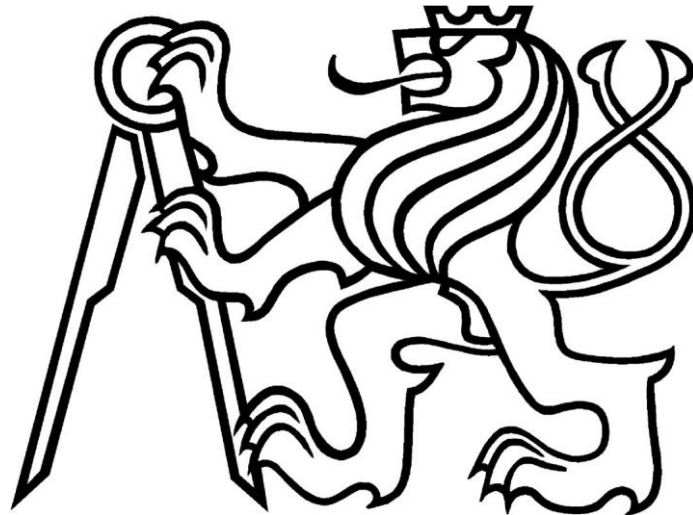


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V

PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ BYTOVÉHO DOMU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Jan Trafina

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.

2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Trařina Jméno: Jan Osobní číslo: 484668
Zadávací katedra: K125 Katedra technických zařízení budov
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství
Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání bytového domu
Název bakalářské práce anglicky: Ventilation system of apartment building

Pokyny pro vypracování:

Studie možných variant řešení větrání zadaného bytového domu, požadavky na vnitřní prostředí bytového domu a výběr vhodné varianty pro řešený objekt.

Pro zvolenou variantu řešení zpracujte projektovou dokumentaci vzduchotechniky. Obsahem dokumentace budou půdorysy a řezy větracího systému a strojovny vzduchotechniky, výpočet množství vzduchu, hydraulické výpočty, návrh distribučních elementů, technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 15665 - Větrání budov - Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
Gebauer G., Horká H., Rubínová O. - Vzduchotechnika, Era-vydavatelství, ISBN:80-7366-027-X, 262 s., 2005
Klaus D., Technika budov - Příručka pro projektanty, Jaga
Zmrhal V., Drkal F., Šimánek V., Koncept větrání, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
Santamouris M., Wouters P. - Building ventilation: the state of the art, Earthscan, ISBN: 9781844071302.313s., 2006

Příslušné normy a vyhlášky

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Zuzana Veverková, PhD.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2023 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

20.2.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

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

Podpis:

Praha, 05/2023

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D. za její vstřícnost, ochotu, odborné vedení a cenné rady při vedení bakalářské práce.

Anotace

Náplní této bakalářské práce je studie možných variant řešení větrání bytového domu. Jednotlivé varianty jsou zde popsány a na základě okolních podmínek vyhodnoceny. Vybraná varianta je dále podrobně zpracována. Součástí této bakalářské práce je také studie požadavků na vnitřní prostředí bytového domu a možnosti větrání chráněných únikových cest.

Klíčová slova: nucené větrání, rovnotlaké centrální větrání, větrání chráněných únikových cest, bytový dům

Annotation

The content of this bachelor thesis is on the research of possible variants of ventilation systems in residential buildings. Each variant is described and based on surrounding conditions evaluated. The selected choice has been processed properly. This thesis also deals with an analysis that concentrates on the ventilation systems in the protected escape routes.

Key words: forced ventilation, balanced central ventilation, ventilation of protected escape routes, residential building

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Faktory ovlivňující vnitřní mikroklima.....	10
2.1	Kvalita vzduchu	10
2.2	Zdroje škodlivin v interiéru.....	11
2.3	Druhy škodlivin.....	11
2.3.1	Oxid uhličitý	11
2.3.2	Oxid uhelnatý	12
2.3.3	Radon	12
2.3.4	Vlhkost a vodní zisky.....	12
2.3.5	Ostatní škodliviny	12
2.4	Bilance škodlivin.....	13
2.5	Rozhodující škodlivina	13
3	Stanovení množství větracího vzduchu.....	14
3.1	Podle počtu osob	14
3.2	Podle půdorysné plochy	15
3.3	Podle intenzity výměny vzduchu	15
3.4	Podle produkce škodlivin.....	15
3.4.1	Odvod tepelné zátěže	15
3.4.2	Odvod oxidu uhličitého.....	16
3.4.3	Odvod vlhkosti.....	16
4	Varianty větracích systémů.....	18
4.1	Přirozené větrání	18
4.1.1	Infiltrace	18
4.1.2	Provětrávání	18
4.1.3	Aerace	19
4.1.4	Šachtové větrání.....	20
4.2	Nucené větrání	20
4.2.1	Nucené podtlakové větrání.....	20
4.2.1.1	Centrální podtlakové systémy	21
4.2.1.2	Lokální podtlakové systémy	21
4.2.2	Nucené rovnotlaké větrání	22
4.2.2.1	Lokální rovnotlaké větrání	22
4.2.2.2	Centrální rovnotlaké větrání.....	23
4.2.2.3	Decentrální rovnotlaké větrání.....	24
4.2.3	Nucené přetlakové větrání	24
4.3	Hybridní větrání	25

5	Požadavky na větrání CHÚC	27
6	Systémy větrání CHÚC.....	28
6.1	Přírozené větrání CHÚC	28
6.1.1	Přírozené větrání CHÚC typu A	28
6.1.2	Přírozené větrání CHÚC typu B	29
6.2	Nucené větrání CHÚC	29
6.2.1	Nucené větrání CHÚC typu A	30
6.2.2	Nucené větrání CHÚC typu B	30
6.3	Přetlakové větrání CHÚC	30
7	Varianty návrhu větrání bytového domu	31
7.1	Varianta přírozeného větrání.....	31
7.2	Varianty rovnotlakého větrání	31
7.2.1	Varianta lokálního rovnotlakého větrání.....	31
7.2.2	Varianta centrálního rovnotlakého větrání.....	32
7.2.3	Varianta decentrálního rovnotlakého větrání.....	33
7.3	Větrání pomocných prostor bytového domu.....	34
7.3.1	Garáže a sklepní kóje – přírozené větrání	35
7.3.2	Garáže a sklepní kóje – nucené větrání.....	35
7.4	Zhodnocení variant a výběr finálního návrhu	36
8	Varianty požárního větrání objektu.....	38
8.1	Přírozené větrání CHÚC	38
8.1.1	CHÚC typ A	38
8.1.1.1	Větrání otevíratelnými okny	38
8.1.1.2	Větrání světlíkem a otvorem v INP	38
8.1.1.3	Větrání větracími průduchy	39
8.1.2	CHÚC typ B.....	39
8.1.2.1	Větrání světlíkem a otvorem v INP	39
8.2	Nucené větrání CHÚC	39
8.2.1	CHÚC typ A	39
8.2.2	CHÚC typ B, varianta 1	39
8.2.3	CHÚC typ B, varianta 2.....	40
8.3	Zhodnocení variant a výběr finálního návrhu	41
9	Závěr	43
10	Použitá literatura a jiné zdroje	44
11	Seznam příloh	46
12	Seznam obrázků.....	47
13	Seznam tabulek	48

Anotace

Náplní této bakalářské práce je studie možných variant řešení větrání bytového domu. Jednotlivé varianty jsou zde popsány a na základě okolních podmínek vyhodnoceny. Vybraná varianta je dále podrobně zpracována. Součástí této bakalářské práce je také studie požadavků na vnitřní prostředí bytového domu a možnosti větrání chráněných únikových cest.

Klíčová slova: nucené větrání, rovnotlaké centrální větrání, větrání chráněných únikových cest, bytový dům

Annotation

The content of this bachelor thesis is on the research of possible variants of ventilation systems in residential buildings. Each variant is described and based on surrounding conditions evaluated. The selected choice has been processed properly. This thesis also deals with an analysis that concentrates on the ventilation systems in the protected escape routes.

Key words: forced ventilation, balanced central ventilation, ventilation of protected escape routes, residential building

1 Úvod

„Větrání zajišťuje přívod venkovního (čerstvého) vzduchu do vnitřních prostor budov a odvod vzduchu znehodnoceného pro zajištění požadované čistoty (kvality) vnitřního ovzduší.“ [1]

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem ideálního modelu větrání pro novostavbu bytového domu v Praze. Ideální model musí být navržen v souladu s mnoha faktory, tak aby výsledné vytvořené mikroklima negativně neovlivňovalo pohodu člověka. Zároveň k dosažení tohoto cíle nemusí vést pouze jedna jediná správná cesta. Více variant větrání může zajistit v dostatečné kvalitě žádané množství čerstvého vzduchu. Proto se berou v potaz všechny okolnosti mající vliv na výsledné řešení. Člověk tráví ve vnitřním prostředí budov podstatnou část běžného dne, kdy zároveň provádí různé aktivity. Od spánku a relaxace po práci či sebevzdělávání se a pro všechny tyto činnosti, by mělo být vytvořené ideální prostředí k pobytu. Proto se daný objekt posuzuje jako kompaktní celek, tak aby nedocházelo k nefunkčnosti systému nebo ke kolizi jednotlivých stavebních profesí. Stavební profese by spolu měly kooperovat, protože mají za cíl to samé, a to je komfort uživatele. Jednotlivé vzduchotechnické (dále jen VZT) komponenty by ani neměly negativně ovlivňovat residenty. Například se jedná o vyřešení akustického problému jednotlivých vzduchovodů nebo VZT jednotek, které nesmí být příliš hlučné nebo tolik vibrovat, aby nedocházelo k přenosu těchto nežádoucích vjemů. Důležitým faktorem je i finanční stránka. V dnešní době, kdy ceny energií jsou v rekordní výši, je důležité, aby návrh byl ekonomicky zajímavý a zároveň, co nejvíce efektivní.

Jedním z cílů této bakalářské práce je zvolit variantu větrání na základě dříve vypsanych okolností, aby docházelo k efektivní výměně vnitřního vzduchu za venkovní ve všech prostorech, aby návrh neomezoval ostatní stavební profese, aby zvolená varianta nebyla ekonomicky příliš nedostupná, a aby zvolený koncept negativně neovlivňoval lidskou činnost.

Druhým z cílů je provést studii možností požárního větrání chráněných únikových cest (dále CHÚC) a poté na základě poznatků vybrat ten nejvhodnější, tak aby bylo zajištěno požární větrání v případě požáru. Požární větrání zajišťuje bezpečný únik obyvatelům z bytového domu a také zabraňuje kolapsu CHÚC minimálně po takový čas, na který je chráněná úniková cesta navržena.

V projektové části je vybrané řešení větrání a požárního větrání zpracované do podoby projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení.

2 Faktory ovlivňující vnitřní mikroklima

„All of us face a variety of risks to our health as we go about our day-to-day lives. Driving in cars, flying in planes, engaging in recreational activities and being exposed to environmental pollutants all pose varying degrees of risk. Some risks are simply unavoidable. Some we choose to accept because to do otherwise would restrict our ability to lead our lives the way we want. And some are risks we might decide to avoid if we had the opportunity to make informed choices. Indoor air pollution is one risk that you can do something about.“ [2]

Mikroklima je soubor tepelně vlhkostních podmínek v malé oblasti. Na kvalitu vnitřního mikroklimatu má vliv mnoho okolností. Nejdůležitější z hlediska pobytu člověka v těchto oblastech je vytvoření prostředí, ve kterém se bude člověk cítit komfortně. Ve vnitřním prostředí budov trávíme převážnou většinu svého života, tím pádem má přítomné mikroklima nezanedbatelný vliv na zdraví či produktivitu práce. Nejzákladnějším aspektem k navození komfortního stavu je tepelně-vlhkostní mikroklima. Teplota a vlhkost vzduchu spolu vzájemně úzce souvisí a navzájem se ovlivňují. Nejideálnější stav je držet relativní vlhkost mezi 40-60 procenty, kdy je menší pravděpodobnost výskytu plísní a u lidského těla nedochází k vysychání sliznic očí a nosu.

Negativními projevy na vnitřní mikroklima, které nevytvářejí ideální podmínky pro pobyt, jsou únava, špatná koncentrace, deprese nebo přímé stížnosti na náš komfort. To je například hluk, teplo, chlad či zápach. V horších případech může mikroklima dokonce způsobovat dráždění sliznic dýchacích cest, astma nebo vyrážky na těle. Takovýmito budovám s nehostinnými podmínkami k pobytu můžeme diagnostikovat Syndrom nemocných budov nebo Syndrom nemocí z budov. V prvním případě se jedná o soubor symptomů obyvatel, kterými se nakazily pobyt v objektu bez jasné příčiny. Podráždění očí, nosu, únava nebo bolest hlavy to vše může být potíž spojená s tímto jevem. Po opuštění vnitřního mikroklima objektu většina obtíží zmizí. V druhém případě jde o chorobu spojenou s žitím v budově s jasnou příčinou. Po opuštění budovy nedochází k odeznění příznaků a proces léčby je delšího charakteru.

2.1 Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu neboli IAQ (=Indoor Air Quality).

„Indoor air quality is defined by the depiction of concentrations of pollutants and thermal conditions that may negatively affect the health, comfort, and performance of a building’s occupants.“ [3]

Jedná se o indikátor množství a druhu škodlivin ve vnitřním prostředí nebo blízkém okolí budov. Následkem vysoké koncentrace těchto nežádoucích látek mohou být zdravotní problémy nebo nízká produktivita práce. Proto je cílem, co nejvíce redukovat přítomnost škodlivin.

Za přijatelnou kvalitu ovzduší se považuje: „ovzduší, v němž nejsou žádné škodlivé koncentrace znečišťujících látek určené odbornými autoritami, a se kterým

80% nebo více exponovaných uživatelů nevyjadřuje nespokojenost.“ [4] Kvalitu ovzduší nejvíce vnímáme čichem. Nosem vnímáme oděry ve vzduchu uvnitř objektu vytvářející oděrové mikroklíma. Oděry dělíme na ty, co nám jsou příjemné, které nazýváme vůněmi. Typicky se jedná o vůni šeríku. A na druhé straně oděry, které mají pro nás nepříjemný čichový vjem, to jsou zápachy. Kvalitu vzduchu vnímaná člověkem je závislá na síle zdrojů zápachů a škodlivin, účinnosti a intenzitě větrání a kvalitě přiváděného vzduchu. Cílem návrhu větrání je zabránění vzniku mikroklímatu, ve kterém je nepříjemné pobývat či provádět jakoukoliv aktivitu.

„Průtok venkovního vzduchu se stanoví tak, aby koncentrace škodliviny unikající do prostoru byla v pracovní oblasti menší nebo rovna než přípustná koncentrace.“ [5]

2.2 Zdroje škodlivin v interiéru

Obvykle je nekvalitní ovzduší v interiéru způsobeno zdrojem či zdroji uvolňující plyny nebo jednotlivé částice do ovzduší. Jedním z největších producentů škodlivin jsme my sami. Při dýchání vytváříme v prostředí daleko větší množství oxidu uhličitého, než které je obsaženo ve vzduchu, který vdechujeme. Stejně tak zvířecí mazlíčci, kteří k životu také spotřebovávají kyslík a vydechují oxid uhličitý. Dalšími zdroji, které souvisí s lidskou přítomností, jsou vaření a kouření. Na prvním místě, mezi příčinami podněcující prostředí plné škodlivin, je špatný návrh ventilace. Zejména kvůli tomu, že není přiváděn v dostatečném množství čerstvý venkovní vzduch, který by zředil koncentraci škodlivin z vnitřních zdrojů. Druhým nejčastějším problémem je neefektivní filtrace. Ta může být zapříčiněna navržením nevhodných filtrů nebo podceněnou údržbou systému. Přítomnost jiných polutantů může stimulovat vysoká teplota nebo vlhkost.

Faktory na základě, kterých je ovlivněna kvalita vnitřního prostředí můžeme rozdělit na vnější a vnitřní. Vnější faktory se dostávají do objektu otvory v obálce budovy. Vnitřní faktory pocházející z interiéru.

2.3 Druhy škodlivin

2.3.1 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je bezbarvý, nehořlavý a bez zápachový plyn. Jedná se o nejběžnější škodlivinu v interiérovém ovzduší. Největším jeho producentem jsou dýchací a metabolické procesy člověka. Dalším běžným způsobem vzniku oxidu uhličitého jsou spalovací procesy. Rostliny absorbují oxid uhličitý ze vzduchu v průběhu fotosyntézy. Projevy vysoké koncentrace oxidu uhličitého jsou únava, bolest hlavy, nevolnost. Standardní venkovní koncentrace se pohybuje mezi 330 a 370 ppm (= parts per million). Dle nařízení vlády č.361/2007 Sb. je nejvyšší povolená koncentrace CO₂ 25 020 ppm. Za maximální limit u obytných budov se považuje hodnota koncentrace CO₂ 1500 ppm.

2.3.2 Oxid uhelnatý

Stejně jako oxid uhličitý i oxid uhelnatý je bezbarvý, jedovatý plyn nevytvářející žádný zápach. Proto je obtížné rozeznat zvýšenou koncentraci tohoto oxidu v místnosti, což může vést až k fatálním následkům, protože tento plyn je hořlavý. Hlavním zdrojem vzniku oxidu uhelnatého v objektu je nedokonalé spalování. Typicky se jedná o krby, kamna, plynové sporáky v nevětraných kuchyních nebo jiné plynové spotřebiče bez odvodu. Nezanedbatelným zdrojem je také kouření tabákových produktů.

2.3.3 Radon

Tento vzácný plyn, který je bezbarvý, bez chuti a zápachu a mající vyšší hustotu, než vzduch se do budov dostává skrze stavební materiály v podlazi. Před zahájením stavebních činností se musí provést průzkum podlazi a v oblastech se zvýšenou koncentrací radonu se musí aplikovat žádoucí ochrana proti vniknutí radonu do vnitřního prostředí.

2.3.4 Vlhkost a vodní zisky

„Vlhkost vnitřního vzduchu může negativně ovlivnit zdraví uživatelů budov, jednak přímo aktuální nízkou či vysokou relativní vlhkostí nebo nepřímo vytvořením podmínek pro bujení mikroorganismů a plísní. Vodní zisky v obytných budovách tvoří produkce páry člověka, odpařování z teplých jídel a vodních hladin. Obýváním prostor a lidskou činností se do vzduchu podle odhadů dostává v průměru ve čtyřčlenné domácnosti 12,5 kg vodní páry denně. Nárazové množství vodní páry může být částečně pohlcováno omítkami či dalšími materiály v bytě a postupně odvětráváno.“
[6]

2.3.5 Ostatní škodliviny

- Oxidy dusíku

Produkce těchto plynů hlavně z emisí z automobilové dopravy, což je důležité hlavně v garážích. Ve vnitřním prostředí je vznik zapříčiněn např. vařením na plynovém sporáku.

- Formaldehyd

Jedná se o plyn, který se do vnitřního prostoru budov dostává uvolňováním z využitých stavebních materiálů, nábytku, koberec, tapet nebo prostředků s dezinfekčním či čistícím účinkem.

- Těkavé organické látky (tzv. VOC = volatile organic compound)

Jsou součástí složení např. deodorantů, kosmetických přípravků, vonných olejů, nátěrů nebo osvěžovačů vzduchu či barev a laků. Zdrojem VOC je i kouření.

- Odéry

Všechny pachy a vůně ovlivňující pohodu ve vnitřním prostředí. Důležité je předcházet rušivým účinkům oděrů. Zdroji jsou kouření, příprava jídel nebo kosmetické výrobky.

2.4 Bilance škodlivin

Koncentrace škodlivin musí být menší nebo rovna maximální přípustné koncentraci. Principem větrání je dosáhnout takového objemu větracího vzduchu, který zajistí nepřesáhnutí hodnoty pro maximální koncentraci škodlivin.

$$V_e = \frac{m}{\Psi_{max} - \Psi_e} \quad (1)$$

Kde:

V_e – množství větracího vzduchu [m^3/h]

m – produkce škodliviny [g/h]

Ψ_{max} – maximální možná koncentrace škodliviny v interiéru [g/g]

Ψ_e – koncentrace škodliviny v exteriéru [g/g]

2.5 Rozhodující škodlivina

„Pro regulaci vzduchotechnických jednotek v podstatě stačí sledovat tři základní kvalitativní parametry vnitřního vzduchu – teplotu, vlhkost a koncentraci CO_2 . Na tyto ukazatele pamatují i nejrůznější vyhlášky, které stanovují hygienické limity pro různé typy budov.

Koncentrace CO_2 je výborným indikátorem kvality vzduchu, jeho „vydýchanosti“ ve vnitřních prostorách. Jelikož každý člověk dýcháním přirozeně uvolňuje nemalé množství CO_2 (vydechnutý vzduch dospělého člověka obsahuje přibližně 40000 ppm CO_2), poskytuje měření koncentrace CO_2 dostatečně přesnou informaci o počtu lidí v uzavřeném prostoru a lze tuto informaci jednoduše využít pro regulaci intenzity větrání. Oxid uhličitý (CO_2) je přirozenou plynnou součástí atmosférického vzduchu, je bez zápachu a člověk nemá receptory pro detekci tohoto plynu. Avšak na vyšší koncentraci CO_2 reaguje člověk ztrátou koncentrace, zvýšenou malátností a může vést až k pocitu únavy provázené např. bolestmi hlavy a nevolností. V přirozeném prostředí je koncentrace CO_2 kolem 400 ppm, v průmyslových oblastech je hodnota o něco vyšší. Přibližně 20% populace začíná negativně reagovat již při koncentraci CO_2 kolem 1000 ppm. Pro regulační systémy bývá často tato hodnota nastavena jako limitní pro ovládání výkonu vzduchotechnických jednotek nebo výměny vzduchu v místnosti.“ [7]

3 Stanovení množství větracího vzduchu

Množství větracího vzduchu se stanovuje na základě potřeby podle následujících kritérií: vznik škodlivin v interiéru, intenzity výměny vzduchu, počtu osob nebo půdorysné plochy. Výsledná hodnota je vždy maximální hodnota čerstvého vzduchu ze všech pro nás podstatných kritérií.

$$V_e = \max (V_{e,p}; V_{e,s}; V_{e,n}; V_{e,CO_2}; V_{e,v}; V_{e,Q}) \quad (2)$$

Kde:

V_e – množství větracího vzduchu [m^3/h]

$V_{e,p}$ – množství čerstvého vzduchu podle počtu osob [m^3/h]

$V_{e,n}$ – množství čerstvého vzduchu podle intenzity výměny vzduchu [m^3/h]

$V_{e,Q}$ – nutné množství čerstvého vzduchu pro odvod tepelné zátěže [m^3/h]

V_{e,CO_2} – nutné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace CO_2 [m^3/h]

$V_{e,v}$ – nutné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace měrné vlhkosti [m^3/h]

3.1 Podle počtu osob

Jedná se o dávku čerstvého vzduchu na osobu v interiérech sloužící pro pobyt osob. Požadovanou hodnotu množství venkovního vzduchu udává norma ČSN EN 15 665 se změnou Z1 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. V normě je dána minimální a doporučená hodnota množství.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání (h^{-1})	Dávka venkovního vzduchu na osobu ($m^3/(h.os)$)	Kuchyně (m^3/h)	Koupelny (m^3/h)	WC (m^3/h)
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tab. 1) Požadavky na větrání obytných budov podle ČSN EN 15665/Z1 [8]

Množství dávky čerstvého vzduchu podle počtu osob se vypočte následovně.

$$V_{e,p} = n * V_p \quad (3)$$

Kde:

$V_{e,p}$ – množství čerstvého vzduchu podle počtu osob [m^3/h]

n – počet osob [-]

V_p – množství přiváděného vzduchu na osobu [m^3/h na osobu]

3.2 Podle půdorysné plochy

$$V_{e,s} = S * V_s \quad (4)$$

Kde:

$V_{e,s}$ – množství čerstvého vzduchu podle velikosti půdorysné plochy [m^3/h]

S – půdorysná plocha [m^2]

V_s – množství přiváděného vzduchu na m^2 podlahové plochy [$\text{m}^3/(\text{h} * \text{m}^2)$]

3.3 Podle intenzity výměny vzduchu

$$V_{e,n} = n * O \quad (5)$$

Kde:

$V_{e,n}$ – množství čerstvého vzduchu podle intenzity výměny vzduchu [m^3/h]

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

O – objem místnosti [m^3]

3.4 Podle produkce škodlivin

$$V_{e,hm} = \frac{M}{c_{max,hm} - c_{p,hm}} \quad (6)$$

Kde:

$V_{e,hm}$ – nutné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace škodlivin [m^3/h]

M – množství vznikající škodliviny [g/h]

$C_{max,hm}$ – maximální přípustná koncentrace škodliviny podle hygienických předpisů [g/m^3]

$C_{p,hm}$ – koncentrace škodliviny v čerstvém vzduchu přiváděném do interiéru [g/m^3]

Lze modifikovat tuto všeobecnou rovnici pro výpočet odvedení tepelné zátěže, oxidu uhličitého a vlhkosti.

3.4.1 Odvod tepelné zátěže

Všeobecná rovnice přizpůsobena pro výpočet průtoku vzduchu pro odvod tepelné zátěže z interiéru.

$$V_{e,Q} = \frac{Q}{\rho * c_v * (t_i - t_p)} \quad (7)$$

Kde:

$V_{e,Q}$ – nutné množství čerstvého vzduchu pro odvod tepelné zátěže [m³/s]

Q – celková tepelná zátěž citelným teplem [W]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m³]

c_v – měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg*K)]

t_i – teplota vnitřního vzduchu [°C]

t_p – teplota přiváděného vzduchu [°C]

3.4.2 Odvod oxidu uhličitého

Všeobecná rovnice přizpůsobena pro výpočet průtoku vzduchu pro odvod oxidu uhličitého z interiéru.

$$V_{e,CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{(\rho_{max} - \rho_{CO_2}) * 10^{-3}} \quad (8)$$

Kde:

V_{e,CO_2} – nutné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace CO₂ [m³/h]

M_{CO_2} – produkce CO₂ [g/h]

ρ_{max} – maximální koncentrace v interiéru 1200 ppm dle ASHRAE a pr EN 13 779 pro třídu B [g/g]

ρ_{CO_2} – koncentrace CO₂ v čerstvém vzduchu: 400 ppm [g/g]

3.4.3 Odvod vlhkosti

Všeobecná rovnice přizpůsobena pro výpočet průtoku vzduchu pro vlhkosti z interiéru.

$$V_{e,V} = \frac{G}{\rho * (x_i - x_p)} \quad (9)$$

Kde:

$V_{e,V}$ – nutné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace měrné vlhkosti [m³/h]

G – produkce vlhkosti [g/h]

x_i – měrná vlhkost interiérového vzduchu [g/kg s.v.]

x_p – měrná vlhkost přiváděného vzduchu [g/kg s.v.]

ρ – měrná hmotnost vzduchu [kg/m^3]

4 Varianty větracích systémů

4.1 Přirozené větrání

Ve větrané místnosti je průtok vzduchu způsobený přirozeným rozdílem tlaku uvnitř a vně větrané místnosti. Rozdíl tlaků je vytvořen rozdílem teplot vzduchu interiérového a exteriérového a dynamickým účinkem větru. Uživatel, který požaduje dostatečnou vzduchovou výměnu, jež je zárukou zdravého pobytu, je odkázán na nekontrolovatelnou průvzdušnost okenních spár nebo jiných otvorů. V dnešní době se toto řešení nenavrhuje pro obytné budovy a to i z důvodu vysokých cen za energie, kdy se více dbá na požadavky, které snižují spotřebu energie, a to vede k utěšňování všech otvorů ve stavební konstrukci pro infiltraci.

„Větrat lze buďto přirozeně, nicméně s rostoucími požadavky na těsnost budov je tento způsob značně problematický, přičemž je třeba mít na paměti, že případnými spárami v okenních konstrukcích dostatečného větrání docílit nelze. Přirozené větrání a jeho intenzita navíc také závisí na rozdílu venkovní a vnitřní teploty a na dynamických účincích větru.“ [9]

4.1.1 Infiltrace

Jedna z možností přirozeného větrání, při které výměna vzduchu probíhá spárami v obvodových konstrukcích. Nejintenzivnější přívod čerstvého vzduchu je v zimě, ale s tím souvisí i tepelné ztráty v místnostech. Další nevýhodou je, že klesá účinnost infiltrace v letním období, protože je malý teplotní rozdíl mezi venkovním a vnitřním vzduchem.

4.1.2 Provětrávání

Tento způsob větrání využívá otevíravé okenní otvory. Příčné provětrávání, které je založeno na umístění protilehlých otvorů ve stejném nadzemním podlaží. Otvory na návětrné straně proudí čerstvý vzduch do vnitřního prostředí. Dveře a příčky musí být vybaveny větracími otvory. Druhým méně efektivním typem provětráváním je provětrávání jednostranné, kdy se spoléhá na přívod a odvod vzduchu stejným otvorem. V létě proudí horní části otevřeného okna do místnosti čerstvý venkovní vzduch a spodní části okna se vzduch z místnosti odvádí. V zimních měsících je proudění opačné. Doporučení je takové, že by se mělo větrat krátce a často velkými průřezy, aby energetická ztráta byla, co nejmenší.

Vztah pro objemový průtok přiváděného vzduchu se zanedbáním účinku větru lze zhruba definovat tak to:

$$V_e = 1200 * \mu * b * \sqrt{\frac{g * (\rho_e - \rho_i) * h^3}{\rho_e}} \quad (10)$$

Kde:

V_e – nutné množství přiváděného venkovního vzduchu [m^3/h]

μ – výtokový součinitel okna (pro plně otevřená okna $\mu=0,6$ [-])

b – šířka okna [m]

h – výška okna [m]

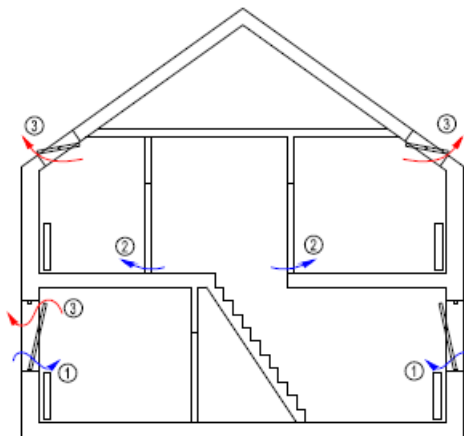
g – tíhové zrychlení [m/s^2]

ρ_e – hustota venkovního vzduchu [kg/m^3]

ρ_i – hustota vnitřního vzduchu [kg/m^3]

Tento vztah platí pouze pro jednostranné provětrávání.

Podle normy ČSN 15665/Z1 provětrávání nesplňuje požadavek na trvalé větrání u obytných budov, proto tento typ výměny vzduchu nelze navrhnout.



Obr. 1) Provětrávání otevíratelnými okny [1]

1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch

4.1.3 Aerace

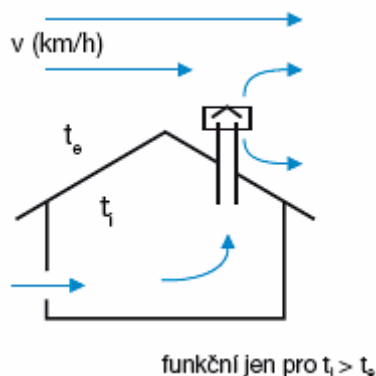
Tato varianta větrání funguje na principu výměny vzduchu pomocí vztlaku. Musí být zajištěn dostatečný výškový rozdíl, proto se navrhují otvory v různých výškových úrovních. Otvory pro přívod jsou umístěny blízko podlahy a pro odvod vzduchu jsou situovány u stropu prostoru. Typický pro tuto metodu je aerační světlík. Stejně jako u infiltrace dochází v zimě k velkým teplotním ztrátám a neřízenému větrání. V letních měsících klesá efektivita, kvůli menšímu teplotnímu rozdílu přiváděného a odváděného vzduchu.



Obr. 2) Aerační světlík [10]

4.1.4 Šachtové větrání

Šachtové větrání také pracuje na principu účinného vztlaku. Pro přívod vzduchu se využívají otvory v obálce budovy a ohřátý vzduch je odváděn šachtami, které prostupují celý objekt stejně jako šachty, které vedou například potrubí s vodou pro vytápění. Šachty mohou vzduch i přivádět, ale není to běžné. Vítr působící na výdechovou hlavicí pomáhá účinnosti šachtového větrání. V dnešní době se tento typ větrání do bytových budov nenavrhuje, krom speciálních případů, protože nesplňuje požadavky na trvalé větrání.



Obr. 3) Šachtové větrání s hlavicemi [11]

4.2 Nucené větrání

Výměna vzduchu je řešena mechanicky. Je navrhnut ventilátor, mechanické zařízení, které zajišťuje přívod nebo odvod vzduchu, ale může řídit i oba procesy dohromady. Doprava vzduchu je zajištěna ventilátorem. V potrubí, ve kterém se vede vzduch, dochází ke vzniku tlakových ztrát místními odpory a třením v potrubí. Dopravní tlak ventilátoru musí být dostatečný, aby nedošlo ke kolapsu distribuce vzduchu.

Nucené větrání rozdělujeme z hlediska tlaku vzduchu ve větraném prostoru na větrání podtlakové, rovnotlaké a přetlakové. Dále jsou systémy odlišné způsobem ovládaní. Rozlišujeme systémy ovládané centrálně nebo lokálně.

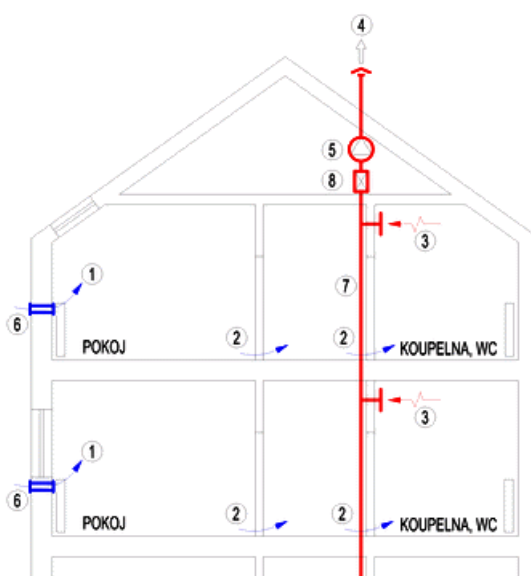
4.2.1 Nucené podtlakové větrání

„Přívod venkovního vzduchu podtlakem (přísáváním) větracími otvory integrovanými do obálky budovy je kombinován s nuceným odvodem vzduchu ventilátorem navrženým na potřebný průtok venkovního vzduchu.“ [1]

V budovách obytného charakteru se realizuje nucený odvod v prostorách, ve kterých vznikají škodliviny (WC, koupelna) nebo jsou zdroji vlhkosti (kuchyň) a vzduch je přísáván z venku či jiných místností. Při současných požadavcích na těsnost obálky budov nelze dále spoléhat na průvzdušnost okenních spár. Přívodní otvory jsou zabudované do obvodových stěn nebo je přívod vzduchu vyřešen mřížkou ve dveřích či dveřmi bez prahu.

4.2.1.1 Centrální podtlakové systémy

„Pro dopravu odváděného vzduchu slouží centrální ventilátor napojený na příslušné stoupací potrubí, který je umístěn zpravidla v nejvyšším místě budovy – v podkroví nebo na střeše. Ventilátor hradí tlakové ztráty vzduchovodu a systému distribuce vzduchu včetně tlumičů hluku a přívodních a odvodních prvků. Výhodou je poměrně vysoká účinnost centrálních ventilátorů (v porovnání s ventilátory decentralizovaného větrání). Jelikož je ventilátor zdrojem hluku, je nutné při návrhu centrálního podtlakového větrání přijmout příslušná protihluková opatření. Zejména je nutné zabránit šíření hluku směrem do stoupacího potrubí tak, aby nedocházelo k obtěžování obyvatel bytových jednotek. Rovněž je nutné posoudit šíření hluku do venkovního prostředí. Mezi výhody centrálního podtlakového větrání patří skutečnost, že nedochází k nežádoucímu přenosu pachů mezi jednotlivými bytovými jednotkami.“ [12]



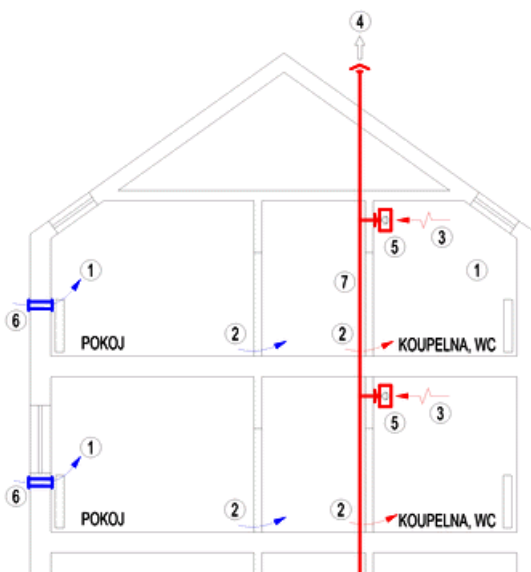
Obr. 4) Centrální systém nuceného podtlakového větrání [12]

1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch, 4 – odpadní vzduch, 5 – odvodní ventilátor, 6 – přírodní větrací otvor, 7 – potrubní síť, 8 – tlumič hluku

4.2.1.2 Lokální podtlakové systémy

„Pro větrání slouží lokální radiální ventilátory napojené na stoupací potrubí, kterým je vzduch vyfukován zpravidla nad střechu. Odvodní ventilátor je umístěn buď přímo v dané místnosti odkud je vzduch odsáván (WC, koupelna), nebo může být opatřen dvěma až třemi hrdly pro společný odvod vzduchu z několika místností jednoho bytu současně. V takovém případě je možné ventilátor umístit do podhledu, nebo přímo do svislé stoupací šachty. Nevýhodou malých radiálních ventilátorů je především jejich nízká účinnost a hlučnost, která je emitována přímo do obytného prostoru. Z tohoto důvodu je nutné pro trvalé větrání volit ventilátory s nízkou hladinou akustického výkonu, pracující s relativně nízkým dopravním tlakem.“ [12]

Tento systém je často využíván i k nárazovému odvětrávání kuchyní. Musí se zabránit pachovému přenosu mezi jednotlivými byty.



Obr. 5) Lokální systém nuceného podtlakového větrání [12]

1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch, 4 – odpadní vzduch, 5 – odvodní ventilátor, 6 – přírodní větrací otvor, 7 – potrubní síť, 8 – tlumič hluku

4.2.2 Nucené rovnotlaké větrání

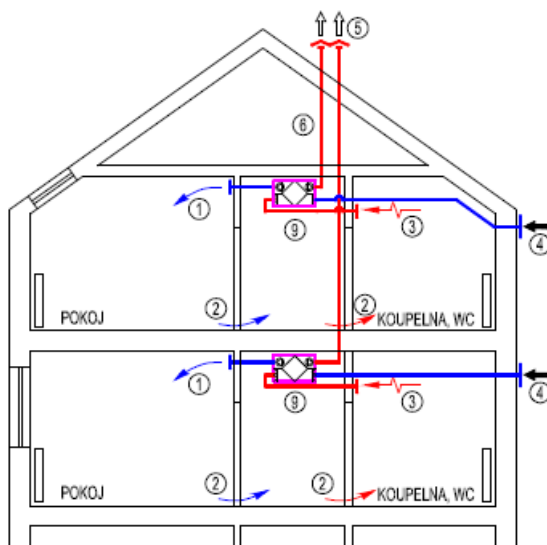
Přívod i odvod vzduchu je řešen mechanicky a oba procesy pracují se stejným množstvím vzduchu. Nedochozí ke vzniku přetlaku ani podtlaku. Tento systém umožňuje využití zpětného získávání tepla (dále jen ZZT) z odváděného vzduchu a tím se snižuje energetická náročnost pro ohřev venkovního vzduchu. Principem tohoto jevu, je že odváděný vzduchu předává teplo vzduchu přiváděnému ve výměníku, umístěném ve VZT jednotce. Nucené rovnotlaké větrání se využívá i v oblastech s vyšším hlukem nebo větším zdrojem znečištění. Toto větrání zajišťuje větší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání či větrání hybridní.

Podle množství VZT jednotek na jednotlivý byt můžeme rozdělit nucené rovnotlaké větrání na tři varianty.

4.2.2.1 Lokální rovnotlaké větrání

Tato varianta počítá s větrací jednotkou se ZZT pro každý byt. Je to systém založený na individuálním větrání bytových jednotek. VZT jednotka je vybavena ventilátory, výměníkem pro ZZT a filtrací vzduchu. Přívod vzduchu je realizován samostatně z fasády pro každý byt nebo společným potrubím ústícím nad střechou objektu. Nad střechou objektu ústí i potrubí odvádějící vzduch z jednotlivých bytů. Tlakové ztráty vznikající ve vzduchovodech pokrývá výkon jednotlivých bytových ventilátorů.

Výhoda této varianty je jistota kvality vnitřního ovzduší nebo individuální přístup uživatelů k větrání. Při poruše VZT jednotky je vyřazen z provozu pouze daný bytový komplex. Každá bytová jednotka platí za vlastní spotřebované náklady. Na druhé straně nevýhodou tohoto systému je umístění VZT jednotky přímo v bytě, což může vést k rušení akustické pohody, s tím souvisí i vyšší nároky na prostor pro schování jednotky a jejích vzduchovodů ideálně do podhledu. Z ekonomického hlediska je to dražší varianta, než centrální i decentrální větrání. Náročností této varianty se jeví i pravidelná údržba a servis, při kterých je nutná přítomnost uživatele z důvodu vpuštění patřičných osob do bytu. Dalším negativem je problém s odvětráváním digestoří. Není žádoucí napojení do společného stoupacího potrubí, neboť dochází k přefukování pachů do sousedních bytových jednotek.



Obr. 6) Lokální systém nuceného rovnotlakého větrání, VZT jednotka pro každý byt [1]

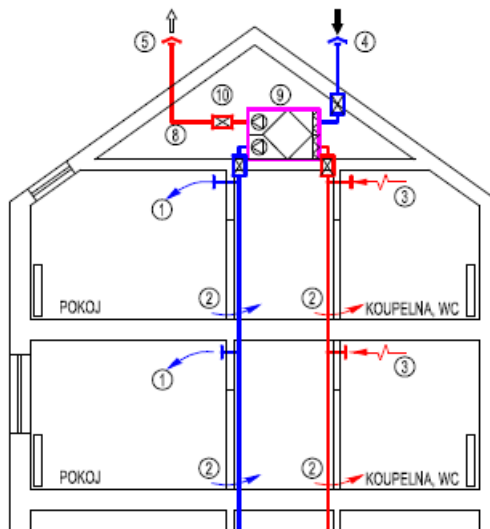
1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch, 4 – nasávaný vzduch, 5 – odpadní vzduch, 6 – větrací otvor, 9 – VZT jednotka se ZTT

4.2.2.2 Centrální rovnotlaké větrání

Větrání bytového domu zajištěno jednou centrální VZT jednotkou. Tato jednotka je většinou umístěna na střeše, pokud je plochá nebo do podkroví, pokud je střecha sedlová. Odvod a přívod vzduchu musí mezi sebou mít požadovanou vzdálenost, aby nedocházelo ke znečištění čerstvého přívodního vzduchu. Dvojice vzduchovodů vede přívodní a odvodní vzduch přímo do bytové jednotky, tam je vzduch dále distribuován do příslušných prostor. Pro komplexní rovnoměrné provětrání každé z místností se využijí distribuční koncové elementy s dostatečným dosahem proudu. Vzniklé tlakové poměry ve vzduchovodech při zásahu uživatelů automaticky dorovná centrální ventilátor s proměnnými otáčkami.

Negativní vlastností centrálního rovnotlakého systému je, že při poruše VZT jednotky je vyřazen z provozu celý bytový dům. Centrální systém neumožňuje individuální přístup k systému, ale na druhé straně zajišťuje komfort residentům, kteří tak nemusí nic řešit. Tlumiče ventilátorů jsou nutnou součástí, aby nedocházelo

k rušení uživatelů. Plusy této metody větrání jsou umístění VZT jednotky mimo byty, s tím související minimální požadavky na prostor, snadnější servis nebo nižší investiční náklady.



Obr. 7) Centrální systém nuceného rovnotlakého větrání, VZT jednotka pro celý bytový dům [1]

1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch, 4 – nasávaný vzduch, 5 – odpadní vzduch,
8 – vzduchovod, 9 – VZT jednotka se ZZT, 10 – tlumič hluku

4.2.2.3 Decentrální rovnotlaké větrání

Princip toho způsobu větrání závisí na umístění VZT jednotek na každé nadzemní patře. Je to přechod mezi centrálním a lokálním rovnotlakým systémem větráním. Vzduchovod pro odvod vzduchu odvádí vzduch nad střechu a vzduchovod pro přívod čerstvého venkovního vzduchu může odebírat vzduch také nad střechou, za dodržení minimálního rozestupu jednotlivých vzduchovodů nebo může odsávat vzduch z fasády objektu. Na každém patře umístěna VZT jednotka dále distribuuje vzduch do bytů, kde je dále dopraven do potřebných prostor.

Jedna z výhod tohoto systému je, že VZT jednotka není přímo v bytech, ale nutnost prostoru pro umístění jednotky přetrvává. Snadnější servis nebo menší zásah do života obyvatel bytového domu při poruše jsou další klady decentrálního systému. Rizika možných problémů mohou být skryta ve zdroji hluku blízko bytů a ve vyšších investičních nákladech.

4.2.3 Nucené přetlakové větrání

„Přetlakového větrání, které je na rozdíl od všech předešlých metod založeno na trvalém přívodu filtrovaného a zpravidla i tepelně upraveného vzduchu do centrální místnosti bytu, odkud se volně šíří přetlakem do sousedních obytných místností. Odvod znehodnoceného vzduchu je podle vzduchotěsnosti obálky budovy řešitelný pouze spárami oken, nebo odvodními prvky ve fasádě, nárazově z hygienických místností bytu ventilátory apod.“ [13]

System, u kterého je složité zajistit dopravu čerstvého vzduchu do všech místností a tím provést žádané provětrání. Překážky v distribuci je změna odporu v cestě přivádějícího vzduchu například zavřené a otevřené dveře.

4.3 Hybridní větrání

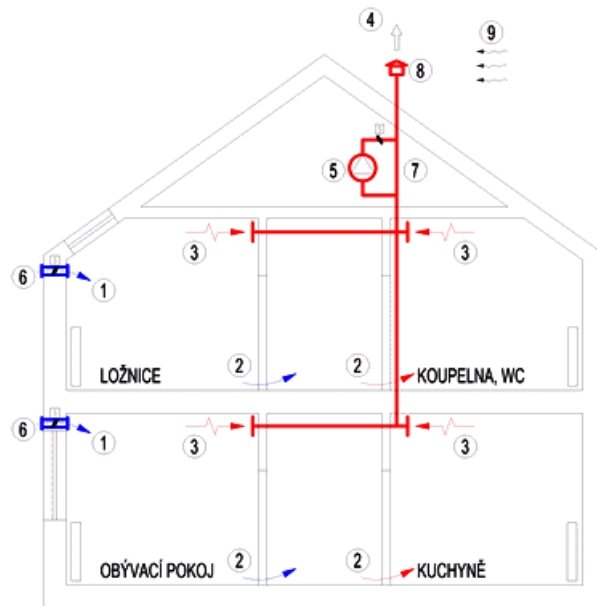
„Hybridní větrání zahrnuje aktivní prvky přirozeného i nuceného větrání, tzn. kombinuje účinky přirozených (vztlakových) sil se silou mechanickou (nuceným větráním). Koncepce hybridního větrání spočívající v kombinaci a střídání obou režimů (přirozeného a nuceného) umožňuje udržet kvalitu vnitřního vzduchu bez vysokých nároků na spotřebu elektrické energie.“ [12] Ventilátor se zapojí automaticky do provozu při nedostatečném přirozeném tlakovém rozdílu, aby systém mohl pracovat jako podtlakový. Aby přirozený vztlak vykryl tlakové ztráty systému, musí se v návrhu počítat s většími dimenzemi potrubních rozvodů. Konstantní přívod vzduchu obstarávají například samoregulační vyústky se servopohonem, které se umisťují nade dveře obytných prostor nebo nad okna.

System zaznamenává pomocí senzorů vnitřní mikroklima. Také obsahuje inteligentní řídicí algoritmy, které zajistí automatické přepínání z režimu do režimu, aniž by se ztratila optimální tepelná pohoda nebo zvýšila spotřeba energie ventilátory. Přepínání funguje na základě vyhodnocení sledování průtoku vzduchu.

Hlavní výhodou systému je minimalizace spotřeby energie spojená se zlepšenou kvalitou vnitřního ovzduší. V letních měsících se plně využívá noční větrání. Hybridní systém je individuálněji zaměřený a trvanlivější.

Základním požadavkem na objekty je ten, že musí být vzduchotěsné. U infiltrace nesmí docházet k ovlivňování úrovně větrání. Tím by se vytvářely situace, kdy by vytápění prostor bylo nedostatečné a tepelné pohody by nebylo dosaženo. Tento systém je i náročnější pro návrh.

V nejbližší budoucnosti se tento typ větrání stane pravděpodobně nejperspektivnějším, protože vylepšení systémů přirozeného a nuceného větrání již není prakticky možné z hlediska kvality prostředí a úspory energie.



Obr. 8) Hybridní systém větrání se samoodtahovou hlavicí [12]

1 – přiváděný vzduch, 2 – převáděný vzduch, 3 – odváděný vzduch, 4 – odpadní vzduch, 5 – aktivní prvek nuceného větrání (ventilátor), 6 – samoregulační vyústka se servopohonem, 7 – potrubní síť, 8 – samoodtahová hlavice, 9 – účinek větru

5 Požadavky na větrání CHÚC

„Každá budova, ať už nová nebo rekonstruovaná, má ve svém stavebně-technickém řešení určeny únikové cesty. Ty slouží pro bezpečnou a včasnou evakuaci osob v případě požáru a přístup požárních jednotek. Je evidentní, jakou důležitost únikové cesty mají, a stejně nepochybné je, že jejich návrhu je třeba věnovat mimořádnou péči.“ [14]

Větrání CHÚC je jedním z nejdůležitějších aspektů pro bezpečný únik lidí. Bezpečná evakuace osob a zvířat je hlavním cílem CHÚC. Tohoto cíle požární větrání dosahuje naředěním ovzduší v CHÚC, odvodem kouře, zplodin hoření a tepla pryč z CHÚC. Požární větrání pomáhá oddálit stav celkového vzplanutí neboli flashover, zabraňuje přesunu požáru na okolní budovy, snižuje tepelné namáhání konstrukcí vlivem přivádění ochlazujícího vzduchu.

6 Systémy větrání CHÚC

V bytovém domě rozdělujeme CHÚC na tři varianty. Nejvíce chráněná a bezpečná pro únik osob a zvířat je CHÚC typu C, kde norma zaručuje dobu bezpečného pobytu na 30 minut. V CHÚC typu B je tato doba stanovena na 15 minut a v CHÚC typu A je doba bezpečného pobytu nejmenší a to 4 minuty. Rozdělení CHÚC na jednotlivé typy závisí na použitém systému větrání a způsobu oddělení od ostatních požárních úseků.

6.1 Přirozené větrání CHÚC

Přirozené větrání CHÚC funguje na základě působení větru a principu komínového efektu, kdy je rozdíl teplot vzduchů uvnitř a vně budovy hnacím motorem pro pohyb větracího vzduchu. Větrací účinek je značně nestabilní, proto je tento způsob z hlediska větrací ochrany únikové cesty nejméně spolehlivým. Doba bezpečného pobytu osob při požáru, vyžadovaná normou, je do 4 minut. Proto je tato varianta větrání využívána v CHÚC typu A a typu B, ale pouze s požárními předsíněmi. Ve více než jednom podzemním podlaží, a u cesty typu B nesmí být využito přirození větrání v žádném podzemním podlaží. Osoby nesmí být ohroženy zplodinami hoření během této doby. V létě může docházet i k opačnému efektu, kdy teplý vzduch může podněcovat požár. Také musí být zajištěno dostatečné větrání, aby docházelo ke zředění a odvádění pronikajícího kouře, jeho koncentrace nesmí překročit 1-2 procenta.

6.1.1 Přirozené větrání CHÚC typu A

Pro přirozené větrání je požadováno dle normy ČSN 73 0802 zajistit jeden z následujících způsobů v dostatečné míře.

První možnost větrání CHÚC typu A dle normy je větrání „otevratelnými otvory (okny, dveřmi apod.) o ploše nejméně 2 m² v každém podlaží, popř. otvory umožňujícími příčné větrání, o ploše nejméně 1 m² v každém podlaží; je-li půdorysná plocha chráněné únikové cesty v podlaží větší než 20 m², dimenzují se otevratelné otvory podle půdorysné plochy cesty v podlaží, a to na 10 % při jednostranném a na 5 % při příčném větrání; okenní otvory musí svým provedením a umístěním umožnit unikajícím osobám snadnou manipulaci (otevírací mechanismus manuálně ovládaný smí být nejvýše 1,8 m nad úrovní přilehlé podlahy či schodišťového stupně); případné dálkové ovládání musí být zřetelně označeno podle ČSN ISO 3864.“ [15]

Druhá varianta možného provedení přirozeného větrání CHÚC typu A dle normy je větrání „větracím otvorem o ploše alespoň 2 m², umístěným v nejvyšším místě únikové cesty (schodiště), a stejně velkým otvorem pro přívod vzduchu z volného prostoru, umístěným ve vstupním podlaží nebo níže; otevírací mechanismus alespoň horního otvoru musí být vybaven dálkovým ovládáním z několika míst v prostoru chráněné únikové cesty, vždy však z úrovně vstupního podlaží; pokud součástí chráněné únikové cesty jsou kromě schodišťového prostoru také chodby

apod., musí být odvětrání posouzeno podle 9.4.3 (např. do chodeb musí být zajištěn přítok vzduchu).“ [15]

Poslední možností jak zajistit přirozené větrání v CHÚC typu A dle normy je větrání „větracími průduchy, umístěnými v každém podlaží chráněné únikové cesty, s vývodem vzduchu u stropu a s přívodem čerstvého vzduchu u podlahy, o průřezové ploše každého průduchu rovnající se v každém podlaží alespoň 1 % podlahové plochy té části únikové cesty, kterou mají odvětrat; je-li možno vyústění průduchu v každém podlaží uzavřít tak, aby kouř nemohl pronikat průduchem mezi jednotlivými podlažími, mohou být odvětrací i přívodní průduchy (větrací světlíky) pro více podlaží společné (průřezová plocha každého průduchu se určí jako součet průřezových ploch průduchů ve vyústění, násobená hodnotou 0,5).“ [15]

6.1.2 Přirozené větrání CHÚC typu B

Za dostatečné opatření pro požární předsíně se dle normy ČSN 73 0802 bere otevíratelné okno o geometrické ploše aspoň 1,4 m² nebo větrací průduchy o rozměrech 500 mm a 300 mm s přívodem vzduchu u podlahy a s vývodem u stropu, a to v každém podlaží.

„Ostatní části chráněné únikové cesty typu B musí být odvětrány stejně jako cesta typu A podle 6.1.1 varianty první nebo druhé, přičemž se doporučuje zvětšení otevíratelných otvorů, popř. zvětšení dodávky (výměny) vzduchu. Při odvětrání podle 6.1.1, varianty druhé, musí být dodávka vzduchu zajištěna alespoň po dobu 30 minut.“ [15]

6.2 Nucené větrání CHÚC

Tento systém využívá nucený přívod vzduchu ventilátorem a přirozený odvod vzduchu otvory v obvodové konstrukci nebo šachtami a průduchy. Otvory jsou situovány v nejvyšším bodě únikové cesty. Množství větracího vzduchu v m³/h je hlavním požadovaným parametrem. Každý typ CHÚC má předepsanou intenzitu výměny vzduchu. Stejně jako u požárního přetlakového větrání i zde vzniká přetlak, což ale není cílem větrání jako je to u větrání přetlakového. Velikost tohoto přetlaku ani není sledovaná nebo definičně určena. Úkolem této metody je zabránit průniku zplodin hoření a kouře nebo naředit ovzduší tak, aby nebyla přesáhnutá koncentrace kouře 1-2 procenta. Tato metoda se využívá pro únikové cesty typu A a B, a to i s těmi bez požárních předsíní. Automatické zapnutí větrání je jedním ze základních požadavků. Zapínání lze zajistit pomocí systému elektrické požární signalizace, vypínači v každém podlaží nebo samovolně hlásiči kouře umístěných v každém podlaží.

Oproti přirozenému větrání se jedná o variantu daleko spolehlivější a efektivnější. I samotná tvorba návrhu není tak složitá.

6.2.1 Nucené větrání CHÚC typu A

V tomto typu CHÚC je dle normy nutné zajistit takové množství přiváděného vzduchu, které se rovná minimálně desetinásobku objemu prostoru CHÚC za 1 hodinu. Odvod vzduchu je proveden průduchy nebo šachtami či klapkami. Přívod venkovního vzduchu ventilátorem musí být dodán bez ohledu na místo vzniku požáru. Tato dodávka vzduchu musí být zaručená po dobu 10 minut, přesto že bezpečný pobyt v tomto typu CHÚC je dle normy pouze 4 minuty.

6.2.2 Nucené větrání CHÚC typu B

„Množství dodávaného vzduchu při přetlakové ventilaci se určí buď:

- a) jako dvacetipětínásobek objemu prostoru chráněné únikové cesty za hodinu; nebo“ [15]

Do výšky budovy 45 metrů není nutné přivádět vzduch vzduchovody. Odvod vzduchu musí vyústit vně budovy a přívod vzduchu musí zabránit nežádoucímu nasávání zplodin hoření.

6.3 Přetlakové větrání CHÚC

Přetlakové větrání na rozdíl od nuceného má hlavní výkonový parametr normou sledovaný přetlak v prostoru CHÚC. Přívod vzduchu je řízen ventilátorem. Návrhové podmínky pro toto větrání, co nejméně kopírují reálný provozní stav.

„Jde o neúčinnější způsob větrání, při kterém je, po určité době, zcela zabráněno průniku kouře a zplodin hoření do chráněné únikové cesty. Tím se tato cesta stává pro unikající osoby značně bezpečnější než při jiných způsobech větrání. Je to však vykoupeno podstatně složitějším návrhem, provedením i cenou. Rozhodně je však řada objektů, kde nepřichází v úvahu jiné řešení. Jde především o budovy se značným počtem osob (tzv. shromažďovací prostory) v podzemních i nadzemních podlažích, vícepodlažní budovy, objekty s komplikovanými evakuačními podmínkami, určitá zdravotnická zařízení, únikové cesty s evakuačními výtahy apod. Přetlakové větrání je normativně požadováno v chráněných únikových cestách typu B bez požárních předsíní a v chráněných únikových cestách typu C, jejichž součástí jsou vždy požární předsíně.“ [14]

Z důvodu náročnosti nebude vytvoření konceptu požárního větrání touto metodou součástí této práce.

7 Varianty návrhu větrání bytového domu

7.1 Varianta přirozeného větrání

„Systémy přirozeného větrání mají funkci časově omezenou. Trvale může být přirozené větrání využíváno pouze tehdy, je-li potřebný tlakový rozdíl vlivem rozdílu teplot zajištěn nepřetržitě v požadovaném období, což u většiny moderních budov není trvale reálné. Tlakový účinek větru není rovněž trvalý, neboť rychlost větru je proměnná.“ [1]

Vzhledem k potenciálně vzniklým problémům s netěsností budovy a tím způsobenými energetickými ztrátami v kombinaci s faktory popsány v předešlém odstavci není možné navrhnout plně spolehlivý a fungující koncept přirozeného větrání.

7.2 Varianty rovnotlakého větrání

Varianty rovnotlakého větrání jsou všechny navrženy v režimu stálém, protože režim regulovaný klade na uživatele bytové jednotky větší nároky na pochopení systému větrání. S tím souvisí i další důvod, a to požadavek residentů bytového domu na fungování systému bez jejich přičinění. Myslím si, že většina lidí volí raději provoz, který nevyžaduje jejich dohled. Obyvatelé si proto připlatí za stálý režim větrání, aby měli umožněný větší komfort při obývání tohoto bytového domu. Na stejné bázi je řešen i problém větrání kuchyně, která je propojená s obývacím pokojem. Každá kuchyň bude mít cirkulační digestoř, která zajistí potřebný odvod vzniklých škodlivin, aniž by došlo při odvodu ke smíchání vzduchů a pachů v odvodním potrubí.

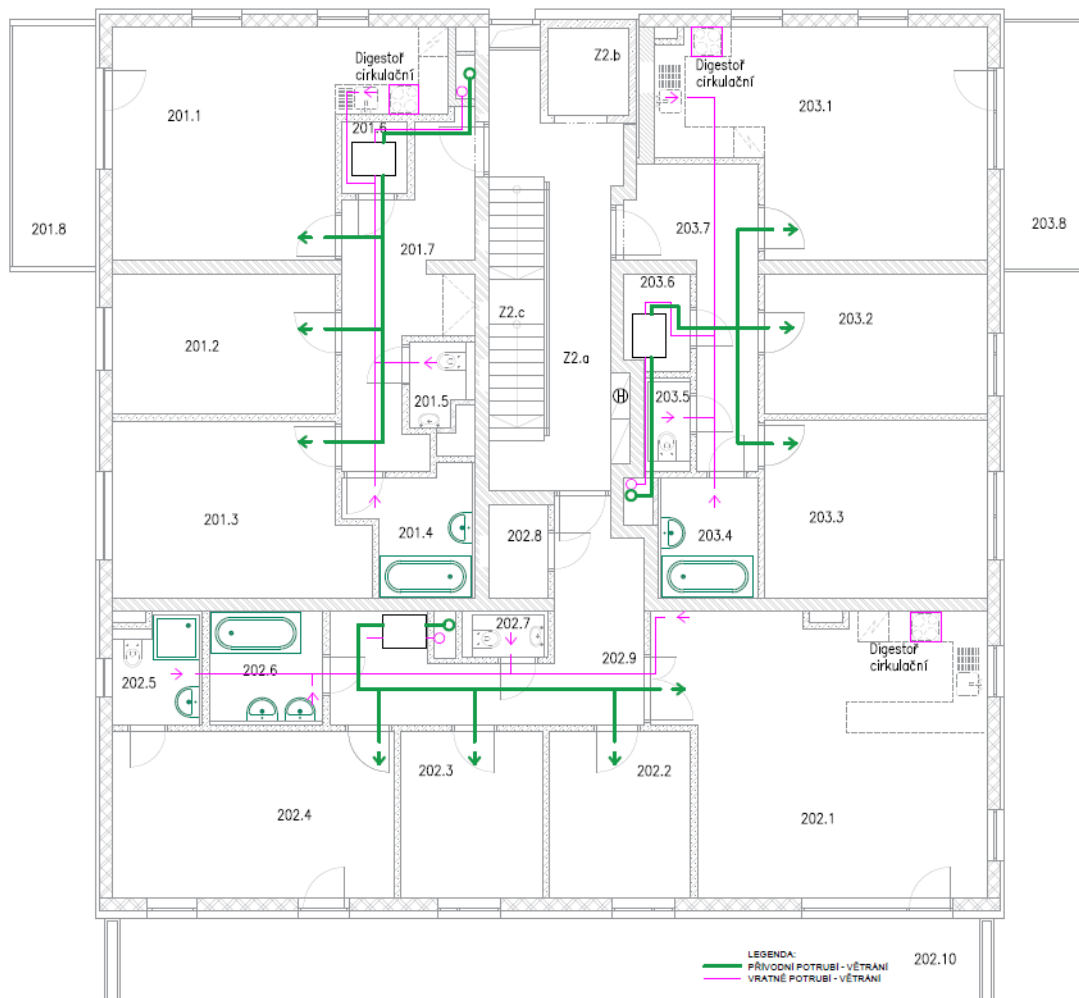
Pro distribuci čerstvého vzduchu do místností bez dodávky čerstvého vzduchu slouží mřížky ve dveřích či dveře bez prahu.

Všechny následující varianty počítají s regulací hluku vznikajícího ve vzduchovodech proudícím vzduchem nebo hlukem, který zapříčiňuje VZT jednotka či jednotky. Vzduchovody budou opatřeny tlumiči hluku a stejně tak i VZT jednotka nebo jednotky. Podle toho, která varianta bude zvolena.

7.2.1 Varianta lokálního rovnotlakého větrání

Na základě vypočtené potřeby množství větracího vzduchu jsou navrženy pro tuto variantu VZT jednotky pro každý byt. Tyto jednotky zajišťují přívod a odvod vzduchu a rekuperaci odvedeného vzduchu. Ventilátory dodávající potřebný průtok jsou součástí VZT jednotek. Všechny VZT jednotky budou umístěny v podhledech v chodbách jednotlivých bytů. S tím souvisí vznik na požadavek akusticky neprůzvučného podhledu. Stejně tak bude v podhledu umístěno potrubí, které dále po bytových jednotkách distribuuje vzduch až ke koncovým prvkům. Do jednotek bude přiváděn vzduch svislým stoupacím potrubím, které bude ústít nad střechou. Pro

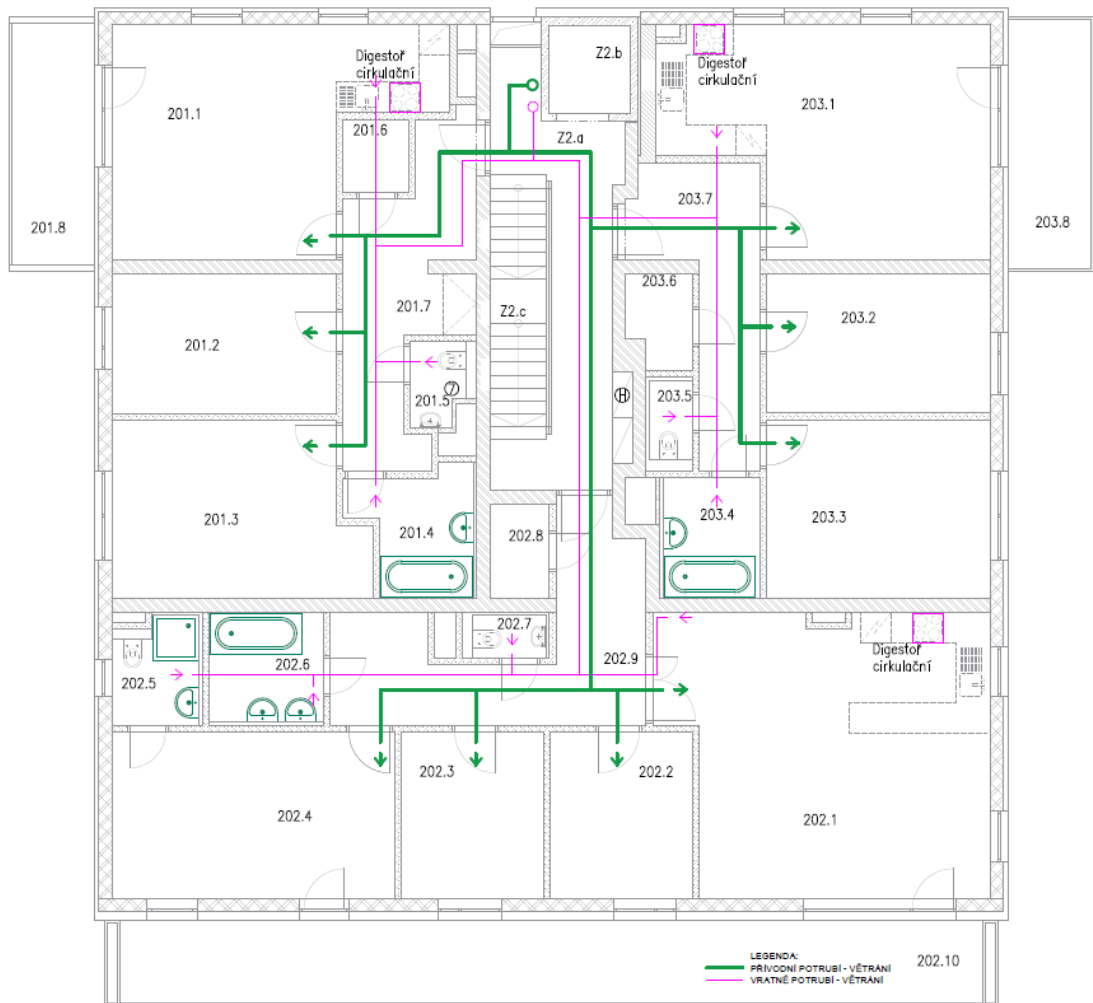
znehodnocený vzduch také bude využito svislého stoupacího potrubí, které bude zakončeno nad střechou objektu. SMART boxy pro regulaci průtoku vzduchu při nárazovém odvětrávání budou umístěny na vzduchovodech a pro každý byt bude jeden.



Obr. 9) Návrh lokálního rovnotlakého systému větrání

7.2.2 Varianta centrálního rovnotlakého větrání

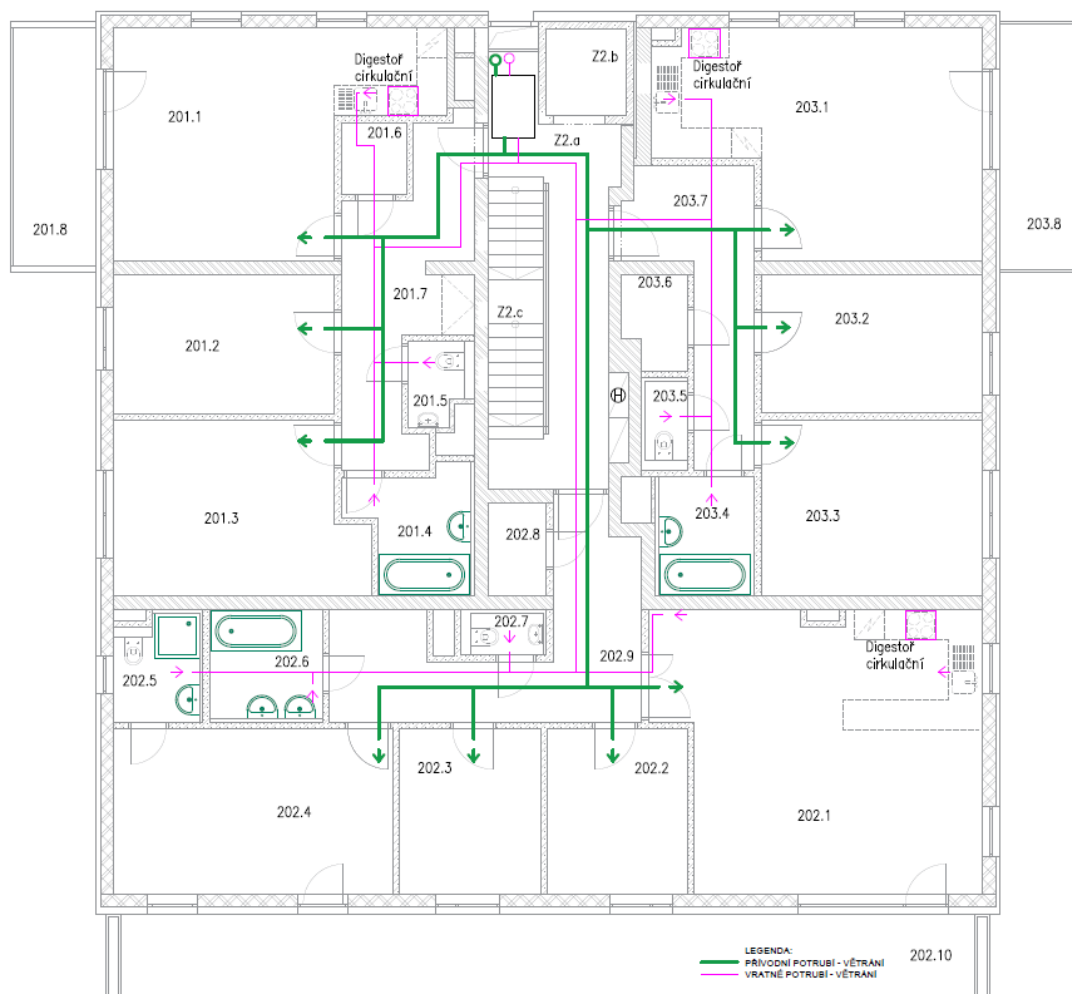
V této variantě je navržen systém, který má jednu centrální VZT jednotku ve střešním provedení. Jako u předešlé varianty jednotka zajišťuje odvod i přívod vzduchu a rekuperaci odvedeného vzduchu. Součástí jednotky jsou ventilátory nutné k zajištění potřebného průtoku. Ze střechy k bytům je doprava vzduchu zajištěna vzduchovody. Jediné svislé potrubí má na sebe napojené vodorovné vzduchovody vedoucí v podhledu k bytům až ke koncovým prvkům. Tlumič hluků je součástí každého potrubí vedoucího dovnitř nebo ven z bytu pro zabránění transferu akustického zatížení. I na obvodovou konstrukci šachty svislého potrubí jsou požadavky proti šíření nežádoucích zvuků, protože kvůli vyšší rychlosti vzduchu v potrubí dochází k většímu akustickému zatížení. SMART boxy pro regulaci průtoku vzduchu při nárazovém odvětrávání budou umístěny na vzduchovodech a pro každý byt bude jeden.



Obr. 10) Návrh centrálního rovnotlakého systému větrání

7.2.3 Varianta decentrálního rovnotlakého větrání

Návrh jednotky na základě dostatečného množství čerstvého vzduchu pro každé patro zvlášť. VZT jednotky budou umístěny stejně jako u lokální varianty rovnotlakého větrání v podhledu. Vodorovné vzduchovody vedoucí z jednotky do bytových jednotek až ke koncovým prvkům budou též umístěny v podhledu. Svislé potrubí bude přivádět vzduch z prostoru nad střechou a odvádět taky tam. SMART boxy pro regulaci průtoku vzduchu při nárazovém odvětrávání budou umístěny na vzduchovodech a pro každý byt bude jeden.



Obr. 11) Návrh decentrálního rovnotlakého systému větrání

7.3 Větrání pomocných prostor bytového domu

V případě bytových domů, kde je maximálně jedno podzemní podlaží se může navrhovat přirozený systém větrání. Umístění otvorů musí umožňovat příčné provětrání. Musí být zajištěna minimální plocha otvoru a to $0,15 \text{ m}^2$ na parkovací místo. Jeden otvor umístěný pod stropem a druhý u podlahy o společné ploše $0,15 \text{ m}^2$. Dále závisí na velikosti garáže a tím pádem na počtu automobilů produkujících škodliviny, protože v případě příliš velké garáže, by se tento systém stejně nedoporučoval.

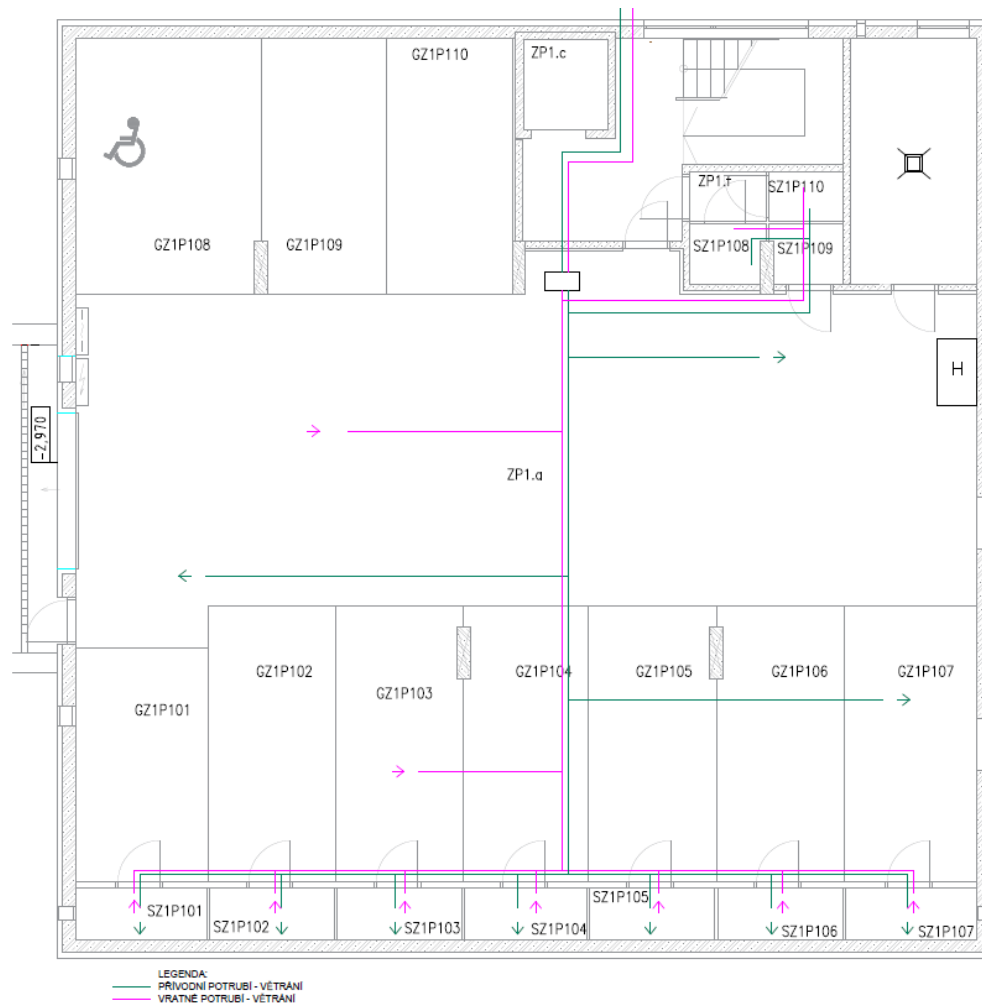
U sklepů je nutné zajistit alespoň minimální větrání. Přirozené větrání okny obvykle není možné. Návrh musí počítat s protipožárním zabezpečením, protože sklepy jsou samostatné požární úseky. Výfukovým plynům, často vznikajících ve vedlejších garážích, by mělo být zabráněno kontaminování ovzduší ve sklepech. Pro zabránění vzniku plísní se zajistí příslušná hodnota výměny vzduchu a to $0,5 \text{ h}^{-1}$.

7.3.1 Garáže a sklepní kóje – přirozené větrání

Návrh přirozeného větrání pro tento bytový dům není možný. Větrání garáží by nebylo možné zajistit příčným provětráváním, protože otvor situovaný u podlahy garáží by nepřiváděl čerstvý venkovní vzduch, protože je pod výškou okolního terénu. Sklepní kóje by stejně musely být pravděpodobně nuceně větrány.

7.3.2 Garáže a sklepní kóje – nucené větrání

Přívod i odvod vzduchu by byly nucené. VZT jednotka speciální pro toto suterénní patro by byla umístěna v tomto patře u stropu. Čerstvý vzduch by byl do jednotky dodáván potrubím, které si odsává vzduch z prostoru nad terénem okolo objektu. Odvodní potrubí by bylo stejně koncipované jako to přívodní, jen s opačným směrem proudění vzduchu v něm. Toto řešení dodávky vzduchu do VZT jednotky je zvoleno, protože nevyžaduje tolik prostoru jako stoupací potrubí skrz celý objekt s vývodem nad střechu budovy. Prostup v 1PP skrz suterénní stěnu do okolního terénu by byl vyřešen pomocí otvoru v suterénní stěně. Otvor o rozměrech 500x500 mm má ústí nad úrovní okolního terénu. Vzduchovod, který odvádí vzduch bude vyústěn minimálně 1500 mm od hrany fasády objektu, aby nedošlo k ovlivňování vzduchu, který do budovy může proudit skrze okna. Zároveň je vzduchovod pro přívod vyústěn na druhou stranu, než vzduchovod odvodní, aby se předešlo tomu samému problému s kontaminací čerstvého vzduchu. Tím by měla být zaručena dodávka čerstvého vzduchu pro 1PP. Z VZT jednotky by poté vzduch byl dále distribuován vzduchovody do všech sklepních kójích a do garáže, tak aby byla zajištěna dostatečná výměna vzduchu v těchto prostorech. Vzduchovody stejně jako VZT jednotka by byly situovány pod stropem bez podhledu. Potrubí, kterým se dodává vzduch do garáží bude mít navíc oproti zpátečnímu potrubí instalované na povrchu mřížky. A to z důvodu zajištění lepší distribuce čerstvého vzduchu po celé ploše garáže. Minimální podchodná a průjezdná výška bude zajištěna.



Obr. 12) Návrh nuceného větrání v garážích a sklepních kójkách

7.4 Zhodnocení variant a výběr finálního návrhu

Varianta přirozeného větrání není pro tento bytový dům vhodná, ať už z hlediska zajištění nutné výměny vzduchu nebo složitosti návrhu.

Koncept decentrálního rovnotlakého větrání s VZT jednotkou umístěnou na každém nadzemním patře není úplně ideální v tom, že poblíž není žádné instalační jádro, které by nezasahovalo do bytu, proto by se svislé potrubí vedlo u stěny výtahové šachty, aby co nejméně zmenšoval komunikační prostor. Tento problém vzniká i v návrhu s centrální jednotkou na střeše, ale v tomto případě aspoň není nutné v pohledu napojit VZT jednotku.

Z technických listů VZT jednotek plyne, že centrální VZT jednotky mají vyšší účinnost rekuperace než jednotky pro jednotlivé patro či byt. Na druhou stranu taky mají, ale největší akustické zatížení okolního prostředí oproti menším jednotkám.

Jako finální návrh vybírám centrální systém s jednotkou umístěnou na střeše. A to kvůli tomu, že jednotka ačkoli má nejvyšší akustické zatížení, tak tím že je umístěna mimo byty akustický problém není tak značný. Z hlediska ceny se jedná také o

nejekonomičtější řešení. Domnívám se, že vysoká účinnost rekuperace může alespoň trochu snížit energetické nároky tohoto systému.

Pro větrání garáží a sklepních kójí bude zpracován návrh nuceného větrání. Nucený bude přívod i odvod. Přírozenou dodávku venkovního vzduchu nemůžeme využít, protože garáže jsou podzemní a nebylo by možné zajistit přivádění čerstvého vzduchu otvory u podlahy.

Na základě posouzení z HX diagramu je nutné izolovat vzduchovody na střeše, protože by docházelo ke kondenzaci a zkondenzovaná voda by mohla negativně ovlivňovat vlastnosti a funkce okolních stavebních komponentů. Z tohoto důvodu je navrženo zaizolování potrubí na střeše a po celé trase svislého potrubí. V podzemím podlaží bude také provedena izolace potrubí. Izolace ve vodorovných rozvodech v nadzemních patrech není nutná.

8 Varianty požárního větrání objektu

8.1 Přirozené větrání CHÚC

Návrhy dle normy ČSN 73 0802.

8.1.1 CHÚC typ A

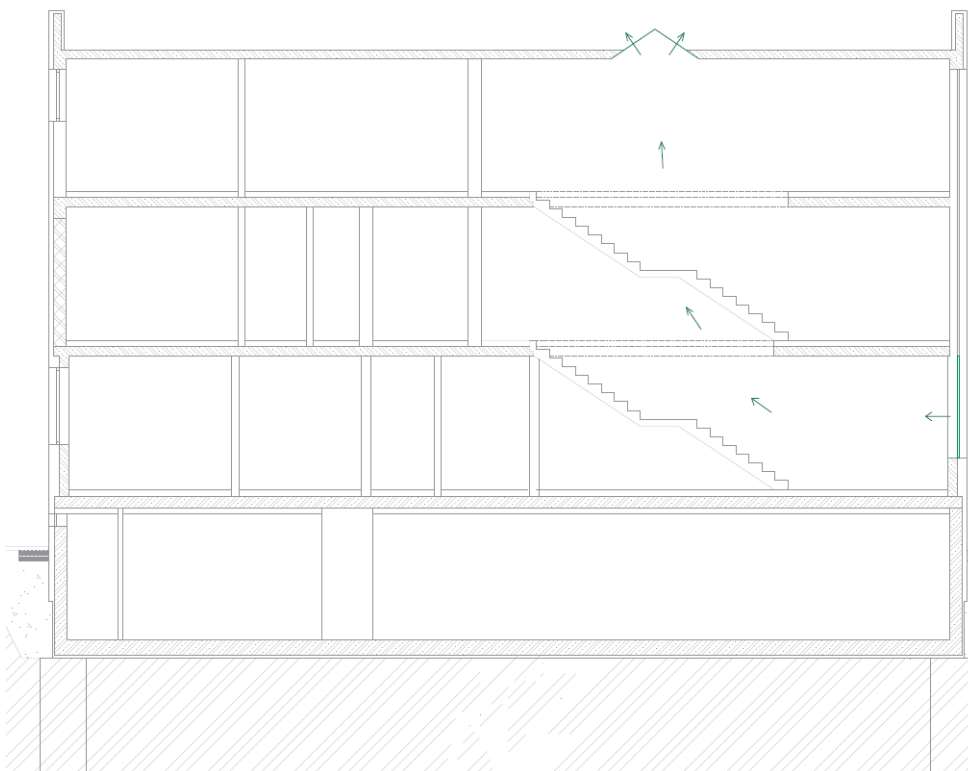
8.1.1.1 Větrání otevíratelnými okny

Jelikož je půdorysná plocha CHÚC větší než 20 m^2 , tak musí být v tomto návrhu zajištěn otevíratelný otvor o ploše minimálně 10 % půdorysné plochy CHÚC v každém nadzemním podlaží. Plocha otvoru tedy musí být $4,1 \text{ m}^2$. Tak velikou plochu otevíratelného otvoru není možné konstrukčně zajistit.

8.1.1.2 Větrání světlíkem a otvorem v 1NP

V nejvyšším místě CHÚC musí být otvor minimálně o ploše 2 m^2 a stejně velký otvor musí být i ve vstupním podlaží tudíž v 1NP.

Do střešního souvrství bude instalován světlík o rozměrech 1×2 metry a v 1NP bude zajištěn přívod vzduchu oknem o stejných rozměrech tedy 1×2 metry.



Obr. 13) Návrh požárního přirozeného větrání

8.1.1.3 Větrání větracími průduchy

Průduchy musí být umístěny v každém podlaží CHÚC. Vývod vzduchu u stropu a přívod u podlahy. Plocha průduchu musí být alespoň 1% podlahové plochy CHÚC. Minimální plocha průduchu je rovna 0,41 m². Průduch pro přívod i odvod vzduchu bude mít velikost 0,7x0,6 metru. Plocha průduchu bude 0,42 m². Tak veliké rozměry průduchu nejsou ideální, proto z tohoto důvodu nebude dále pracováno s tímto návrhem požárního větrání.

8.1.2 CHÚC typ B

Větrání otevíratelnými okny je stejně jako u CHÚC typu A nemožné konstrukčně provést z důvodu příliš velké půdorysné plochy CHÚC.

8.1.2.1 Větrání světlíkem a otvorem v 1NP

Zvětšení plochy otvorů oproti CHÚC typu A se doporučuje o 50 %. Světlík i okno ve vstupním podlaží tedy musí mít 3 m². Prosklená fasáda má šířku pouze 1 m a proto se nedá zajistit otevíratelný otvor o dostatečné ploše.

8.2 Nucené větrání CHÚC

8.2.1 CHÚC typ A

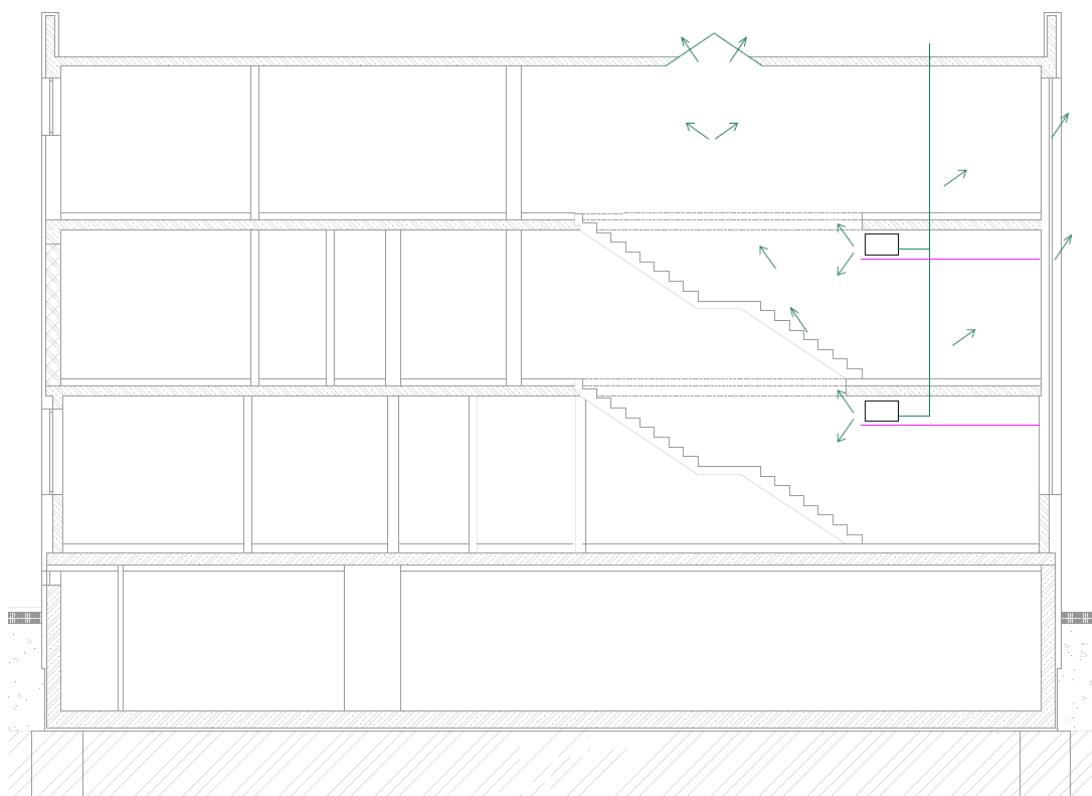
Objem CHÚC je 216 m³. Počítaná intenzita vzduchu je 0,5 h⁻¹. Nucené větrání musí mít množství přiváděného vzduchu alespoň desetkrát větší, než je množství větracího vzduchu za jednu hodinu. Celková hodnota množství větracího vzduchu, kterou ventilátor bude muset dodat je 1080 m³/h.

Ventilátory budou navrženy dva a budou umístěny v podhledu ve vstupním patře a v 2NP. Každý z ventilátorů bude dodávat polovinu množství větracího vzduchu. Dva ventilátory místo jednoho byly zvoleny, protože suma venkovního vzduchu je značná a ventilátory by byly velké a hůře by se skrývaly do podhledu. Spodní ventilátor dodává vzduch pro vstupní patro a ventilátor ve 2NP zajišťuje čerstvý vzduch pro druhé a třetí patro. Odvod vzduchu bude prováděn otvíravými částmi prosklené fasády. Přívod vzduchu by byl zaručen svislým potrubím, které by vyústilo v prostoru nad střechou.

8.2.2 CHÚC typ B, varianta 1

Objem CHÚC je 216 m³. Počítaná intenzita vzduchu je 0,5 h⁻¹. Nucené větrání musí mít množství přiváděného vzduchu alespoň patnáctkrát větší, než je množství větracího vzduchu za jednu hodinu. Celková hodnota množství větracího vzduchu, kterou ventilátor bude muset dodat je 2700 m³/h.

Ventilátory budou navrženy dva a budou umístěny v podhledu ve vstupním patře a v 2NP. Každý z ventilátorů bude dodávat polovinu množství větracího vzduchu. Dva ventilátory místo jednoho byly zvoleny, protože suma venkovního vzduchu je značná a ventilátory by byly velké a hůře by se skrývaly do podhledu. Spodní ventilátor dodává vzduch pro vstupní patro a ventilátor ve 2NP zajišťuje čerstvý vzduch pro druhé a třetí patro. Odvod vzduchu bude prováděn otvíravými částmi prosklené fasády a aeračním světlíkem umístěným ve střešním souvrství. Přívod vzduchu byl zaručen svislým potrubím, které bylo vyústilo v prostoru nad střechou.

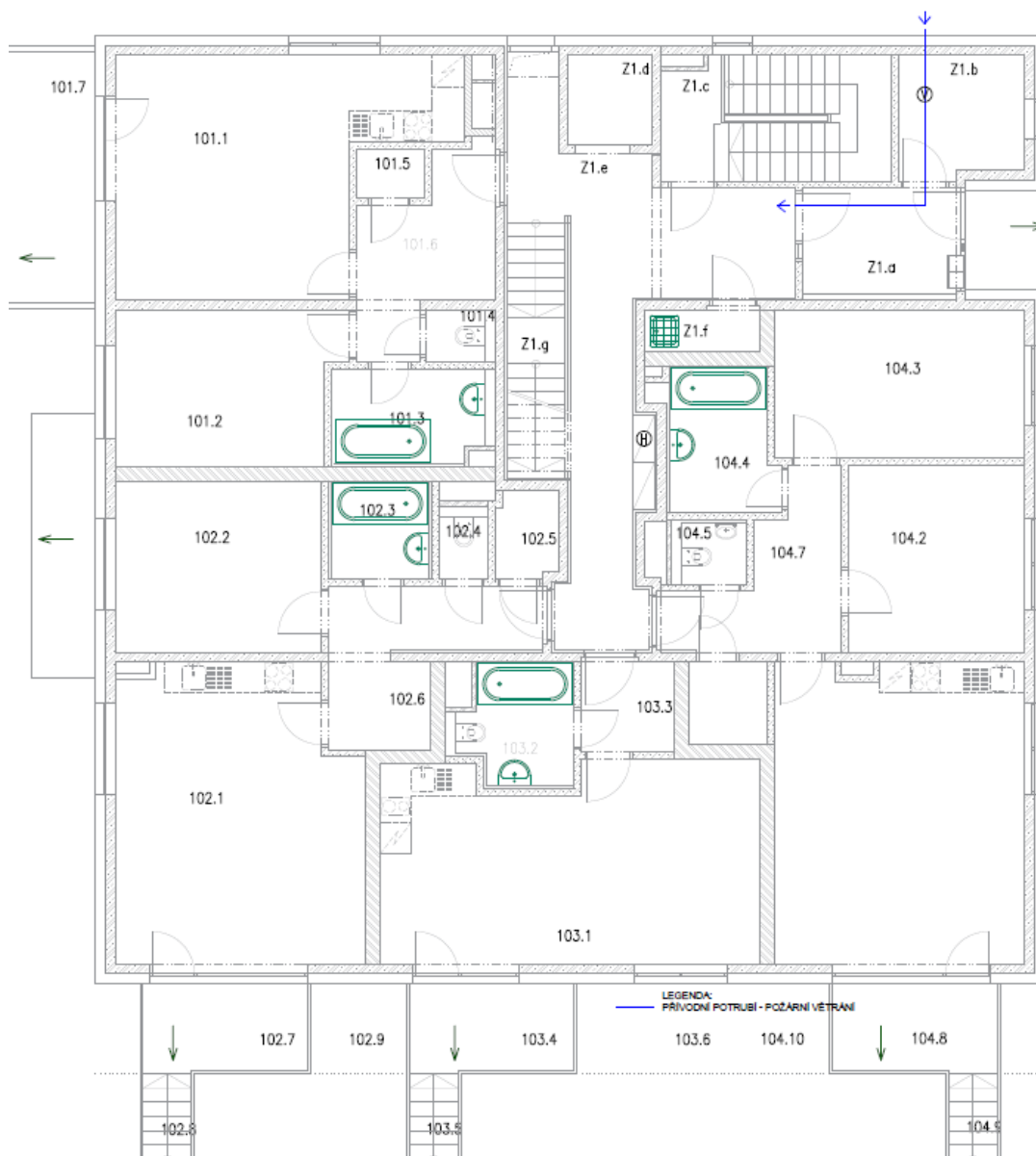


Obr. 14) Návrh požárního větrání s nuceným přívodem vzduchu ventilátory

8.2.3 CHÚC typ B, varianta 2

Tato varianta je rozdílná oproti té první v tom, že by návrh počítal pouze s 1 ventilátorem umístěným v 1NP, který by dodával 2700 m³/h čerstvého vzduchu. Přívod vzduchu do ventilátoru by byl zajištěn vzduchovodem, který by ústilo na fasádě objektu v 1NP. Odvod vzduchu by byl opatřen pomocí otevíravých otvorů v prosklené fasádě a pomocí aeračního světlíku umístěného ve střešním souvrství.

V průběhu práce na návrhu jako ideálnější řešení tento návrh s jedním větším ventilátorem s přívodem vzduchu z fasády v 1NP, než dvěma menšími ventilátory, kdy by byl přívod vzduchu zajištěn svislým potrubím skrz celý objekt. A to z důvodu menšího množství prostupů skrz nosnou konstrukci budovy.



Obr. 15) Návrh požárního větrání s nuceným přívodem vzduchu ventilátorem

8.3 Zhodnocení variant a výběr finálního návrhu

Na základě předchozích informací se výběr zúžil na jeden návrh přirozeného větrání, který by z CHÚC vytvořil CHÚC typu A. Přirozené větrání je méně efektivní oproti nucenému větrání, přesto že návrh se světlíkem a otvorem ve vstupním podlaží je ze všech způsobů přirozeného větrání ten nejúčinnější, a to díky komínovému efektu. Tento návrh je nejlevnější, ale pro bezpečnost residentů při úniku z budovy ten nejvíce rizikový.

Další tři návrhy přivádí vzduch do prostoru CHÚC nuceně. Koncept, který dodává o třetinu méně větracího vzduchu zavrhuji z toho důvodu, že by se stále jednalo o CHÚC typu A, kdy je bezpečný pobyt osob, deklarován normou, stále pouze 4 minuty. Aby se docílilo tohoto požadovaného limitu, musely by se zakoupit

ventilátory, a to už by byla finančně výhodnější první varianta využívající přirozené větrání.

Variantu 1 pro CHÚC typu B zavrhuji z toho důvodu, že přivádějící vzduchovod by bylo nutné otvory provést skrze střechu a stropy v třetím, druhém a prvním patře.

Varianta 2 pro CHÚC typu B je výhodnější z hlediska délky vzduchovodu přivádějící čerstvý vzduch a minimalizace otvorů v nosné konstrukci. Zároveň bezpečnost při úniku osob z budovy bude vyšší než v možnostech útěku skrze CHÚC typu A. Nasávání čerstvého venkovního vzduchu je provedeno na fasádě v prvním nadzemním podlaží. V návrhu je pohlídán odstup přívodu vzduchu od oken, aby nedocházelo k případnému nasávání kouře z místností, kde může vypuknout požár. Jedná se o místnosti Z1.b nebo Z1.c. Odstup od oken je minimálně 3 metry. Tuto variantu hodnotím jako nejvhodnější.

Všechny vstupní dveře do jednotlivých bytů by byly požárně odolné a kouřotěsné. Spuštění požárního větrání by bylo možné pomocí tlačítek, které by byly v každém nadzemním podlaží. Ke spuštění by bylo nutné zmačknutí. V případě vypuknutí požáru v noci nebo i ve dne, kdy obyvatelé bytového domu spí nebo jsou v práci, budou v podhledu nainstalována kouřová čidla, která zachytí vznik požáru a automaticky zapnou požární větrání. Celý systém požárního větrání by měl svůj vlastní záložní elektrický zdroj. Tato baterie má za účel napájení systému a umožnění jeho funkce během požáru, kdy je celý objekt bez dodávky elektrického proudu. Vznikající přetlak v CHÚC je redukován pomocí aeračního světlíku, který je situován v nejvyšším bodě CHÚC, a to ve střešním souvrství. Otevření světlíku je provedeno automaticky, právě v tom momentě, kdy se spustí systém požárního větrání. Přívodní potrubí bude požárně izolováno v místnosti Z1.b, protože místnost je jiným požárním úsekem. Do místnosti Z1.a je dodáván přívodní vzduch skrze dveře bez prahu a mřížku ve stěně.

Analýza a výběr finální varianty pro větrání CHÚC se zakládá na tom, že neznáme a nemáme dostupné požárně bezpečnostní řešení stavby, proto byla volba systému, který se naprojektuje, čistě na projektantovi technických zařízení budov.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce byla studie jednotlivých okolností ovlivňujících větrání bytového domu. Dále se porovnaly jednotlivé možnosti systémů větrání. Na základě těchto faktorů majících vliv na varianty větrání jsem provedl výběr vhodného řešení.

Bylo navrženo řešení větrání pro bytové jednotky, garáž a sklepy i požární větrání CHÚC. Tím, by měly být pokryty všechny prostory, kterým je nutné v bytovém domě dodávat čerstvý vzduch a zajistit dostatečnou intenzitu výměny vzduchu nebo zajistit bezpečnost osob při úniku z budovy během požáru.

Pro větrání jednotlivých bytů a jejich obytných prostor bylo zvoleno řešení, které je z mého pohledu nejefektivnější a levnější (odkaz na cenové porovnání centrálního a decentrálního systému: <https://vetrani.tzb-info.cz/prumyslova-vzduchotechnika/12560-centralni-vs-decentralni-vzduchotechnicke-systemy>) a za jistých okolností (využití SMART boxů) i nejvíce příhodné pro nastolení pohody uživatelů. Větrání v podzemním patře je zpracováno také jako podtlakové s nuceným přívodem i odvodem. Důvody zvolení této varianty jsou nemožnost nebo velká složitost zajištění přirozeného přívodu čerstvého vzduchu do garáže a sklepních kójí. Pro požární větrání byl navržen systém, který je nejvíce bezpečný v případě požáru. Jedná se o systém s nucenou dodávkou venkovního vzduchu a světlíkem ve střešním souvrstvím pro zefektivnění komínového efektu.

Všechny zvolené koncepty byly převedeny do podoby projektové dokumentace.

10 Použitá literatura a jiné zdroje

- [1] ZMRHAL, V., DRKAL, F., a ŠIMÁNEK, V., *Koncept větrání*, [online] [cit. 2023-08-03]. Dostupné z: https://www.ckait.cz/sites/default/files/koncept_vetrani.pdf. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí.
- [2] *EPA United States Environmental Protection Agency: The inside story: The guide to indoor air quality*, [online] [cit. 2023-08-03]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/inside-story-guide-indoor-air-quality#concerns>
- [3] *EPA United States Environmental Protection Agency: The inside story: The guide to indoor air quality*, [online] [cit. 2023-08-03]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>
- [5] ZMRHAL, V., *Hygienické hodnocení škodlivin ve vnitřním ovzduší a návrh větrání*, [online] [cit. 2023-15-04]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/VVI-2013-03_p098.pdf
- [6] *TZB – info: Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu* [online]. [cit. 2023-15-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [7] *TZB – info: Jaká je správná koncentrace CO₂ ve zdravé budově?* [online]. [cit. 2023-15-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/17612-jaka-je-spravna-koncentrace-co2-ve-zdrave-budove>
- [8] *TZB – info: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1* [online]. [cit. 2023-15-03]. 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>
- [9] *Eurorevit: Technické zařízení budov* [online]. [cit. 2023-18-03]. Dostupné z: <http://www.eurorevit.cz/tzb>
- [10] *Aerolux: Světliky* [online]. [cit. 2023-25-03]. Dostupné z: <http://www.aerolux.cz/produkty/svetliky/>
- [11] *TZB – info: Způsoby větrání bytových domů, jejich výhody a nevýhody* [online]. [cit. 2023-25-03]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#3>
- [12] *TZB – info: Systémy větrání obytných budov* [online]. [cit. 2023-20-03]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [13] *TZB – info: Bytové větrání trochu jinak* [online]. [cit. 2023-20-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2743-bytove-vetrani-trochu-jinak>
- [14] *TZB – info: Požární větrání chráněných únikových cest, navrhování a některé problémy* [online]. [cit. 2023-20-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni->

bezpecnost-staveb/7575-pozarni-vetrani-chranenych-unikovych-cest-navrhovani-a-
nektre-problemy

[15] ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty

11 Seznam příloh

Příloha č.1: Výpočty větracího vzduchu, tlakových ztrát potrubí a dimenze potrubí

Příloha č.2: Technická zpráva

Příloha č.3: Projektová dokumentace

Příloha č.4: Technické listy

12 Seznam obrázků

Obrázek 1	Provětrávání otevíratelnými okny [1]	18
Obrázek 2	Aerační světlík [10]	18
Obrázek 3	Šachtové větrání s hlavicemi [11].....	19
Obrázek 4	Centrální systém nuceného podtlakového větrání [12].....	20
Obrázek 5	Lokální systém nuceného podtlakového větrání [12]	21
Obrázek 6	Lokální sys. nuc. rovnotlakého větrání, VZT j. pro každý byt [1] ..	22
Obrázek 7	Centrální systém nuc. rovnotlakého větrání, VZT j. pro celý BD [1] ..	23
Obrázek 8	Hybridní systém větrání se samoodtahovou hlavicí [12].....	25
Obrázek 9	Návrh lokálního rovnotlakého systému větrání	32
Obrázek 10	Návrh centrálního rovnotlakého systému větrání	33
Obrázek 11	Návrh decentrálního rovnotlakého systému větrání	34
Obrázek 12	Návrh nuceného větrání v garážích a sklepních kójiích	36
Obrázek 13	Návrh požárního přirozeného větrání	38
Obrázek 14	Návrh požárního větrání s nuc. přívodem vzduchu ventilátory	40
Obrázek 15	Návrh požárního větrání s nuc. přívodem vzduchu ventilátorem	41

13 Seznam tabulek

Tabulka 1	Požadavky na větrání obytných budov podle ČSN EN 15665/Z1 [8]	13
-----------	---	----