odpadní vzduch,
- 6 otopné těleso,
- 7 ventilátor,
- 8 vzduchovody,
- 9 vzduchotechnická jednotka se zpětným využitím tepla
- 10 tlumič vzduchu

obr. /3/ Centrální rovnotlaký systém [53]

3.2.2.2. Decentrální systém nuceného rovnotlakého větrání

V každé bytové jednotce jsou lokální větrací jednotky, které obsahují filtraci vzduchu, ventilátory a výměník zpětného získávání tepla, dále ZZT. Sání vzduchu může být samostatně pro každou bytovou jednotku z fasády nebo společným potrubím pro všechny bytové jednotky. Nevýhodou toho systému je náročnost na prostor a hlučnost větrací jednotky.^{[8] [9]}



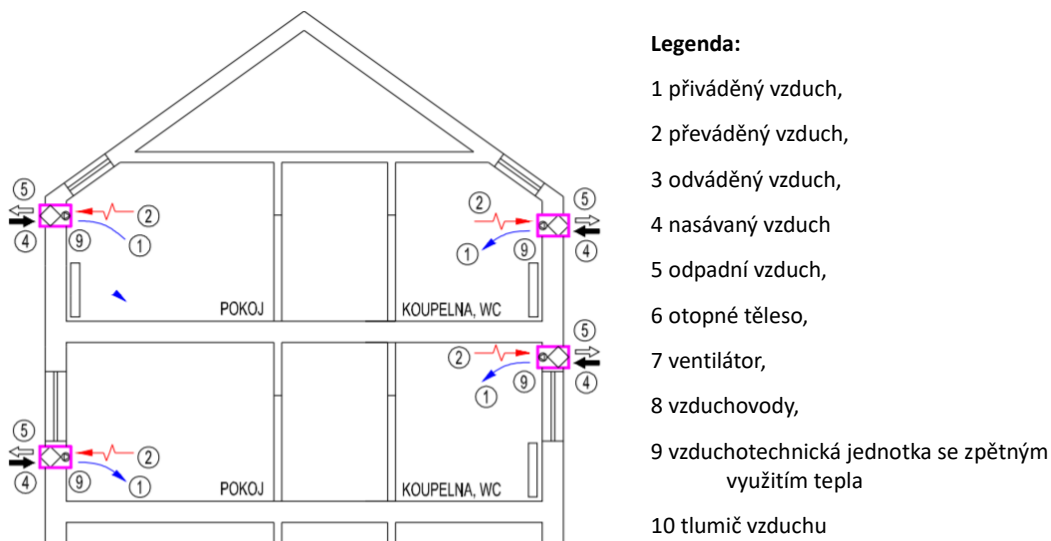
Legenda:

- 1 přiváděný vzduch,
- 2 převáděný vzduch,
- 3 odváděný vzduch,
- 4 nasávaný vzduch
- 5 odpadní vzduch,
- 6 otopné těleso,
- 7 ventilátor,
- 8 vzduchovody,
- 9 vzduchotechnická jednotka se zpětným využitím tepla
- 10 tlumič vzduchu

obr. /4/ Decentrální rovnotlaký systém [52]

3.2.2.3. Lokální systém nuceného rovnotlakého větrání

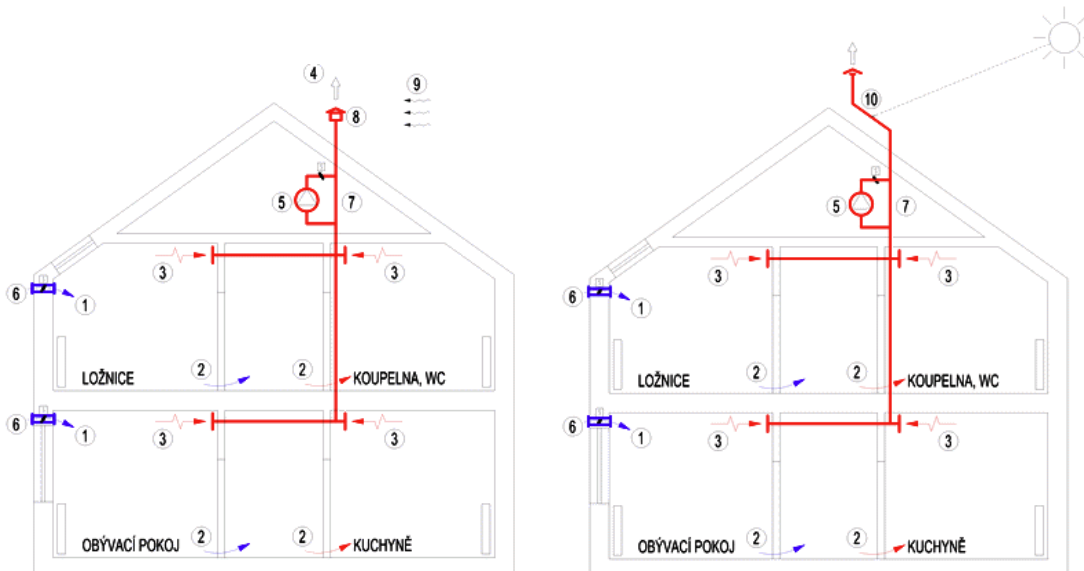
Lokální vzduchotechnické zařízení se ZZT se nacházejí v každé obytné místnosti bytové jednotky. Odvod odpadního vzduchu z hygienických místností se řeší pomocí ventilátorů. Nevýhodou tohoto systému jsou prostorové požadavky a akustické požadavky. [8]



obr. /5/ Lokální rovnotlaký systém [54]

3.2.3. Hybridní větrání

Hybridní větrání funguje na principu kombinace přirozených sil a mechanických sil. Tento systém využívá klady přirozeného a nuceného větrání. Principem toho systému je střídání přirozeného a nuceného větrání tak, aby byl splněn požadavek na výměnu venkovního vzduchu s minimálními nároky na energie pro distribuci vzduchu. Nucené větrání se začne využívat, pokud přirozené větrání nespĺňuje požadavky dané vyhláškou ČSN EN 15665/Z1. U tohoto systému jsou nutné poměrně rozměrné vzduchovody, které jsou dimenzovány na přirozené větrání. [9]



obr. /6/ Hybridní větrání – samoodtahová hlavice [55]

obr. /7/ Hybridní větrání – solární komín [56]

4. Specifikace bytového objektu

4.1.1. Údaje o budově

Jedná se o novostavbu nepodsklepeného bytového domu se čtyřmi nadzemními podlažími. Tento objekt se nachází v jihozápadních Čechách ve městě Klatovy. Budova sahá do výšky 13,200 m. Zastavěná plocha činí u toho objektu 385 m²

4.1.2. Konstrukční systém

Konstrukční systém objektu je zděný, stěnový s konstrukční výškou v 2.NP, 3.NP, 4.NP 3,280 m. Konstrukční výška v 1. NP je 2,980 m.

Obvodové nosné stěny jsou zděné z keramického zdiva tl. 440 mm. Mezibytové stěny jsou z akustických bloků tl. 300 mm a nosné vnitřní stěny tvoří broušené cihelné bloky. Příčky v rámci bytu jsou sádkartonové

Nosná vodorovná konstrukce je navržena jako betonový monolitický strop o výšce 250 mm.

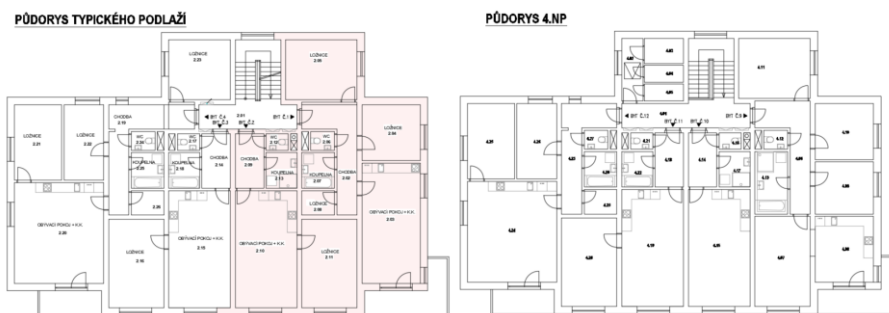
4.1.3. Dispoziční řešení

V prvním nadzemním podlaží se nachází garáže, úklidová komora, sklepní kóje, technická místnost schodiště a místnost pro kočárky a kola. Další patra jsou určena pro byty. Z dispozičního hlediska jsou na patře vždy 4 byty. Dohromady je v tomto bytovém domě 12 bytů. U každého bytu se nachází šachta. Čtvrté nadzemní podlaží se dispozičně liší od druhého a třetího podlaží.

4.1.4. Výkresová dokumentace



obr. /8/ Pohledy na objekt a) pohled jižní; b) pohled východní



obr. /9/ Půdorys typického podlaží a půdorys 4.NP

4.1.5. Oblastní a klimatické údaje

Výška nad mořem	409 m.n.m
Průměrná denní teplota v otopném období	3,9 °C
Venkovní výpočtová teplota	-15 °C / 32 °C

4.1.6. Vytápění

Tepelná ztráta objektu, která je vypočtena dle ČSN EN 12831-1^[6], je 31,9kW. Jsou zde navržena desková otopná tělesa a podlahové konvektory. V koupelně jsou navržena trubková otopná tělesa. Topný zdroj tohoto bytového domu je plynový závěsný kondenzační kotel Panther Condens 48KK0 (8,7 – 48kW) umístěný v technické místnosti v 1.NP. Odkouření je avrženo souosým systémem pomocí koaxiální trubky \varnothing 80/125 mm do komína.

Místní regulace je zajištěna ventily s termostatickými hlaviciemi nebo prostorovým termostatem. Centrální regulace teploty otopné vody je pomocí směšování trojcesného ventilu. Ovládání kotle je automaticky pomocí ekvitermního regulátoru Protherm Termolink B, dle venkovního čidla umístěného na fasádě.

4.2. Stanovení požadavků na větrání mého objektu

V mé práci navrhuji přívod vzduchu pouze pro obytné místnosti v druhém, třetím a čtvrtém nadzemním podlaží, místnosti v 1.NP nejsou předmětem této práce a proto je v dalších výpočtech neuvažuji.

V mém objektu jsem navrhovala přívod vzduchu dle normy ČSN EN 15665Z/1^[2] dle dávky venkovního vzduchu na osobu. Pro všechny systémy jsem uvažovala 25 m³/h na osobu, při tomto množství přiváděného vzduchu vyhovuje podmínka na minimálně množství intenzity venkovního vzduchu. Přívod čerstvého vzduchu je tedy pro všechny systémy stejný, mění se pouze odvod vzduchu. Odvod jsem vždy navrhovala, tak aby byl v bilanci s přívodem vzduchu. V následující tabulce (Tab. /5/) je přehled navrženého množství přiváděného a odváděného vzduchu místností vždy pro byt 1 a pro byt 2 pro různé systémy.

U podtlakového větrání jsem navrhovala odvodní prvky pouze do hygienických místností. Na rozdíl od podtlakového větrání u centrálního respektive decentrálního rovnotlakého větrání jsem uvažovala odvodní prvky nad dřezem v kuchyňském koutě a chodbě. U lokálního rovnotlakého systému jsem uvažovala odvodní prvky v hygienických a zařízení a obývacích pokojích s kuchyňským koutem.

Tab. /5/ Přehled množství přiváděného a odváděného vzduchu pro různé systémy

ČÍSLO BYTU	ČÍSLO MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOST	POČET OSOB	PŘÍVOD VZDUCHU	ODVOD VZDUCHU			NÁRAZOVÉ VĚTRÁNÍ
				DLE DÁVKY VENKOVNÍHO VZDUCHU	PODLTAKOVÉ VĚTRÁNÍ	ROVNOTLAKÉ VĚTRÁNÍ		
				[m ³ /h]		CENTRÁLNÍ/DECENTRÁLNÍ	LOKÁLNÍ	
BYT 1	202	chodba	0	-	-	25	-	
	203	obývací pokoj +kk	3	75	-	50	50	150
	204	ložnice	1	25	-	-	-	
	205	ložnice	2	50	-	-	-	
	206	WC	1	-	60	25	50	50
	207	koupelna	1	-	90	50	50	90
	208	šatna	1	-	-	-	-	
Celkem				150	150	150	150	-
BYT 2	209	chodba	0	-	-	15	-	
	210	obývací pokoj +kk	2	50	-	35	35	150
	211	ložnice	2	50	-	-	-	
	212	WC	1	-	25	25	25	50
	213	koupelna	1	-	75	25	40	90
Celkem				100	100	100	100	-

Dávka venkovního vzduchu na os	25
--------------------------------	-----------

5. Studie variantního řešení větrání mého objektu

5.1.1. Podtlakové větrání

U podtlakového systému větrání se využívají větrací štěrby. Štěrbiny mohou být buď stěnové nebo okenní. Z estetických důvodů jsou výhodnější okenní štěrby, protože se v této variantě neporuší obvodové stěny. Z tohoto důvodu jsem uvažovala pro koncepční řešení podtlakového větrání právě větrací štěrby okenní. Odvod vzduchu z hygienických zařízení jsem navrhla pomocí ventilátorových vložek v pouzdře ER – UPB zapuštěných pod omítku. Typ ER – UPB je protipožární pouzdro s protipožární uzavírací klapkou. U této stavby jsou šachty samostatným požárním úsekem.

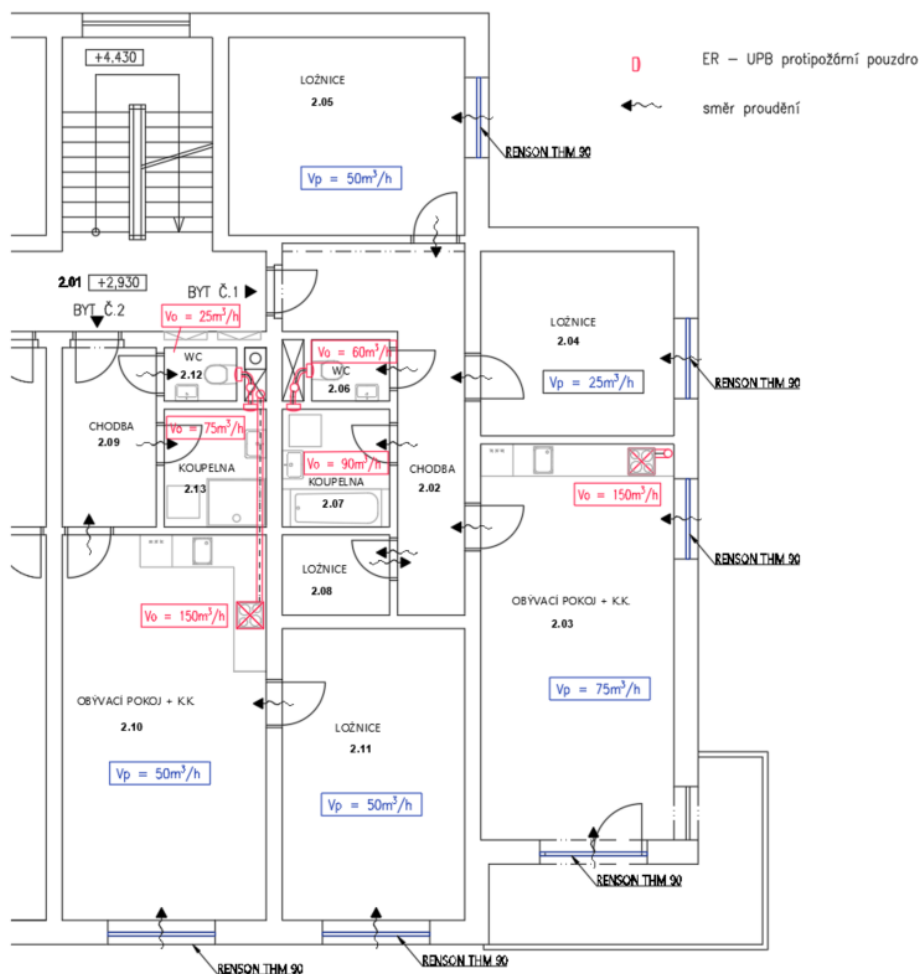
V návrhu (obr. /10/) jsem uvažovala pro každou hygienickou místnost vlastní ventilátorovou vložku v samostatném pouzdře. Ventilátory jsou napojeny na stoupací Spiro potrubí pomocí flexi potrubí. Odvod nárazového vzduchu z kuchyně je řešen pomocí digestoře.

Výhody:

- nízké investiční náklady
- jednoduchost zařízení
- není náročné na prostor

Nevýhody:







- vyšší tepelné ztráty
- nelze využít zpětného získávání tepla



obr. /10/ Část půdorysu koncepčního návrhu podtlakového větrání

V následující tabulce (Tab. /6/) je přehled přívodních prvků u podtlakového větrání. Jsou zde porovnány přívodní štěrby okenní a stěnové.

Tab. /6/ Přehled přívodních prvků ^{[11] [12] [13] [14] [15]}

	Přívodní štěrby	Průtok vzduchu [m³/h]	Max. otevřený přívod [mm²]	Akustický útlum [dB]	Regulace	Umístění
okenní přívodní prvky	 obr. /11/ Aereco - EMM ² [57]	5 - 35 (10 Pa) (na segment)	3 600	33 - 37	štěrbina se otevírá v závislosti na relativní vlhkosti	okenní rám
	 obr. /12/ Aereco - EHA ² [58]	5 - 35 (10 Pa) (na segment)	3 925	37-42	štěrbina se otevírá v závislosti na relativní vlhkosti	okenní rám
	 obr. /13/ Fresh Al-dB 450/40 [59]	19 - 22 (10 Pa) (na segment)	4 200	40	-	okenní rám
	 obr. /14/ RENSON THM [60]	46,5/m (10 Pa)	-	26 - 45	ovládací prvky pro regulaci jsou umístěny na bocích zasklení	mezi okenní rám a sklo
	 obr. /15/ Aereco-EHT 816 [59]	5 – 40 (10 Pa)	4 000	42	štěrbina se otevírá v závislosti na relativní vlhkosti	horní část stěny
	 obr. /16/ Lunos ALD - R160 [62]	15 – 20 – 250 (8 Pa)	-	55 - 57	na základě podtlaku vzduchu ve vnitřním prostoru vzhledem k venkovnímu vzduchu	v horní úrovni oken nebo do prostoru mezi parapetní deskou a horní hranou otopného tělesa

5.1.2. Rovnotlaké větrání – centrální

V objektu je osazena jedna centrální jednotka, která reaguje na podtlak nebo přetlak v potrubí a podle toho zvyšuje nebo snižuje svůj výkon. Průtok vzduchu do jednotlivých bytů je řízen pomocí regulačních boxů. Ten reaguje na požadavky uživatele a reguluje přívod a odvod vzduchu v daném bytě. [22]

Centrální jednotku lze umístit na střeše nebo v suterénu. Nástřešní provedení centrální jednotky je závislé na výšce a umístění stavby, v některých případech není tato varianta vhodná. Nevýhodou umístění jednotky v suterénu jsou nároky na prostor. U mého objektu jsem navrhovala centrální jednotku v nástřešním provedení. Přívod a odvod vzduchu je veden společnými šachtami uvnitř objektu.

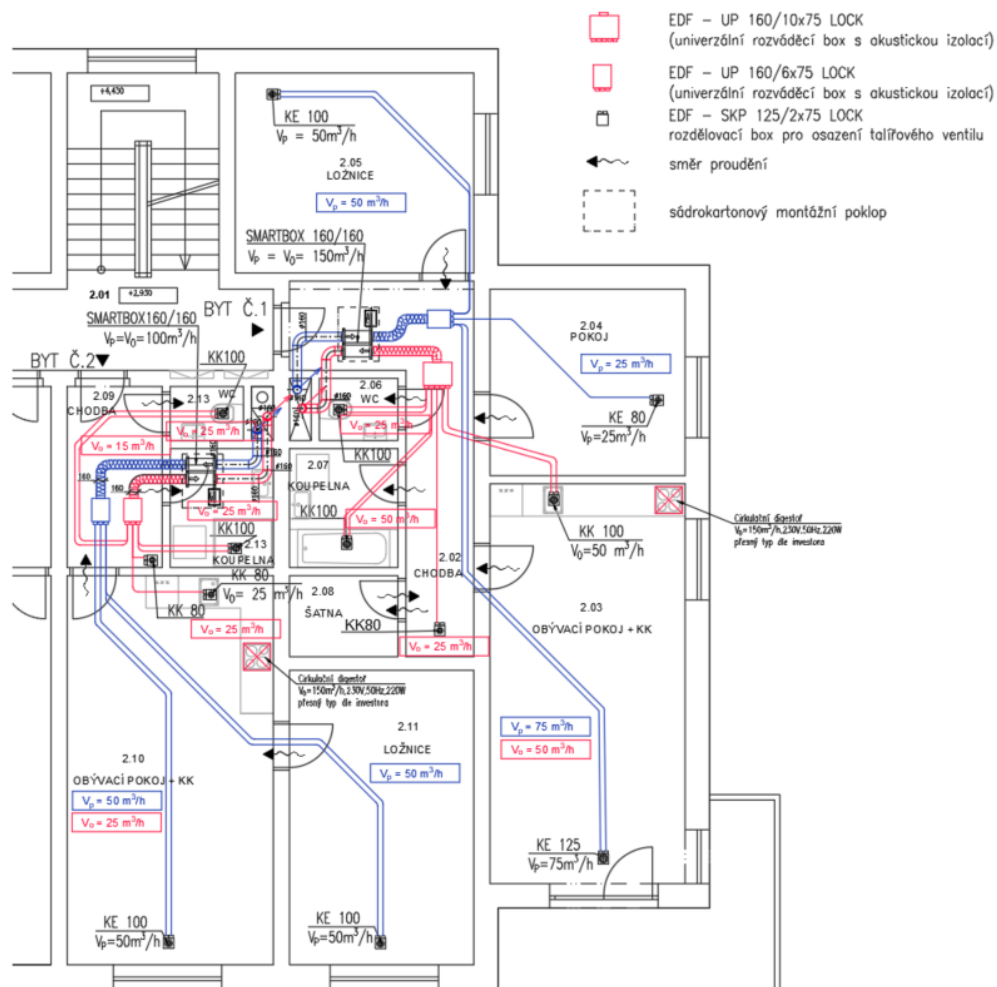
SMART BOX musí být trvale přístupný, proto je nutné pod každý box osadit revizní sádrokartonový poklop.

Výhody:

- řešení hluku mimo bytovou jednotku
- nejsou tak velké požadavky na prostor
- nižší investiční náklady než u decentrálního systému
- možnost využít zpětného získání tepla

Nevýhody:

- náklady jsou paušálně rozděleny pro všechny
- vyšší potřeba na energii pro pohon ventilátorů než je u podtlakového větrání
- může docházet k přeslechům mezi bytovými jednotkami



obr. /17/ Část půdorys koncepčního řešení rovnotlakého centrálního systému

5.1.3. Rovnotlaké větrání decentrální

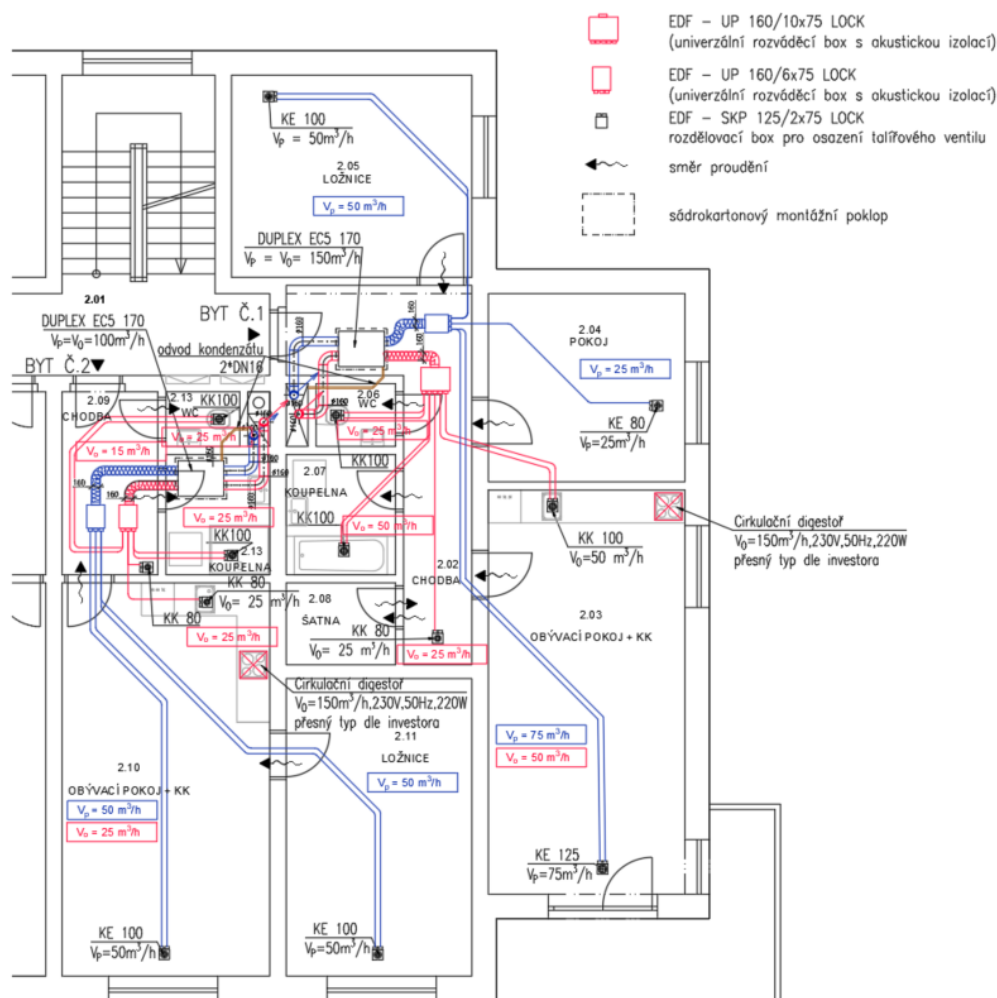
U tohoto systému je vzduchotechnická jednotka Duplex EC5 navržena vždy pro konkrétní byt.^[23] Tato jednotka zajišťuje řízené rovnotlaké větrání s rekuperací. Rekuperační jednotka může být v podstropním provedení nebo ve svislém provedení. V rámci úspory místa, jsem jednotku pro můj objekt navrhovala pod stropem koupelny nebo chodby. Pod každou jednotkou je osazen montážní sádkartonový poklop. U tohoto systému jsem navrhovala odvodní prvky i do chodeb a do obývacího pokoje. Jako distribuční prvky jsem navrhovala talířové ventily, které se osazují pomocí rozdělovacích boxů. Flexi potrubí je vedeno do rozdělovací boxů. Od boxů ke vzduchotechnické jednotce vede hadice SONOFLEX MI, protože jsou delší než 1 m, není třeba použít tlumič hluku. Přívod a odvod venkovního vzduchu je řešen stoupacím potrubím ve společné šachtě.

Výhody:

- možnost připojení pouze konkrétních bytů
- u bytových domů s menším počtem bytových jednotek může být ekonomičtější
- vzduchotechnická (VZT) jednotka je ovládaná individuálně uživatelem

Nevýhody:

- vyšší investiční náklady
- požadavky na prostor
- řešení hluku VZT jednotky v bytě



obr. /18/ Část půdorysu koncepčního návrhu rovnotlakého decentrálního systému

5.1.4. Rovnotlaké větrání – lokální

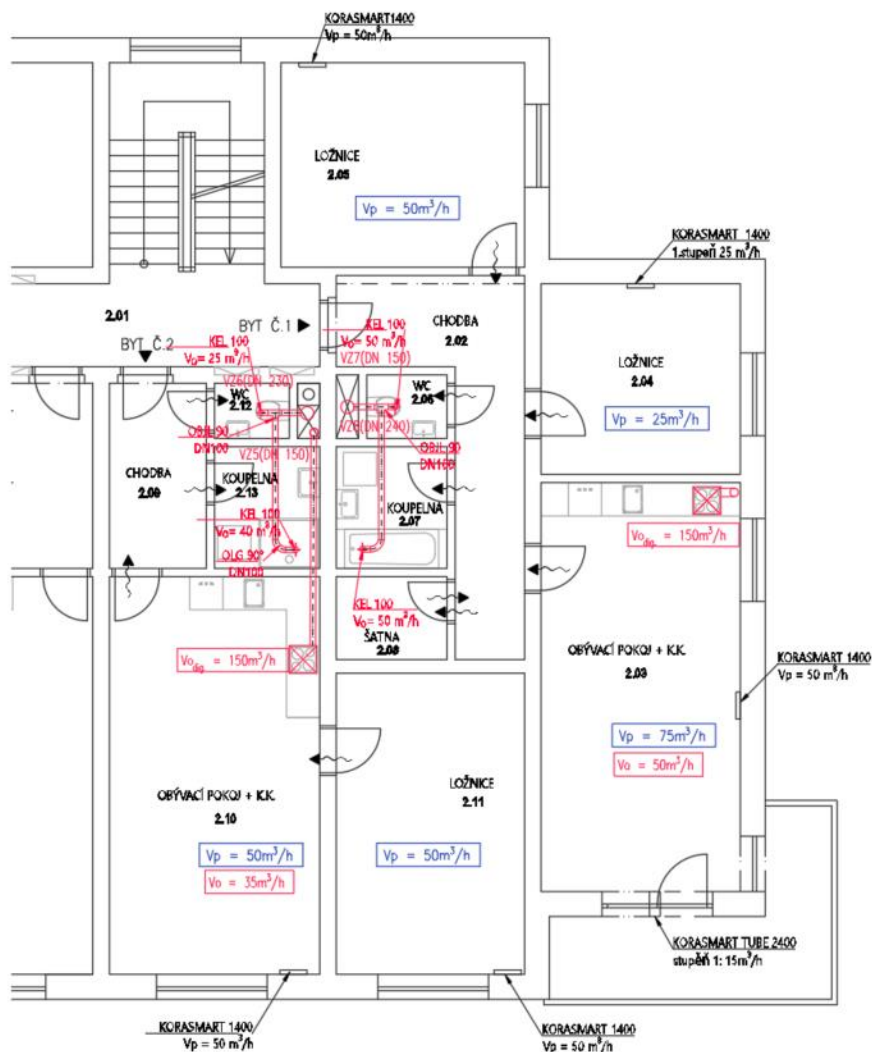
Další varianta rovnotlakého větrání je umístění lokálních větracích jednotek do obývacích pokojů a ložnic. Tím se vyřeší přívod a odvod vzduchu z obytných místností. Odvod vzduchu z hygienických místností se řeší pomocí ventilátorů nebo odvodu vzduchu odvodními prvky a centrálního střešního ventilátoru. V mém koncepčním návrhu jsem uvažovala odvod vzduchu systémem, který je řízený skutečnou potřebou. Princip tohoto systému je založený na stálém tlaku ve stoupacím potrubí. Na konci potrubí jsou osazeny inteligentní centrální ventilátory s jednodeskovými počítači a příslušnými čidly tlaku resp. průtoku. V hygienických místnostech jsou osazeny elektricky ovládané talířové ventily, které se při rozsvícení v koupelně nebo WC otevřou a tím dojde k poklesu tlaku v potrubí. Diferenciální tlakový senzor s řídicí elektronikou zvýší otáčky, tak aby došlo k doregulování na předchozí hodnotu tlaku.^[25]

Výhody:

- rekuperační jednotka navržená přímo na požadavky místnosti
- díky řízenému odvodu vzduchu výkon ventilátoru odpovídá nejnižší spotřebě energie
- VZT jednotky jsou ovládané individuálně uživatelem

Nevýhody:

- vysoké investiční náklady
- vysoké požadavky na šíření hluku



obr. /19/ Část půdorysu koncepčního návrhu rovnotlakého lokálního systému





5.2. Porovnání a vyhodnocení variant větrání

5.2.1. Přehled rekuperačních jednotek

V následující tabulce (Tab. /7/) jsem porovnála rekuperační jednotky, které jsem navrhovala v koncepčních variantách rovnotlakého systému. Zaměřila jsem se hlavně na účinnost rekuperace, akustické parametry, elektrický příkon.

Jak je vidět, s největší rekuperační účinností pracuje jednotka Duplex 170 EC S, kterou jsem uvažovala v decentrálním systému.

Tab. /7/ Přehled rekuperačních jednotek navržených v koncepčních návrzích^[17] ^[18] ^[19]

Rekuperační jednotky				
	obr. /20/ KORASMA RT 1400 [63]	obr. /21/ KORASMA RT TUBE (stupeň 3)[64]	obr. /22/ Duplex 170 EC 5[65]	obr. /23/ Duplex Multi-N 1500[66]
Průtok vzduchu [m³/h]	60	40	175	přívod. Vzduchu: 2500 odvod. Vzduchu: 2300
Hladina akustického tlaku L_{pA}[dB (A)]	40 (při prostorovém útlumu 8dB)	46 (při prostorovém útlumu 8dB)	<25 (vzdálenost 3 m)	42 (vzdálenost 3 m)
Účinnost rekuperace	73	90	94	93
Elektrický příkon [W]	32	4,3	-	1500
Energetická třída	B	A+	A+	-
Provozní rozsah	-15 až +40	-15 až +40	-	-
Typ filtru	přívod vzduchu: F7 odvod vzduchu: G3	G3	přívod vzduchu: G4 odvod vzduchu: G4	přívod vzduchu: F7 odvod vzduchu: M5
Umístění	na stěnu do stěny	do stěny	podstropní provedení /svislé provedení	nástřešní provedení

5.2.2. Investiční náklady

Do investičních nákladů jsem zahrnovala cenu za přívodní a odvodní prvky, rekuperační jednotku, rozdělovací boxy, FLEX hadice a SONOFLEX, Spiro potrubí. Do výpočtu jsem nezapočítávala cenu za stoupačí potrubí a cenu digestoří, která se často nechává na výběru investora.

V následujících tabulkách jsou vždy investiční náklady pro 1. a 2. byt v 2.NP.

Tab. /8/ Investiční náklady u podtlakového větrání [28] [29] [30] [31]

Podtlakové větrání					
Byt	Název	Počet/ metry	Cena za kus/ metr	Celková cena	Celkem
BYT 1	Prvky RENSON THM 90 [ks]	4	4 741	18 965	40 161
	Ventilátorová vložka ER 100 [ks]	2	4 917	9 834	
	Zapuštěné pouzdro ER – UPB [ks]	2	3 148	6 296	
	Flexí potrubí DN 100 [m]	11	441	5 066	
BYT 2	Prvky RENSON THM 90 [ks]	2	4 741	9 483	27 521
	Ventilátorová vložka ER 100 [ks]	2	4 917	9 834	
	Zapuštěné pouzdro ER – UPB [ks]	2	3 148	6 296	
	Flexí potrubí DN 100 [m]	4	441	1 909	

Tab. /9/ Investiční náklady u centrálního rovnotlakého větrání [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [47] [48]

Rovnotlaké větrání – centrální					
Byt	Název	Počet/metry	Cena za kus/metr	Celková cena	Celkem
Byt 1	Elektrodesigne KE 80 [ks]	1	250	250	36 849
	Elektrodesigne KE 100 [ks]	1	262	262	
	Elektrodesigne KE 125 [ks]	1	283	283	
	Elektrodesigne KK 80 [ks]	1	250	250	
	Elektrodesigne KKK 100 [ks]	3	262	786	
	EDF – SK – BOX – 125/2*75 [ks]	1	765	765	
	EDF – SK – BOX – 100/2*75 [ks]	4	765	3 060	
	EDF – SK – BOX – 80/2*75 [ks]	2	765	1 530	
	EDF UP BOX 160/10*75 [ks]	1	4 212	4 212	
	EDF UP BOX 160/6*76 [ks]	1	3 832	3 832	
	SMART BOX 160/160 [ks]	1	11 150	11 150	
	Hadice SONOFLEX MI [m]	2	250	500	
	Spiro potrubí [m]	4	259	931	
	Oblouky [ks]	5	397	1 985	
	Hadice ED Flex 75/61 [m]	61	115	7 053	
Byt 2	Elektrodesigne KE 100	2	262	524	35 062
	Elektrodesigne KK 100	2	251	502	
	EDF – SK – BOX – 100/2*75	4	765	3 060	
	EDF – SK – BOX – 80/2*75	2	765	1 530	
	EDF – UP – BOX – 160/6*75	2	3 832	7 664	
	SMART BOX 160/160	1	11 150	11 150	
	SONOFLEX MI 160	7	250	1 675	
	Spiropotrubí [m]	3	259	776	
	Oblouky [ks]	4	397	1 588	
	Hadice ED Flex 75/61	57	115	6 593	

Tab. /10/ Investiční náklady u decentrálního rovnotlakého větrání^{[35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [65]}

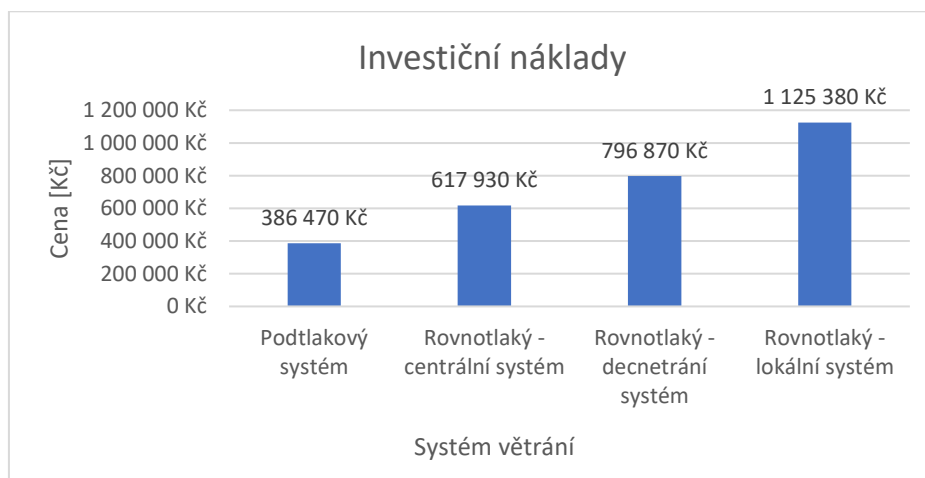
Rovnotlaké větrání – decentrální					
Byt	Název	Počet/metry	Cena za kus/ metr	Celková cena	Celkem
Byt 1	Elektrodesigne KE 80 [ks]	1	250	250	67 886
	Elektrodesigne KE 100 [ks]	1	262	262	
	Elektrodesigne KE 125 [ks]	1	283	283	
	Elektrodesigne KK 80 [ks]	1	250	250	
	Elektrodesigne KKK 100 [ks]	3	262	786	
	EDF – SK – BOX – 125/2*75 [ks]	1	765	765	
	EDF – SK – BOX – 100/2*75 [ks]	4	765	3 060	
	EDF – SK – BOX – 80/2*75 [ks]	2	765	1 530	
	EDF UP BOX 160/10*75 [ks]	1	4 212	4 212	
	EDF UP BOX 160/6*76 [ks]	1	3 832	3 832	
	Hadice SONOFLEX MI [m]	2	250	500	
	Spiropotrubí [m]	4	259	931	
	Oblouky [ks]	5	397	1 985	
	Hadice Elektrodesign ED Flex 75/61 [m]	61	115	7 053	
VZT jednotka DUPLEX EC5 170 [ks]	1	42 187	42 187		
Byt 2	Elektrodesigne KE 100	2	262	524	62 647
	Elektrodesigne KK 100	2	251	502	
	EDF – SK – BOX – 100/2*75	4	765	3 060	
	EDF – SK – BOX – 80/2*75	2	765	1 530	
	EDF – UP – BOX – 160/6*75	2	3 832	7 664	
	SONOFLEX MI 160	7	250	1 675	
	Spiropotrubí [m]	3	259	776	
	Oblouky [ks]	4	397	1 588	
	Hadice Elektrodesign ED Flex 75/60	27	115	3 141	
	VZT jednotka DUPLEX EC5 170 [ks]	1	42 187	42 187	

Tab. /11/ Investiční náklady u lokálního rovnotlakého větrání^{[46] [33] [34]}

Rovnotlaké větrání – lokální					
Byt	Název	Počet/metry	Cena za kus/metr	Celková cena	Celkem
Byt 1	Korasmart 1400 [ks]	3	28 187	84 561	103 890
	Korasmart Tube 2400 [ks]	1	15 950	15 950	
	Elektricky ovládané talířové ventily KEL 100 [ks]	2	863	1 726	
	Spiro potrubí 100 [ks]	4	259	978	
	Oblouky [ks]	1	397	397	
	T – kusy [ks]	1	278	278	
Byt 2	Korasmart 1400 [ks]	2	28 187	56 374	61 981
	Elektricky ovládané talířové ventily KEL 100 [ks]	2	863	1 726	
	Spirto potrubí [ks]	7	441	3 206	
	Oblouky [ks]	1	397	397	
	T – kusy [ks]	1	278	278	

Tab. /12/ Porovnání investičních nákladů pro celý objekt

INVESTICE				
	Podtlakové větrání	Rovnotlaké větrání centrální	Rovnotlaké větrání decentrální	Rovnotlaké větrání lokální
BYT 1	35 537 Kč	36 849 Kč	67 886 Kč	103 890 Kč
BYT 2	27 036 Kč	35 062 Kč	66 099 Kč	61 981 Kč
BYT 3	27 036 Kč	34 947 Kč	65 984 Kč	61 981 Kč
BYT 4	41 053 Kč	36 198 Kč	67 235 Kč	133 906 Kč
BYT 5	35 537 Kč	36 849 Kč	67 886 Kč	103 890 Kč
BYT 6	27 036 Kč	35 062 Kč	66 099 Kč	61 981 Kč
BYT 7	27 036 Kč	34 947 Kč	65 984 Kč	61 981 Kč
BYT 8	41 053 Kč	36 849 Kč	67 235 Kč	103 906 Kč
BYT 9	40 330 Kč	41 042 Kč	72 079 Kč	151 126 Kč
BYT 10	22 230 Kč	24 517 Kč	55 554 Kč	33 695 Kč
BYT 11	27 040 Kč	32 434 Kč	63 471 Kč	61 981 Kč
BYT 12	35 540 Kč	40 317 Kč	71 354 Kč	105 700 Kč
VZT jednotka Atrea DUPLEX 1500	-	192 850 Kč	-	-
Centrální ventilátor: 2x CRVB - 280 N ECOWAT	-	-	-	79 360 Kč
CELKEM	386 470 Kč	617 930 Kč	796 870 Kč	1 125 380 Kč



obr. /24/ Porovnání investičních nákladů pro celý objekt

5.2.3. Vyhodnocení

Nejmenší investiční náklady jsou u podtlakového větrání. U této varianty jsou vyšší požadavky na otopnou soustavu, která musí zajistit ohřev přiváděného vzduchu. Z tohoto důvodu jsou výhodnější systémy s rekuperační jednotkou, u kterých je čerstvý vzduch předehříván v rekuperačním výměníku.

Pro můj objekt je výhodný centrální rovnotlaký systém, kde je navržena vzduchotechnická jednotka s rekuperačním výměníkem s účinností 93 %. Další výhodou této varianty jsou investiční náklady, které jsou nižší oproti decentrálnímu systému a lokálnímu systému.

Akustické parametry u vzduchotechnické jednotky, kterou jsem vybrala pro centrální systém splňují požadovanou normu.

6. Praktická část

6.1. Určení množství větraného vzduchu a vzduchových výkonů pro jednotlivé provozy

Pro projektovou dokumentaci jsem se rozhodla detailně zpracovat centrální rovnotlaký systém, protože v rešeršní části vyšel jako ekonomicky výhodný.

Množství větracího vzduchu jsem navrhovala v souladu s ČSN 15665/Z1^[2] dle doporučené dávky venkovního vzduchu na osoby. V obytných místnostech (pokoje, ložnice, obývací pokoje) jsem uvažovala $25 \text{ m}^3\text{h}^{-1}\text{os}^{-1}$.

Odvod znehodnoceného vzduchu jsem navrhovala v bilanci s množstvím přiváděného vzduchu. Odvodní prvky jsou navrženy do hygienických místností, chodeb a kuchyňských koutů. Nad sporákem bude osazená cirkulační digestoř s uhlíkovým filtrem. Přesný typ cirkulační digestoře bude vybrán investorem, musí ale splňovat průtok odsávaného vzduchu $150 \text{ m}^3/\text{h}$.

Odvodní prvky jsou navrženy tak, aby byly schopné odvést odpaní vzduch při nárazovém větrání.

- kuchyně $150 \text{ m}^3/\text{h}$
- koupelny $90 \text{ m}^3/\text{h}$
- WC $50 \text{ m}^3/\text{h}$

V následující tabulce je návrh množství větracího vzduchu.

Tab. /13/ Množství vzduchových výkonů

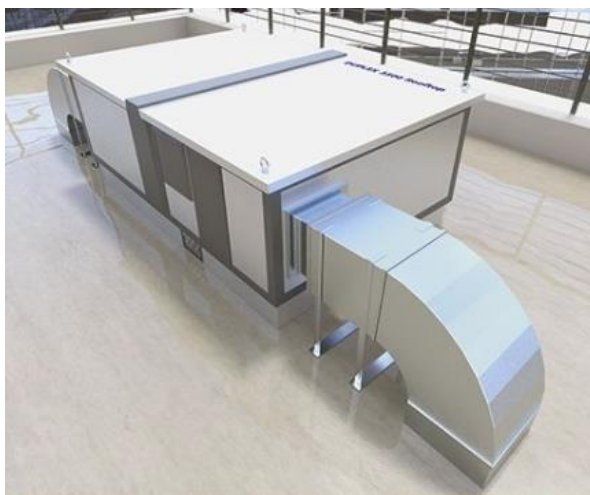
ČÍSLO BYTU	ČÍSLO MÍSTNOSTI	ÚČEL MÍSTNOST	POČET OSOB	PŘÍVOD	ODVOD	NÁRAZOVÉ	V_{p2}	V_{o2}		
				VZDUCHU					VZDUCHU	VĚTRÁNÍ
				DLE DÁVKY VENKOV- NÍHO VZDU- CHU					[m^3/h]	[m^3/h]
BYT 1	202	chodba	1	-	25		150	150		
	203	obývací pokoj +kk	3	75	50	150				
	204	ložnice	1	25	-					
	205	ložnice	2	50	-					
	206	WC	1	-	25	50				
	207	koupelna	1	-	50	90				
	208	šatna	1	-	0					
BYT 2	209	chodba	1	-	15		100	100		
	210	obývací pokoj +kk	2	50	35	150				
	211	ložnice	2	50	-					
	212	WC	1	-	25	50				
	213	koupelna	1	-	25	90				
BYT 3	214	chodba	2	-	15		100	100		
	215	obývací pokoj +kk	2	50	35	150				
	216	ložnice	2	50	-					
	217	WC	1	-	25	50				
	218	koupelna	1	-	25	90				
BYT 4	219	chodba	1	-	25	0	200	200		
	220	obývací pokoj +kk	4	100	35	150				
	221	ložnice	1	25	-					
	222	ložnice	1	25	-					
	223	ložnice	2	50	-					
	224	WC	1	-	50	50				
	225	koupelna	1	-	90	90				
	226	šatna	1	-	0					

BYT 5	302	chodba	1	-	25		150	150
	303	obývací pokoj +kk	3	75	50	150		
	304	ložnice	1	25	-			
	305	ložnice	2	50	-			
	306	WC	1	-	25	50		
	307	koupelna	1	-	50	90		
	308	šatna	1	-	0			
BYT 6	309	chodba	1	-	15		100	100
	310	obývací pokoj +kk	2	50	35	150		
	311	ložnice	2	50	-			
	312	WC	1	-	25	50		
	313	koupelna	1	-	25	90		
BYT 7	314	chodba	2	-	15		100	100
	315	obývací pokoj +kk	2	50	35	150		
	316	ložnice	2	50	-			
	317	WC	1	-	25	50		
	318	koupelna	1	-	25	90		
BYT 8	319	chodba	1	-	25	0	200	200
	320	obývací pokoj +kk	4	100	35	150		
	321	ložnice	1	25	-			
	322	ložnice	1	25	-			
	323	ložnice	2	50	-			
	324	WC	1	-	50	50		
	325	koupelna	1	-	90	90		
326	šatna	1	-	0				
BYT 9	406	chodba	3	-	25		200	200
	407	obývací pokoj	4	100	-			
	408	kuchyně, jídelna			35	150		
	409	ložnice	1	25	-			
	410	ložnice	1	25	-			
	411	ložnice	2	50	-			
	412	WC	1	-	50	50		
413	koupelna	1	-	90	90			
BYT 10	414	chodba	1	-	0		50	50
	415	obývací pokoj +kk	2	50	20	150		
	416	WC	1	-	15	50		
	417	koupelna	1	-	15	90		
BYT 11	418	chodba	2	-	15		100	100
	419	obývací pokoj +kk	2	50	35	150		
	420	ložnice	2	50	-			
	421	WC	1	-	25	50		
	422	koupelna	1	-	25	90		
BYT 12	423	chodba	1	-	25	0	150	150
	424	obývací pokoj +kk	3	75	50	150		
	425	ložnice	2	50	-			
	426	ložnice	1	25	-			
	427	WC	1	-	25	50		
	428	koupelna	1	-	50	90		
429	šatna	1	-	-				
Celkem							1600	1600

6.2. Návrh vzduchotechnických jednotek a vzduchotechnických zařízení

6.2.1. Návrh vzduchotechnické jednotky

Návrh vzduchotechnické jednotky proběhl po navržení SMART boxů a výpočtu tlakových ztrát. Vzduchotechnickou jednotku jsem navrhovala pomocí programu ATRA DUPLEX 8.97. V tomto objektu je navržena vzduchotechnická jednotka DUPLEX 1500 Multi – N v nástřešní podobě.

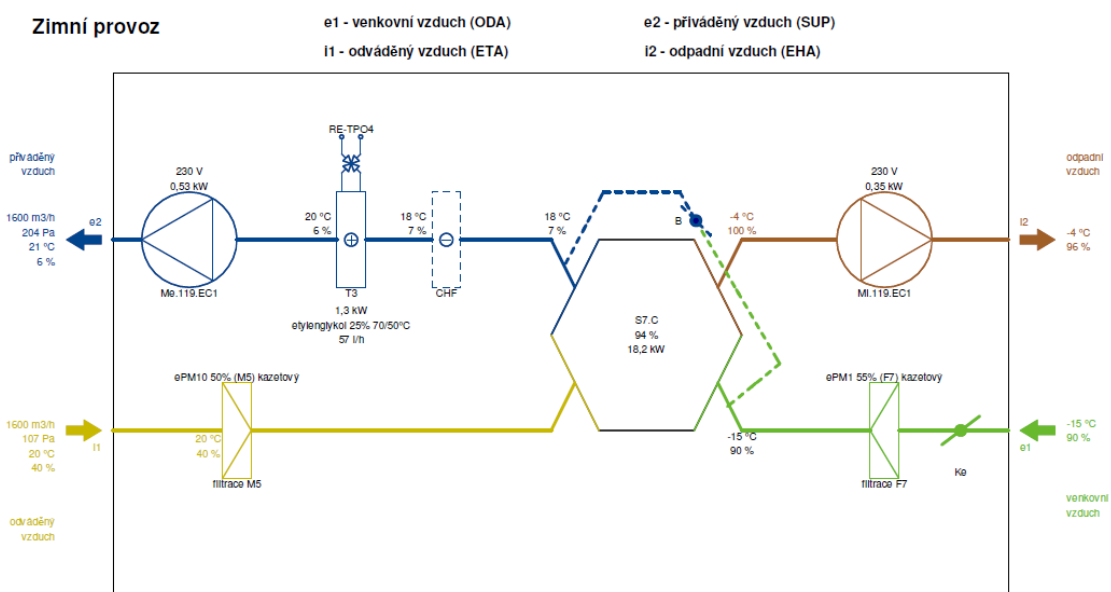


Tato jednotka s protiproudým rekuperačním výměníkem zajišťuje větrání obytných místností a zároveň odvod znehodnoceného vzduchu z hygienických místností, kuchyní a chodeb. Jednotka obsahuje dva účinné EC ventilátory pro přívod a odvod. Jednotka dokáže využít v rekuperačním výměníku teplo z odsávaného vzduchu až s 94 % účinností. Dále jednotka obsahuje účinné filtry F7 na přívodu a filtry M5 na odvodu vzduchu. Skříň jednotky je izolovaná 30 mm PIR izolací. [18]

obr. /25/ Vzduchotechnická jednotka DUPLEX 1500 Multi-N^[66]

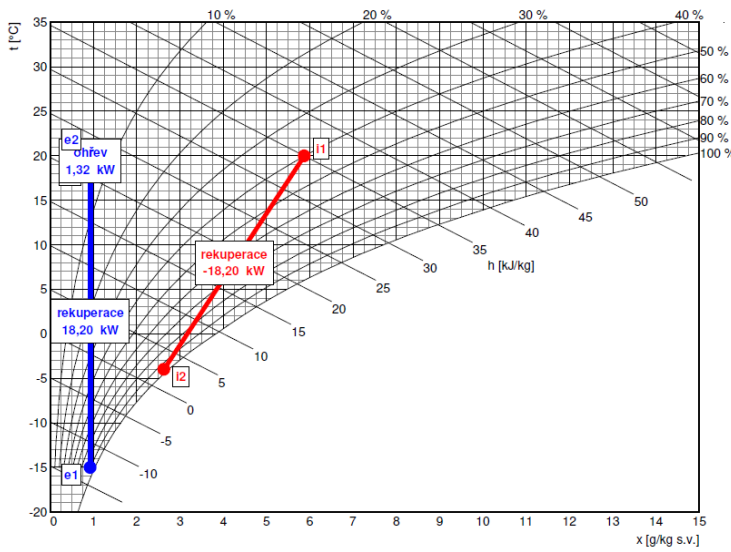
Množství přiváděného a odváděného vzduchu do vzduchotechnické jednotky je 1600 m³/h (viz Tab. /13/). Výpočtem tlakových ztrát jsem získala externí statický tlak, pro přívod to činí 204 Pa a pro odvod to činí 107 Pa.

Navržená jednotka bude obsahovat vestavěný vodní ohříváč a vestavěný přímý chladič. Médium vodního ohříváče bude nemrzoucí směs etylenglykol 25 %. Teplotní spád topné vody bude 70/50 °C. Teplotní ohříváč ohřeje vzduch z 17,9°C na 20,3°C. Celkový výkon vodního ohříváče je 1,32 kW. Teplo z odpadního vzduchu se využije na předehřev čerstvého vzduchu z venkovní teploty $t_e = -15$ °C na teplotu před vodním ohříváčem na $t_1 = 17,9$ °C, zároveň se teplo odváděného vzduchu zchladí na teplotu $t_3 = -4$ °C. Následující procesy jsou znázorněny na následujících obrázcích obr. /26/, obr. /27/



obr. /26/ Schéma zapojení – zimní provoz [68]

Zimní provoz



Prívod

popis	t [°C]	rh [%]
e1	-15,0	90
eR	17,9	7
e2	21,0	6

Odvod

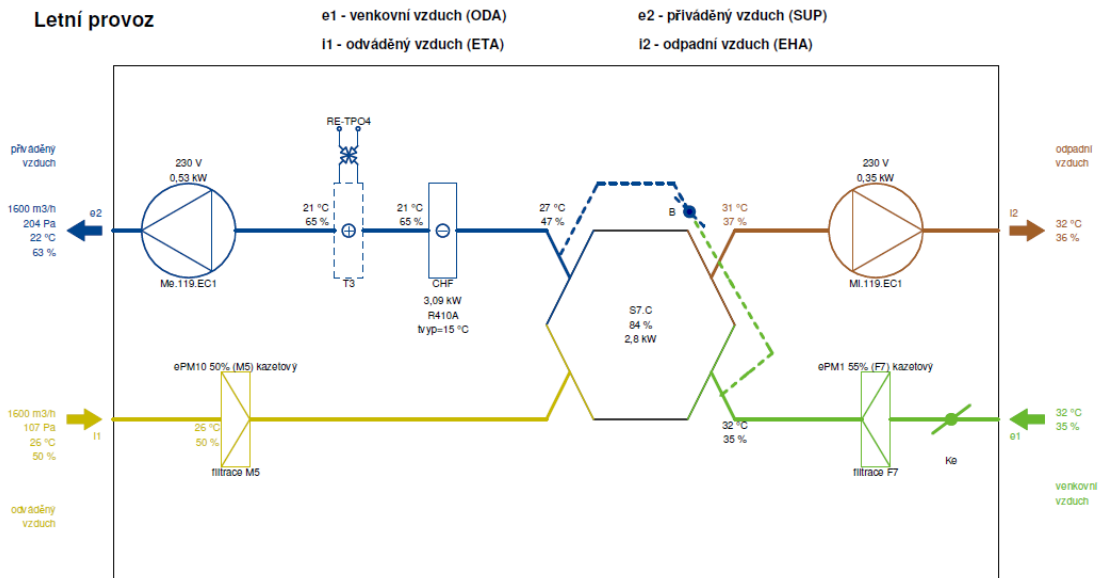
popis	t [°C]	rh [%]
I1	20,0	40
I2	-4,0	96

obr. /27/ HX – diagram – zimní provoz^[68]

Čerstvý vzduch je v letním provozu ochlazen pomocí přímého chladiče. Pomocí přímého výparu DX – KIT je umožněno připojení přímého výparníku vzduchotechniky s venkovní jednotkou se zdrojem chladu. Chladicí médium je R410A. Venkovní jednotka se připojuje pomocí Cu potrubí přímo na registr vzduchotechnického zařízení.

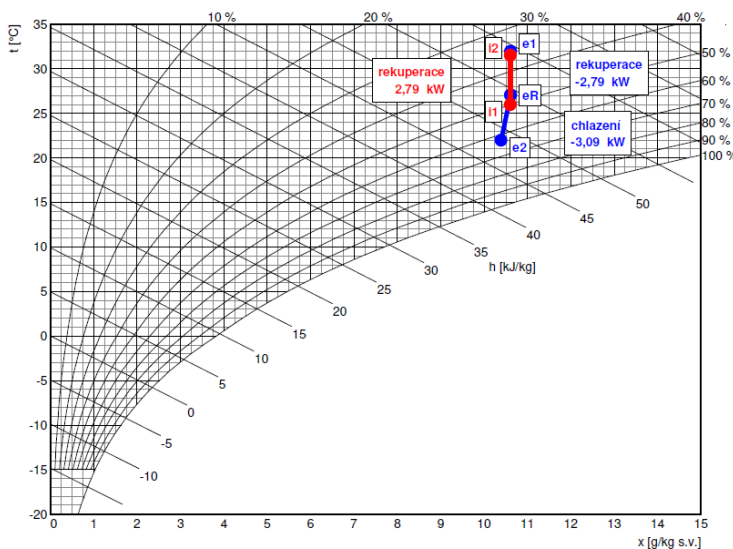
Vzduchotechnické zařízení nasaje čerstvý vzduch $t_e = 35$ °C. V rekuperačním výměníku se vzduch ochladí na 27 °C. Následně se vzduch ochladí v přímém chladiči na vzduch 21 °C. Teplota přiváděného vzduchu bude 22 °C. Při návrhu se předpokládá, že se vzduch v rozvedech ohřeje o 1 °C.

Letní provoz



obr. /28/ Schéma zapojení – letní provoz^[68]

Letní provoz



Přívod

popis	t [°C]	rh [%]
e1	32,0	35
eR	27,1	47
e2	22,0	63

Odvod

popis	t [°C]	rh [%]
I1	26,0	50
I2	31,5	36

obr. /29/ HX – diagram – letní provoz^[68]

6.2.2. Návrh Smart boxu

Smart boxy jsem navrhovala podle objemového průtoku. Smart boxy budou osazeny v podhledech v chodbě každé bytové jednotky. Ke každému zařízení musí zůstat trvalý přístup, proto budou v podhledu pod boxem dvířka v podhledu, rozměry poklopu jsou 850 mm x 500 mm.

obr. /30/ Smart box ^[48]

Smart box se skládá ze dvou tubusů se servopohonem, jeden tubus slouží pro přívod a druhý pro odvod vzduchu. Další součástí boxu je modul rozvodnice.

Každý SMART box funguje nezávisle na ostatních a své požadavky předává centrální jednotce.

Každý prvek je propojen pomocí LAN se switchem, ke kterému je připojena i centrální jednotka.^[19]

Výhodou využití SMART boxu je především v regulaci jednotlivých částí a tím optimalizace výkonu centrální jednotky. Důsledkem toho je snížení spotřeby energie.

6.2.3. Návrh distribučních prvků

Jako distribuční prvky jsem navrhovala talířové ventily, které jsem opět navrhovala podle množství přiváděného nebo odváděného vzduchu. Dále jsem talířové ventily navrhovala s ohledem na hladinu akustického L_{pA} , tak aby nepřesahovaly 30 dB(A).

6.3. Výpočet tlakových ztrát

Nejprve jsem si roztrasevala rozvody od centrální jednotky k distribučním prvkům.

6.3.1. Návrh dimenzí potrubí

Dále jsem navrhla dimenze potrubí dle doporučené rychlosti proudění. V bytových jednotkách, ve stoupacím potrubí a v centrálních rozvodech uvnitř objektu jsem uvažovala maximální rychlost proudění 3 m/s. Nejvyšší rychlost ve všech potrubí nepřesahuje maximální rychlost 5 m/s. Pro návrh jsem využila rovnici kontinuity.

$$S * v = V_a \quad (6.1)$$

Kde:

S	obsah	$[m^2]$
v	rychlost proudění	$[m/s]$
V_a	objemový průtok	$[m^3/h]$

6.3.2. Výpočet tlakové ztráty potrubí [26]

Dále jsem si rozdělila potrubí do úseků o stejném objemovém průtoku.

Celková tlaková ztráta úseku potrubí

$$\Delta p_z = \Delta p_{tř} + \Delta p_{\xi} \text{ [Pa]} \quad (6.2)$$

Tlaková ztráta třením $\Delta p_{tř}$

Pro čtyřhranné potrubí (dle Darcy-Weisbach):

$$\Delta p_{tř} = \lambda * \frac{l * U}{4 * S} * \frac{w^2}{2} * \rho = R * l \quad (6.3)$$

Pro kruhové potrubí (dle Darcy-Weisbach):

$$\Delta p_{tř} = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{w^2}{2} * \rho = R * l \quad (6.4)$$

Kde:

λ	součinitel tření	$[-]$
w	střední rychlost proudění	$[m/s]$
ρ	měrná hmotnost proudění	$[kg/m^3]$
R	měrná tlaková ztráta třením	$[Pa/m]$
l	délka průtočného průřezu	$[m]$
S	průtočná plocha	$[m^2]$
U	obvod průtočného průřezu	$[m]$
d	průměr průtočného průřezu	$[m]$

součinitel tření λ závisí na Reynoldsově čísle Re a relativní drsnosti stěn e :

$$Re = \frac{d * w}{\nu} \text{ [-]} \quad (6.5)$$

Kde:

ν	kinematická viskozita tekutiny	$[m^2/s]$
-------	--------------------------------	-----------

$$\nu = 1,53 * 10^{-5} \text{ [m}^2/\text{s]} \quad (6.6)$$

při teplotě 20 °C a při měrné hmotnosti $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

laminární proudění:

Re < 2320:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (6.7)$$

turbulentní proudění:

Re > 2320:

potrubí s hydraulicky hladkými stěnami

$$\varepsilon = \frac{k}{d} \leq \frac{30}{Re^{0,875}} \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 * \log(Re * \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (6.8)$$

potrubí s hydraulicky drsnými stěnami

$$\varepsilon = \frac{k}{d} \geq \frac{30}{Re^{0,875}} \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,14 - 2 * \log \varepsilon \quad (6.9)$$

Kde:

 k absolutní drsnost stěn potrubí [mm] d průměr kruhového potrubí, ekvivalentní průměr hranatého potrubí d_e :

$$d = d_e = \frac{2*a*b}{a+b}$$

Tlaková ztráta vřazenými odpory Δp_ξ

Tlakové ztráty vřazenými odpory vznikají, kde dochází k narušení proudu, například: kolena, T – kusy, regulační prvky, rozdělovací boxy apod. Buď je tlaková ztráta napsaná přímo v technickém listě nebo se ztráty vypočítají pomocí vztahu:

$$\Delta p_\xi = \frac{1}{2} * \xi * \rho * w^2 \quad (6.10)$$

Kde:

 ξ součinitel vřazeného odporu [-]**6.4. Návrh tlumiče hluku^[27]**

V mém objektu vydávají největší hluk ventilátory ve VZT jednotce a dále SMART boxy v bytových jednotkách. U mého objektu jsem počítala hladinu akustického tlaku v místnosti 4.24.

Při výpočtu hladiny akustického výkonu se nejdříve spočítá útlum hluku jednotlivých elementů postupně od VZT jednotky k distribučnímu prvku podle vztahu (6.11).

$$L_{w,D} = L_{w,vent} - \sum D_i [dB] \quad (6.11)$$

Kde:

 $L_{w,D}$ hladina akustického výkonu v oktávovém pásmu [dB] $L_{w,vent}$ hladina akustického výkonu v oktávovém pásmu [dB] D_i útlum hluku jednotlivých elementů [dB]

Výsledná hladina akustického výkonu se spočte podle vztahu (6.12). V této rovnici se sčítá hladina akustického výkonu v oktávovém pásmu (6.11) s hladinou akustického výkonu jednotlivých elementů v oktávovém pásmu.

$$L_w = 10 \log (10^{0,1*L_{w,D}} + \sum 10^{0,1*L_{w,p}}) \quad (6.12)$$

Kde:

 $L_{w,p}$ hladiny akustického výkonu jednotlivých elementů v oktávovém pásmu [dB]

Hladina akustického výkonu se stanoví podle rovnice (6.13).

$$L_{p,k} = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - \alpha_m)}{S * \alpha_m} \right] \quad (6.13)$$

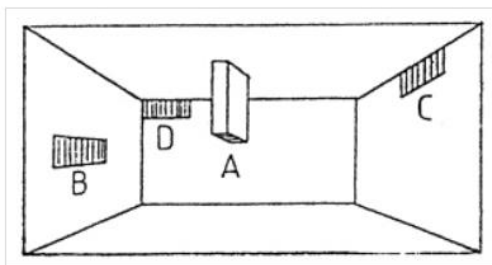
Kde:

L_w	výsledná hladina akustického výkonu	[dB]
S	celková plocha stěn místnosti	[m ²]
r	vzdálenost kontrolního místa od zdroje hluku v místnosti	[m]
α_m	střední součinitel pohltivosti stěn	[-]

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i} \quad (6.14)$$

Q činitel směrovosti: [-]

- nabývá hodnot od 1 do 8, podle toho, kde se distribuční prvek nachází viz. obr. /31/



- A) $Q = 1$
 B) $Q = 2$
 C) $Q = 4$
 D) $Q = 5$

obr. /31/ Činitel směrovosti [49]

Hladina akustického tlaku se vypočte podle rovnice (6.15):

$$L_p = 10 \log \sum 10^{0,1 * L_{p,k}} \quad (6.15)$$

Kde:

L_p	hladina akustického tlaku	[dB]
-------	---------------------------	------

Po přičtená korekce vyjde výsledná hodnota akustického tlaku A, která musí splnit požadavky dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [5]

$$L_{p,A} = 10 \log [\sum 10^{0,1 * (L_{p,k} + K_{A,i})}] \quad (6.16)$$

Kde:

$L_{p,A}$	výsledná hodnota hladiny akustického tlaku A	[dB]
-----------	--	------

Ve vnitřním prostoru v mém objektu nesmí hladina akustického tlaku přesáhnout hodnotu 30 dB. Navrhla jsem tedy na přívodní potrubí za vzduchotechnickou jednotku tlumič hluku SLRS 200 50 500 300 1250.



Čtyřhranný tlumič zvuku, který obsahuje kulisy SLRS. Aerodynamický tvar kulisy snižuje talkové ztráty.

obr. /32/ Tlumič hluku SLRS 200 50 500 300 1250 [67]

7. Závěr

Cílem této práce bylo seznámit se s různými systémy větrání bytových domů, porovnat jejich výhodnost a nevýhodnost. Dále jsem stanovila požadavky větrání vybraného objektu a porovнала koncepční návrhy systémů větrání.

V současné době se opouští návrhy přirozeného větrání, protože nesplňují normové požadavky na větrání a přechází se na nucené větrání. Z toho důvodu jsem se podrobněji věnovala v mé práci právě nucenému větrání.

Z mé práce vychází, že investiční náklady jsou nejnižší u podtlakového větrání, ale tato varianta je energeticky náročná a jsou zde kladeny větší nároky na otopnou soustavu, která musí zajistit ohřev čerstvého vzduchu. Výhodou toho systému je bezpochyby jednoduchost zařízení a oproti ostatním variantám nejsou velké požadavky na prostor.

Energeticky výhodnější systémy jsou s rekuperační jednotkou. U centrálního systému je výhoda, oproti decentrální a lokální variantě rovnotlakého větrání, řešení hluku mimo bytovou jednotku. Za nevýhodu tohoto systému bych považovala paušální rozdělení nákladů mezi uživatele. Z tohoto hlediska je výhodnější decentrální varianta, u které jsou jednotky navrženy pro konkrétní byt a jsou ovládané individuálně uživatelem. Tento systém může být investičně výhodnější u objektů s menším počtem bytových jednotek, u mého objektu však vyšel s poměrně vysokými investičními náklady.

Další systém, který jsem porovnávala byl lokální systém. V mé rešeršní části vyšel s nejvyššími investičními náklady, dále u této varianty je nevýhoda řešení hluku ventilátoru z jednotky v místnosti. Za výhodu tohoto systému bych ale považovala navržení jednotky přímo na požadavky místnosti. Odvod vzduchu u toho systému jsem uvažovala pomocí centrálního ventilátoru a talířových ventilů se servopohonem. Díky řízenému odvodu vzduchu ventilátor odpovídá nízké spotřebě energie.

Po porovnání všech výhodností a nevýhodností uváděných variant jsem zvolila do svého projektu variantu centrálního systému větrání s jednou vzduchotechnickou jednotkou s rekuperačním výměníkem v nástřešní podobě.

Tato varianta v mé práci vyšla s nejnižšími investičními náklady mezi koncepcemi rovnotlakého systému. Další výhoda tohoto systému je předeřtání čerstvého vzduchu pomocí rekuperace ve vzduchotechnické jednotce, která zajistí dostatečné množství přiváděného i odváděného vzduchu a docílí tak příjemného prostředí v objektu.

V budoucnosti se problémem, který řeším v této práci, chci zabývat v praxi a proto tato práce byla pro mě velmi přínosná.

Zdroje

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [2] ČSN EN 15665/Z1: Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, 2009.
- [3] 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, 2020.
- [4] Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb
- [5] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- [6] ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3, 2018.
- [7] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana, 2006. Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (II). In: *TZB-INFO* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitрни-prostredi/3042-bytove-ventrani-ve-vztahu-k-produkci-co2-vlhkosti-a-skodlivin-ii>
- [8] ZMRHAL, Vladimír, František DRKAL a Šimánek VÁCLAV, 2016. *Koncept větrání* [online]. [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [9] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL, 2018. *Vybrané statě z větrání a klimatizace*. Thákurova 1, 160 41, Praha 6: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-06458-0.
- [10] ZMRHAL, Vladimír a Jiří PETLACH, 2011. Systémy větrání obytných budov. In: *TZB - INFO* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-ventrani-obytnych-budov>
- [11] Okenní štěrbinový systém pro přívod vzduchu s reakcí na vlhkost, In: *BRISTEC* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/media/cache/file/19/sterbina-EMM2-a-EHA2.pdf>
- [12] Fresh AL-dB: Okenní přívodní prvek vzduchu, In: *Topeterm* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://www.topeterm.cz/files/ostatni/fresh-al-db.pdf>
- [13] THM 90, 2007. In: *RENSON* [online]. Belgie [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://80.250.8.90:42970/Technick%20listy/Renson/THM90%20GB.pdf>
- [14] Stěnová přívodní štěrbinový systém s reakcí na vlhkost, In: *BRISTEC* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/media/cache/file/4b/EHT.pdf>
- [15] Katalogový list ALD-R160, In: *LUNOS* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.lunos.cz/viewfile.asp?file=1436>
- [16] DUPLEX 1500-11000 Multi-N, *Atrea* [online]. Praha [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-1500-11000-multi-n>
- [17] Technické parametry větracích a rekuperačních jednotek, In: *KORADO* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/lokalni-ventraci-jednotky/vseobecne-udaje/technicke-parametry-ventracich-a-rekuperacnich-jednotek.html>
- [18] Technický list DUPLEX 1500-11000 Multi-N, 2019. In: *ATREA* [online]. Jablonec nad Nisou [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/?download=cz/jednotky/duplex_1500_11000_multi-n_cz_2019_11.pdf
- [19] Technický list SMART box, 2020. In: *ATREA* [online]. Jablonec nad Nisou [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/?download=cz/jednotky/smart_box_cz_2020_01.pdf
- [20] Technické údaje: TOSHIBA MiNi SMMS-e. In: *TOSHIBA* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://data.toshiba-klima.at/cz/MiNi%20SMMS-e%20-%2012,10%20kW%20-%20R410A%20-%20VRF%20MCMY-MHP0404HS8-E%20cz.pdf>
- [21] Technický list DUPLEX EC5 / ECV5, 2019. In: *ATREA* [online]. Jablonec nad Nisou [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/?download=cz/obytny/duplex_ec5_cz_2016_04.pdf

- [22] ATREA: *Centrální systém* [online], [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/centralni-system>
- [23] ATREA: *Decentrální systém* [online], [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/decentralni-system>
- [24] *Větrání bytových domů* [online], 2017. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: https://www.atrea.cz/?download=cz/obytno/vetrani_bytovych_domu_cz_2017_11.pdf
- [25] *Rekonstrukce větrání bytových domů: Inteligentní větrání řízené skutečnou potřebou* [online], 2009 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/download/31873>
- [26] *Projekční podklady a pomůcky - Výpočet tlakových ztrát při proudění tekutin potrubím. Katedra technických zařízení budov K11125* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=24>
- [27] *Tlumení hluku ve vzduchotechnice. Katedra technických zařízení budov K11125* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/46/uloha-3-podklady.pdf>
- [28] *VĚTRACÍ MŘÍŽKA THM 90, DÉLKA DO 500MM, RAL NA PŘÁNÍ*. In: *TOR CHEB* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://eshop.tor.cz/cs/vetraci-mrizka-thm-90--delka-do-500mm--ral-na-prani-ira050000>
- [29] *Vysokotlaký zapuštěný ventilátor Maico ER 100 (standardní provedení)*. In: *VZDUCHOTEHNIKA - PRODEJ. CZ* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnika-prodej.cz/ventilatory/ventilatory/koupelnove-ventilatory/radialni-koupelnove-ventilatory/maico-er-zapusteny/produkt/maico-er-100--standardni-provedeni->
- [30] *Zapuštěné pouzdro ER-UPB*. In: *VZDUCHOTEHNIKA - PRODEJ. CZ* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnika-prodej.cz/ventilatory/ventilatory/koupelnove-ventilatory/radialni-koupelnove-ventilatory/maico-er-zapusteny/produkt/maico-er-100--standardni-provedeni->
- [31] *ALUFLEX MI 102*. In: *VENTILÁTOR.NET* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.net/aluflex-mi-102.html>
- [32] *VZT SPIRO potrubí Lindab 160/3000 mm*. In: *Cb-vzduchotechnika.cz* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.cb-vzduchotechnika.cz/vzt-spiro-potrubi-160-3000-mm>
- [33] *KEL 100 elektricky ovládaný talířový ventil*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/kel-125-elektricky-ovladany-talirovy-ventil>
- [34] *CRVB-280 N Ecowatt střešní ventilátor*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/crvb-280-n-ecowatt-stresni-ventilator>
- [35] *KE 080 talířový ventil přívodní kovový*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ke-080-talirovy-ventil-privodni-kovovy>
- [36] *KE 100 talířový ventil přívodní kovový*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ke-100-talirovy-ventil-privodni-kovovy>
- [37] *KE 125 talířový ventil přívodní kovový*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ke-125-talirovy-ventil-privodni-kovovy>
- [38] *KK 080 talířový ventil odvodní kovový*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/kk-080-talirovy-ventil-odvodni-kovovy>
- [39] *KK 100 talířový ventil odvodní kovový*. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/kk-100-talirovy-ventil-odvodni-kovovy>

- [40] EDF-SK-BOX-125/2x75 box stěnový/stropní/podlahový průchozí. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/edf-sk-box-125-2x75-box-stenovy-stropni-podlahovy-pruchozi>
- [41] EDF-SK-BOX-100/2x75 box stěnový/stropní/podlahový průchozí. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/edf-sk-box-100-2x75-box-stenovy-stropni-podlahovy-pruchozi>
- [42] EDF-UP-BOX 160/6x75 LOCK univerzální rozváděcí box. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/edf-up-box-160-6x75-lock-univerzalni-rozvadeci-box>
- [43] EDF-UP-BOX 160/6x75 LOCK univerzální rozváděcí box. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/edf-up-box-160-10x75-lock-univerzalni-rozvadeci-box>
- [44] SONOFLEX MI 160 ohebná Al hadice (10 m). In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/edf-up-box-160-10x75-lock-univerzalni-rozvadeci-box>
- [45] ED flex 75/61 HYGIENIC flexibilní potrubí, 50 m. In: *ELEKTRODESIGN VENTILÁTORŮ S.R.O.* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/ed-flex-75-61-hygienic-flexibilni-potrubi-50-m>
- [46] CENÍK: LOKÁLNÍ VĚTRACÍ A REKUPERAČNÍ JEDNOTKY, 2020. In: *KORADO* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/cenik-lokalni-vetraci-jednotky-s-moznosti-rekuperace.pdf>
- [47] Atrea Větrací jednotka s rekuperací tepla DUPLEX 1500 Multi-N, In: *VENTA* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/34183,atrea-vetraci-jednotka-s-rekuperaci-tepla-duplex-1500-8000-multi-n.html?id=39405>
- [48] Atrea regulátor průtoku vzduchu SMART box, In: *VENTA* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/43617,atrea-regulator-prutoku-vzduchu-smart-box.html?id=54493>
- [49] Hodnoty směrovosti činitele Q, 2013. In: *TZB-INFO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/10319-akustika-a-protihlukova-opatreni-ve-vzduchotechnice>
- [50] Přívod vzduchu větracími otvory a lokálním odvodem vzduchu ventilátory do společného vzduchovodu, In: *ČKAIT: Koncept větrání* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [51] Přívod vzduchu větracími otvory s centrálním odvodem vzduchu ventilátorem, In: *ČKAIT: Koncept větrání* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [52] Centrální bytové jednotky se ZZT, 2016. In: *ČKAIT: Koncept větrání* [online]. Praha [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [53] Centrální jednotka se ZZT pro obytnou budovu, 2016. In: *ČKAIT: Koncept větrání* [online]. Praha [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [54] Lokální větrací jednotky, 2016. In: *ČKAIT: Koncept větrání* [online]. Praha [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf
- [55] Schéma hybridního větrání: samoodtahová hlavice, 2011. In: *TZB - INFO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>

- [56] Schéma hybridního větrání: solární komín, 2011. In: *TZB - INFO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [57] Standardní okenní štěrbinová EMM2, In: *BRISTEC* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/media/cache/file/19/sterbina-EMM2-a-EHA2.pdf>
- [58] Akustická okenní štěrbinová EMM2, In: *BRISTEC* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/media/cache/file/19/sterbina-EMM2-a-EHA2.pdf>
- [59] ALUMINIUM VENTILATION APERTURE SILENCER: FRESH AL-DB 450/40 WS, In: *ArchiEXPO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.archiexpo.com/prod/fresh/product-72976-1733920.html>
- [60] THM 90, 2007. In: *RENSON* [online]. Belgie [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://80.250.8.90:42970/Technick%20listy/Renson/THM90%20GB.pdf>
- [61] Stěnová štěrbinová EHT, In: *BRISTEC* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.bristec.cz/media/cache/file/4b/EHT.pdf>
- [62] ALD-R160, In: *LUNOS* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.lunos.cz/viewfile.asp?file=1436>
- [63] KORASMART 1400, 2020. In: *KORADO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/lokalni-ventraci-jednotky/vseobecne-udaje/technicke-parametry-ventracich-a-rekuperacnich-jednotek.html>
- [64] KORASMART TUBE, 2020. In: *KORADO* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/lokalni-ventraci-jednotky/vseobecne-udaje/technicke-parametry-ventracich-a-rekuperacnich-jednotek.html>
- [65] Atrea Rekuperační jednotka Duplex 170 EC5-RD5, In: *VENTA* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: <https://www.atreaeshop.cz/42594,atrea-rekuperacni-jednotka-duplex-170-ec5-rd5.html>
- [66] DUPLEX 1500 - 11000 Multi - N, In: *ATREA* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/cz/duplex-1500-11000-multi-n>
- [67] Tlumič hluku SLRs, 2020. In: *Lindab* [online]. [cit. 2020-05-10]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/cz/pro/products/pages/slrs.aspx>
- [68] Návrhový software ATREA s.r.o: Návrhový program jednotek *DUPLEX 8.97.450*, [cit. 2020-05-07].

Seznam obrázků

- obr. /1/ Centrální podtlakový systém ^[8]
obr. /2/ Decentrální podtlakový systém ^[8]
obr. /3/ Centrální rovnotlaký systém ^[8]
obr. /4/ Decentrální rovnotlaký systém ^[8]
obr. /5/ Lokální rovnotlaký systém ^[8]
obr. /6/ Hybridní větrání – samoodtahová hlavice ^[55]
obr. /7/ Hybridní větrání – solární komín ^[56]
obr. /8/ Pohledy na objekt a) pohled jižní; b) pohled východní
obr. /9/ Půdorys typického podlaží a půdorys 4.NP
obr. /10/ Půdorys koncepčního návrhu podtlakového větrání
obr. /11/ Aereco EMM²^[57]
obr. /12/ Aereco-EHA²^[58]
obr. /13/ Fresh Al-dB 450/40 ^[59]
obr. /14/ RENSON THM 90 ^[60]
obr. /15/ Aereco-EHT 816 ^[61]
obr. /16/ Lunos ALD-R160 ^[62]
obr. /17/ Část půdorys koncepčního řešení rovnotlakého centrálního systému
obr. /18/ Část půdorysu koncepčního návrhu rovnotlakého decentrálního systému
obr. /19/ Část půdorysu koncepčního návrhu rovnotlakého lokálního systému
obr. /20/ KORASMART 1400^[63]
obr. /21/ KORASMART TUBE (stupeň 3)^[64]
obr. /22/ Duplex 170 EC 5^[65]
obr. /23/ Duplex Multi-N 1500^[66]
obr. /24/ Porovnání investičních nákladů pro celý objekt
obr. /25/ Vzduchotechnická jednotka DUPLEX 1500 Multi-N^[66]
obr. /26/ Schéma zapojení – zimní provoz^[68]
obr. /27/ HX – diagram – zimní provoz^[68]
obr. /28/ Schéma zapojení – letní provoz^[68]
obr. /29/ HX – diagram – letní provoz^[68]
obr. /30/ Smart box^[48]
obr. /31/ Činitel směrovosti^[49]
obr. /32/ Tlumič hluku SLRS 200 50 500 300 1250^[67]

Seznam tabulek

- Tab. /1/ Požadavky na větrání obytných budov ČSN EN 15665/Z1^[2]
Tab. /2/ Kritéria založená na předdefinovaném přívodu vzduchu ^[3]
Tab. /3/ Návrhové hodnoty koncentrace CO₂ u obývacích místností a ložnic^[3]
Tab. /4/ Návrhové hodnoty množství odváděného vzduchu^[3]
Tab. /5/ Přehled množství přiváděného a odváděného vzduchu pro různé systémy
Tab. /6/ Přehled přívodních prvků
Tab. /7/ Porovnání rekuperačních jednotek
Tab. /8/ Investiční náklady u podtlakového větrání
Tab. /9/ Investiční náklady u centrálního rovnotlakého větrání
Tab. /10/ Investiční náklady u decentrálního rovnotlakého větrání
Tab. /11/ Investiční náklady u lokálního rovnotlakého větrání
Tab. /12/ Porovnání investičních nákladů pro celý objekt
Tab. /13/ Množství vzduchových výkonů

Seznam příloh

Příloha č.1

- Technická zpráva
- Půdorys 2. NP
- Půdorys 3. NP
- Půdorys 4. NP
- Půdorys střechy
- Řez rozvodu potrubí – přívod vzduchu
- Řez rozvodu potrubí – odvod vzduchu

Příloha č.2

- Výpočet dimenzí
- Výpočet tlakových ztrát – přívod
- Výpočet tlakových ztrát – odvod
- Výpočet tlumiče

Příloha č.3

- Technické listy
- Výstup z programu Atrea