

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VĚTRÁNÍ BYTŮ S OHLEDEM NA SNÍŽENÍ
ŠÍŘENÍ ŠKODLIVIN**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala:

Jana Tetíková

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Tetíková Jméno: Jana Osobní číslo: 468455

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění bytového domu

Název diplomové práce anglicky: Heating system of the apartment building

Pokyny pro vypracování:

Projekt vytápění zadané budovy bytového domu

Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh trasy soustavy vytápění, návrh dimenzí rozvodů, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorysy, svislý řez, řešení technické místnosti

Studie na téma Větrání bytů s ohledem na snížení šíření škodlivin

Seznam doporučené literatury:

Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7

ČSN EN 12831 -1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.

ČSN EN 12828 A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav.

Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24.9.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2022

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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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 diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 28.12.2021

.....

Jana Tetíková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalu Kabrhelemu, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady, připomínky a pomoc při vypracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině, přítelovi a přátelům za podporu a trpělivost, kterou mi projevíli při vypracování této diplomové práce, ale také v průběhu celého studia.

Abstrakt

Tato práce se věnuje aktuální problematice zajištění správného větrání, které by vedlo ke snížení rizika šíření škodlivin a virových onemocnění v bytových objektech, aktuálně především snížení rizika přenosu onemocnění COVID-19.

Práce porovnává dvě varianty návrhu větrání jednoho typického bytu, jež by obývala čtyřčlenná domácnost, a ukazuje srovnání energetické náročnosti bytu při použití klasického větracího systému a systému s mnohem vyšší násobností výměny vzduchu, která by snížila riziko přenosu škodlivin a virových onemocnění.

Klíčová slova

Větrání, bytový objekt, škodliviny, viry, COVID-19, snížení rizik

Abstract

This work focuses on current issues of proper ventilation, which would result in reducing the risk of spreading pollutants and viral diseases in residential buildings, currently primarily to reduce the risk of disease transmission COVID -19.

The work compares two variants of ventilation design of one typical apartment, which would be inhabited by a four-member household and shows a comparison of energy intensity of the apartment using a conventional ventilation system and a system with much higher air exchange rate, which would reduce the risk of transmitting pollutants and viral diseases.

Key words

Ventilation, residential buildings, pollutants, viruses, COVID-19, risk reduction

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Vnitřní prostředí.....	3
2.1	Znečišťující látky a vliv na lidské zdraví	4
2.2	Vnitřní zdroje znečišťujících látek	5
2.2.1	Mikrobiologické zdroje.....	5
2.2.2	Stavební materiály, vybavení bytu.....	6
2.2.3	Plynné škodliviny	7
2.2.4	Činnosti ve vnitřním prostředí	9
2.2.5	Choroboplodné zárodky.....	11
2.3	Šíření virových onemocnění.....	11
3	COVID – 19.....	11
3.1	Původce onemocnění	12
3.2	Přenos viru.....	12
3.2.1	Způsoby přenosu.....	12
4	Větráním proti virům	14
5	Doporučení pro snížení rizika přenosu virů.....	15
5.1	Navýšení přívodu a odvodu vzduchu	15
5.2	Větrání okny	15
5.3	Zvlhčování a klimatizace bez účinku	15
5.4	Bezpečné použití rekuperace tepla	16
5.5	Recirkulace zakázána	16
5.6	Čističky vzduchu	16
5.7	Použití filtrů.....	16
5.8	Čištění potrubí	17

5.9	Monitorování vnitřního ovzduší	17
5.10	Bezpečnostní postupy pro personál údržby	18
6	Návrh systému větrání bytu	18
6.1	Varianta 1	19
6.2	Varianta 2	21
7	Energetické zhodnocení obou variant	23
7.1	Opatření pro snížení výkonu.....	25
8	Závěr	26
9	Seznam obrázků	27
10	Seznam tabulek	27
11	Seznam grafů.....	27
12	Seznam použité literatury	28
13	Přílohy	30

1 Úvod

V dnešní době se potýkáme s virovým onemocněním COVID-19, které zasáhlo celý svět. Virus postihuje všechny věkové kategorie, od malých dětí až po seniory. A právě starší lidi a chronicky nemocné tato choroba postihuje nejvíce a vyvolává u nich těžký průběh nemoci, jež může končit až smrtí.

Jelikož je tento typ koronaviru zcela nový, není zdaleka tak zmapovaný a stále nás překvapuje. Vznikají nové mutace, které jsou nakažlivější a rychleji se šíří. Což má za následek nekonečné systémy omezení našich životů, jež je nutné dodržovat, aby se zabránilo šíření tohoto onemocnění.

Tyto restriktce a omezování svobody lidí ale nelze vyhlášovat donekonečna, ať už kvůli ekonomickému hledisku či pouze z hlediska psychiky lidí, kteří tímto omezením trpí.

Podobná onemocnění a hrozby epidemií nás budou nejspíše provázet i v budoucnu, a není tedy možné se spoléhat pouze na vládní opatření. Jednou z možností, jak se pokusit snížit riziko přenosu virových onemocnění, aktuálně onemocnění COVID-19, je například zajistit zdravé kvalitní vnitřní prostředí prostřednictvím větrání, které snižuje šíření i jiných zdraví škodlivých látek, jako je oxid dusíku, prach, formaldehyd a jiné.

Problematikou zajištění zdravého a dobře větratelného vnitřního prostředí bychom se měli zabývat téměř všude, nejdůležitějším prostředím jsou veřejné budovy, např. v administrativních budovách, nemocnicích, školách, obchodních centrech, restauracích a neměli bychom zapomínat ani na obytné budovy, ve kterých aktuálně trávíme nejvíce času, nejen z důvodu vládních opatření, kvůli nimž někteří lidé nemohou do práce nebo děti do škol, ale také s vyhlídkou budoucnosti více podporovaných home officů či dálkových studií a také nařizovaných karantén s ohledem na ostatní členy domácnosti a další.

2 Vnitřní prostředí

Zajištění kvalitního vnitřního prostředí budov je velmi důležitým faktorem. Ve vlastním bytě trávíme kolem 10 až 12 hodin denně, v současné době jsme ale nuceni trávit čas doma skoro celý den. A právě vnitřní prostředí má obrovský vliv na kvalitu našeho života,

především kvalita vnitřního vzduchu (IAQ¹). Vzduch je nedílnou součástí našeho života a špatná kvalita vzduchu může mít velmi negativní dopady na lidské zdraví. V objektech, kde trávíme čas, je proto potřeba zajistit zdravý čistý vzduch bez škodlivin. [12]

Znečištění vnitřního vzduchu je v posledních letech naléhavějším problémem kvůli výstavbě energeticky úsporných budov. Nové budovy se stavějí více vzduchotěsné, což má za následek, že vnitřní vzduch může rychleji stagnovat a úroveň škodlivin rychleji stoupá. [14]

Za škodliviny jsou považovány látky, které svou přítomností v určité koncentraci poškozují zdraví člověka. Znečišťující látky, jež se v ovzduší nacházejí, mají hmotnou povahu nebo je tvoří plyny a páry. Mezi nejdůležitější opatření k zamezení či snížení výskytu škodlivin ve vzduchu patří důsledné větrání vnitřních prostor. [11], [13]

2.1 Znečišťující látky a vliv na lidské zdraví

Snížení výměny vzduchu v budovách vyvolalo jev známý jako „syndrom nemocných budov“ neboli SBS². Tento jev je běžně způsoben špatně udržovanou kombinací ventilace a klimatizace, což vede ke zvyšování koncentrace znečišťujících látek, zvýšení teploty a vlhkosti v budovách.

Čím déle se budeme v budovách s tímto syndromem vyskytovat, tím více se nám budou zhoršovat příznaky s tímto syndromem spojené. Mezi nejčastější příznaky patří:

- bolesti hlavy,
- ucpané dutiny nebo rýma,
- kožní vyrážky,
- svědění a pálení očí,
- ospalost, snížení koncentrace,
- obtížné dýchání, alergie.

Po opuštění budovy se příznaky zlepšují či téměř vymizí. Ovšem dlouhodobé vystavení těmto škodlivinám v budovách může mít za následek vznik chronických nemocí či

¹ IAQ = Indoor Air Quality

² SBS = Sick Building Syndrome

větších zdravotních komplikací včetně rakoviny (tabákový kouř, formaldehyd, radon, ...). [14]

2.2 Vnitřní zdroje znečišťujících látek

2.2.1 Mikrobiologické zdroje

Prašné částice

V ovzduší jsou pozorovány kromě plyných škodlivin také škodliviny pevné – prachové částice PM_{2,5} (velikost <2,5 μm) a PM₁₀ (velikost <10 μm), jejichž hlavním zdrojem je venkovní vzduch proudící dovnitř. Prach vzniká rozkladem a rozpadem anorganických i organických látek a nebezpečný je v tom, že na sebe váže látky znečišťující ovzduší. Koncentrace prašných částic jsou vyšší v zimě (topná sezóna – spalování) než v létě, vykazují sezónní variabilitu. Dle výsledků z průzkumu bylo měření v létě na 99 % pod hranicí doporučených hodnot, naopak tomu bylo na podzim (68 %) a v zimě (72 %).

Částice o velikosti pod 5 μm se nazývají tzv. respirabilní frakce prachu a pronikají do dýchacích cest a do plicních sklípků. Tyto částice patří mezi nejškodlivější (velikost 0,1 – 5 μm).

Do prachových částic řadíme např. běžný prach, dým, kouř tabákový, kouř průmyslový, saze, mlhu, ale dokonce i bakterie, viry a další. Mezi účinné způsoby odstraňování prachových částic patří lokální odsávání, celkové větrání a filtrace vzduchu. [11], [15]

Roztoči

Vnitřní prostředí podporuje množení roztočů. Při teplotách kolem 25 °C a vlhkosti mezi 74–80 %, která je spojena s výskytem plísní, byl pozorován nárůst kolonií roztočů domácího prachu. Nejlepším způsobem v boji proti roztočům je navržení správného větrání místností. [15]

Plísně

Plísně jsou mikroskopické houby, které rostou ze spor (rozmnožovací částice), tam, kde je dostatek vlhkosti. Spóry jsou velmi malé, lehké a vzduchové částice je lehko zachytí a unášejí na velké vzdálenosti.

Plísně mohou růst venku i vevnitř. Ve vnitřních prostorech rostou na zdech a různých površích. Pro svůj výskyt potřebují určitou koncentraci vlhkosti na površích a daří se jim nejvíce v zimních měsících a vlhčím podnebí.

Plísně uvolňují do ovzduší řadu nebezpečných toxinů a mohou způsobit mnoho různých příznaků u lidí jakéhokoliv věku, především u těch, kteří mají kožní problémy, dýchací potíže nebo oslabený imunitní systém. [14], [16]

Účinným větráním a snížením vlhkosti vzduchu lze tvorbě plísní zamezit.

2.2.2 Stavební materiály, vybavení bytu

Stavební materiály

U novostaveb a rekonstrukcí by se mělo dbát na ohlídání dostatečného odvětrání všech látek, které se mohou ze stavebních materiálů uvolňovat. Mezi takové látky patří široké spektrum organických látek používaných v různých nátěrech (**VOC**³ - rozpouštědla, čpavek, plastifikátory, stabilizátory, prostředky pro povrchovou úpravu dřeva a mnoho dalších). Nutností je dokonalé odstranění prachových částic a zbytků po stavbě či rekonstrukci (nezapomínat na sanaci azbestového materiálu). [12], [15]

Těkavé organické sloučeniny (VOC)

Těkavé organické sloučeniny pocházejí z emisí, ze stavebních a dokončovacích materiálů, včetně koberců, lepidel, barev a celkově i z vybavení bytů (kopírky, ...) a mohou být i vedlejším metabolickým produktem (lidé, rostliny, ...). Koncentrace VOC je vyšší uvnitř než venku a intenzita větrání ovlivňuje úbytek těchto škodlivých sloučenin.

Při vysokých koncentracích VOC mohou být vznikající nepříjemné pachy zodpovědné za poruchy dýchání a zvracení. V obytných budovách budou koncentrace nižší než v průmyslových budovách, ale vliv na lidské zdraví mají stále. [15]

³ VOC = volatile organic compound, v překladu těkavé organické sloučeniny

Vybavení bytu

Každý byt je vybaven nábytkem, spotřebičem, elektronikou, záclonami, lůžkovinami, designovými prvky (obrazy, obklady, tapety, ...) a je potřeba, aby se vybavení bytu tzv. „usadilo“. U starších nábytků byly používány fenol-formaldehydové pryskyřice a byly tak významným zdrojem **formaldehydu**, ze kterého se vyrábí stále mnoho používaných materiálů (lepidla, izolace, koberce, textil, chemikálie – nátěry, pěny, barviva, stabilizátory, konzervace, ...). K odstranění škodlivých látek je vhodné nový textil před použitím přeprat, nové spotřebiče by se měly nechat tzv. „vypálit“ a zároveň dostatečně odvětrat místnost. S odvětráním prostor souvisí i použití lakovaných, impregnovaných a dalších výrobků obsahující formaldehyd. [12]

Formaldehyd

Formaldehyd je bezbarvý, vysoce chemicky reaktivní a vysoce hořlavý nejjednodušší aldehyd (organická sloučenina). Má extrémně štiplavý zápach a ve vzduchu se rozkládá na oxid uhelnatý a kyselinu mravenčí. Může být vdechován, ale i absorbován kůží. Pro lidské tělo je nebezpečný a způsobuje podráždění očí, nosu a krku. Formaldehyd byl *Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny* prohlášen karcinogenem pro člověka. [15]

2.2.3 Plynné škodliviny

Vlhkost vzduchu

Při současné modernizaci výstavby a utěšňování obálek budov je nutné kontrolovat vlhkost vzduchu, která se ve snaze udělat budovy energeticky efektivnější zvyšuje. Vlhkost vzduchu ovlivňuje svým působením množství alergenů, patogenů a škodlivých chemikálií, především pro rozmnožování a vznik plísní je vyšší vlhkost vzduchu „rájem na zemi“. [15]

Ke snížení vodní páry ve vzduchu je nejvýhodnější lokální odsávání vzduchu přímo v místě jejich vzniku a celkové větrání.

Zápachy

Zápachy (odéry) se řadí mezi plynné škodliviny a jsou příčinou zhoršení jakosti vzduchu v místnostech. Jejich posuzování je ovšem na základě koncentrace nemožné.

V obytných budovách se vyskytuje jako nejčastější zdroj zápachů kuchyně (vaření), toalety, kouření cigaret atd. K jejich odstranění stačí správně větrat, filtrovat vzduch v místnosti a někdy pomůže rozstříkávání vonných látek. [11]

Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu, jež je součástí zemské atmosféry a vzniká při spalování fosilních paliv spolu s oxidem uhelnatým a vodní párou. Zároveň patří oxid uhličitý k produktu při procesu dýchání a **hlavním zdrojem je člověk**. Se zvyšující se koncentrací oxidu uhličitého se zvyšuje i množství vodní páry v ovzduší a tím i relativní vlhkost vzduchu.

Příliš vysoká koncentrace CO₂ má negativní dopad na lidské zdraví v podobě bolesti hlavy, závratě, nevolnosti nebo únavy. Pro zlepšení kvality vnitřního vzduchu je důležitým prvkem ředění koncentrace CO₂ pomocí účinného větrání, mj. se často používá jako ukazatel znečištění ovzduší k regulaci větracích systémů. Nejvyšší doporučená koncentrace CO₂ ve vnitřních prostorách by neměla přesáhnout hodnotu 1500 ppm⁴ (čehož lze dosáhnout při výměně vzduchu cca 25 m³/h na osobu) dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. [15], [19]

Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je plynnou škodlivinou vznikající nedokonalým spalováním zejména fosilních paliv, v dopravě, ve spalovacích přístrojích, a dokonce i při kouření tabáku. Pro lidské zdraví je vysoce nebezpečný z důvodu nevratné vazby na hemoglobin v krvi místo kyslíku. [17]

Oxid siřičitý

Oxid siřičitý také vzniká procesem spalování fosilních paliv, tavením nerostných surovin i při jiných průmyslových činnostech. Pro člověka je nebezpečný, protože dráždí horní cesty dýchací až k tvorbě otoku plic, poškozují oči a může způsobovat i otravy krve. [17]

⁴ ppm = parts per million, v překladu částice na milion

Oxidy dusíku

Nejvýznamnějším oxidem dusíku je oxid dusičitý vznikající v přírodě činností sopek, bakterií a také lidskou činností při spalování fosilních paliv a spalováním v motorech. Oxid dusičitý také ovlivňuje funkci plic a napadá funkci centrální nervové soustavy. [17]

Radon

Radon patří do plyných škodlivin, jeho hlavní vlastností je, že je zcela bez zápachu a barvy. Je to plyn, který prosakuje půdou a dostává se do ovzduší. Ve vnějším prostředí nás koncentrace radonu většinou neohroží, ale při průniku do uzavřeného prostoru, budovy se nemůže rozptýlit a jeho koncentrace neustále roste. Česká republika patří do zemí s nejvyšší průměrnou koncentrací radonu v bytech na světě (průměrná objemová aktivita radonu v ČR - 120 Bq/m³).

Při rozkladu radon vyzařuje do svého okolí záření, které se může vázat na prachové částice a díky nim pronikat do plic a způsobit zdravotní komplikace. Radon v lidském těle ozařuje plicní tkáň a vzniká zvýšené riziko rakoviny plic. V kombinaci s tabákovým kouřem se riziko rakoviny plic značně zvyšuje. U kuřáků může být riziko vzniku rakoviny plic až šestkrát vyšší než u nekuřáka.

Radon se svým působením na lidské zdraví řadí mezi nejškodlivější látky a je třeba věnovat pozornost snižování jeho koncentrace pomocí účinného větrání budov. [14], [15], [18]

2.2.4 Činnosti ve vnitřním prostředí

Úklid

Údržba vnitřního prostředí s sebou přináší používání úklidových prostředků – tzv. bytové chemie. Mezi bytovou chemii můžeme zařadit čisticí, dezinfekční, deodorační a ošetřující prostředky, prací, čisticí a ošetřující prostředky na textilie, obuv, prostředky na nábytek, prostředky pro osobní hygienu, kosmetiku apod. Mnoho z těchto prostředků ale obsahuje spoustu chemikálií, které zatěžují svým působením vnitřní prostředí a jsou škodlivé pro lidské zdraví, např. při vdechnutí nebo působením na kůži. Je zapotřebí sledovat složení těchto prostředků a omezit jejich užívání.

Typickým příkladem nebezpečných chemikálií je např. alkohol, chlór, čpavek nebo rozpouštědla na bázi ropy. Tyto chemikálie mohou dráždit oči, krk nebo způsobit bolesti hlavy.

Některé prostředky uvolňují těkavé organické sloučeniny (VOC), jež přispívají k respiračním potížím (aerosolové spreje, chlorové bělidlo, čističe koberců apod.). Velice nebezpečné je chlоровé bělidlo, které při kontaktu s kyselým čističem, jako je čpavek nebo ocet, může vytvořit plynný chlór, jež může způsobit dokonce i smrt. [12], [20]

Při použití těchto čisticích prostředků je nejlepším řešením prostory dobře vyvětrat.

Vaření, vytápění, ohřívání

Každá kuchyň by měla být dobře odvětrána, jelikož při špatném větrání může způsobit obrovské znečištění ovzduší v domácnosti. Domácnosti, které používají plynové sporáky při vaření, ale i instalace dalších spotřebičů, jako je kárma, bojler nebo krb, vypouštějí do ovzduší toxické plyny, mezi něž patří oxid uhelnatý, uhličitý, oxid dusičitý nebo siřičitý, jež vznikají při spalování fosilních paliv. Tyto toxické plyny jsou pro lidské zdraví nebezpečné.

Do kuchyňských prostor, ale i do místností, kde jsou instalovány spotřebiče spalující paliva, je vhodné instalovat kvalitní ventilátory nebo digestoře (kuchyně) pro odvod škodlivého vzduchu nebo zajistit větrání okny při jejich absenci. [14], [20]

Tabákový kouř

Tabákový kouř se řadí mezi hlavní příčiny znečištění vnitřního ovzduší. Kouření způsobí ročně milionovou úmrtnost lidí. Ať už jste kuřák, či ne, inhalace cigaretového kouře je velmi škodlivá pro děti, zvyšuje riziko těžkého astmatu a akutních respiračních onemocnění.

Cigaretový kouř obsahuje mnoho karcinogenů a chemických látek, které způsobují rakovinu, a také mnoho různých chemikálií, které lidské tělo nepotřebuje. [14]

2.2.5 Choroboplodné zárodky

Vzduch obsahuje choroboplodné zárodky, mezi něž patří bakterie, viry, plísně aj., v uzavřených místnostech, převážně tam, kde se koncentruje větší počet osob. Tyto zárodky mají vliv na lidské zdraví a způsobují lehká až závažná onemocnění podle míry rizika infekce.

Choroboplodné zárodky se mohou vyskytovat pouze na usazených nosičích, např. na prachových částicích, kapénkách atd. K jejich odstranění ze vzduchu je třeba intenzivního větrání a filtrace vzduchu, vzduch se dá také chemicky nebo fyzikálně dezinfikovat, např. ultrafialovým paprskem. [11]

V současné době se celý svět potýká s virovým onemocněním COVID-19, které se do těchto choroboplodných zárodků řadí, a víc než kdy dříve je důležité se věnovat způsobům, jež by snížily riziko šíření tohoto onemocnění. **Právě toto onemocnění patří mezi hlavní témata obsahu této práce.**

2.3 Šíření virových onemocnění

Virová onemocnění se nejčastěji šíří vylétáváním infikovaných kapének při mluvení, kašláním nebo kýcháním. Zdrojem často bývá člověk, zvíře nebo plísň. Nejčastěji se virové infekce šíří kapénkami přímo na vzdálenost od 1 – 1,5 m skrze vzduch a vdechnutím se dostávají do lidského organismu. Dále se mohou šířit skrze kontaminované povrchy nebo předměty v závislosti na velikosti kapének.

Většinou zasahují horní a dolní cesty dýchací.

Mezi nejvíce se vyskytující virová onemocnění patří mononukleóza, plané neštovice, spalničky, zarděnky, příušnice a také akutní respirační onemocnění, jako je chřipka, rhinoviry, koronaviry a další.

Nejllepší prevencí je zabránit vzdušné nákaze. [10]

3 COVID – 19

Na konci roku 2019 v Číně byly hlášeny první případy série zápalů plic nejasného původu. Nebyl znám ani způsob přenosu. První případy se vyskytly u lidí, kteří navštívili či pracovali na trhu ve Wu-chanu, hlavním městě čínské provincie Chu-pej. Na trhu se prodávaly a zpracovávaly mořské ryby, plody, kuřata, netopýři a další. Ohnisko se ale rychle

rozšířilo do ostatních oblastí Číny a následně se nemoc začala šířit napříč kontinenty a dne 11. března 2020 WHO⁵ prohlásila šíření koronaviru za celosvětovou pandemii. [1]

Primární zdroj koronaviru nebyl v současnosti ještě přesně identifikován, nejspíše to byl zvířecí zdroj. Aktuálně je zdrojem šíření koronavirové nákazy člověk. [1]

3.1 Původce onemocnění

Koronaviry se řadí do rodiny obalených RNA virů, které byly objeveny už v 60. letech minulého století. Patří do řádu *Nidovirales* a většina se vyskytuje mezi zvířaty, nejvíce mezi netopýry.

Koronaviry způsobují primárně onemocnění respiračního a trávicího traktu lidí, ptáků a savců.

V posledních 20 letech byly zaznamenány tři nové koronaviry, které způsobují onemocnění u lidí: SARS-CoV (2002), MERS-CoV (2012) a aktuálně SARS-CoV-2 (2019). [1]

3.2 Přenos viru

SARS-CoV-2 je respirační virus a přenáší se do organismu pomocí kapének skrze sliznice nosu, úst nebo oční spojivkou. Je velmi snadno přenosný z člověka na člověka při blízkém kontaktu.

Od začátku pandemie bylo zaznamenáno už několik mutací viru SARS-CoV-2, některé jsou více nakažlivé a rychleji se šíří než vir původní. [1]

3.2.1 Způsoby přenosu

Kontakt a přenos kapénkami

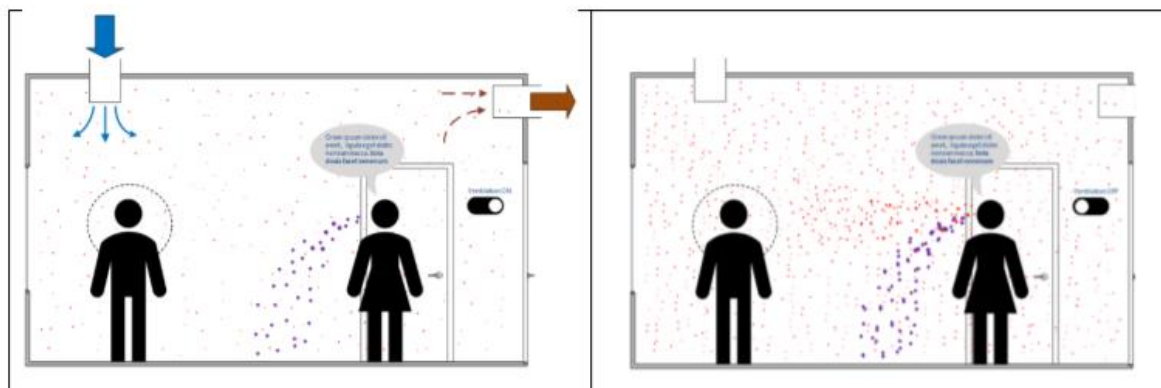
Přímý nebo nepřímý kontakt s infikovanou osobou v okruhu 1 m prostřednictvím infekčních sekretů (sliny) nebo respiračních sekretů (kašel, kýchání, mluvení atd.). [1]

⁵ World Health Organization, v překladu Světová zdravotnická organizace

Přenos vzduchem (airborne transmission)

Šíření pomocí rozsevu infekčních aerosolů, vznášejících se ve vzduchu na velké vzdálenosti po dlouhou dobu.

Právě špatnou ventilací může docházet k šíření infekčního aerosolu viz. obr. 1. [1]



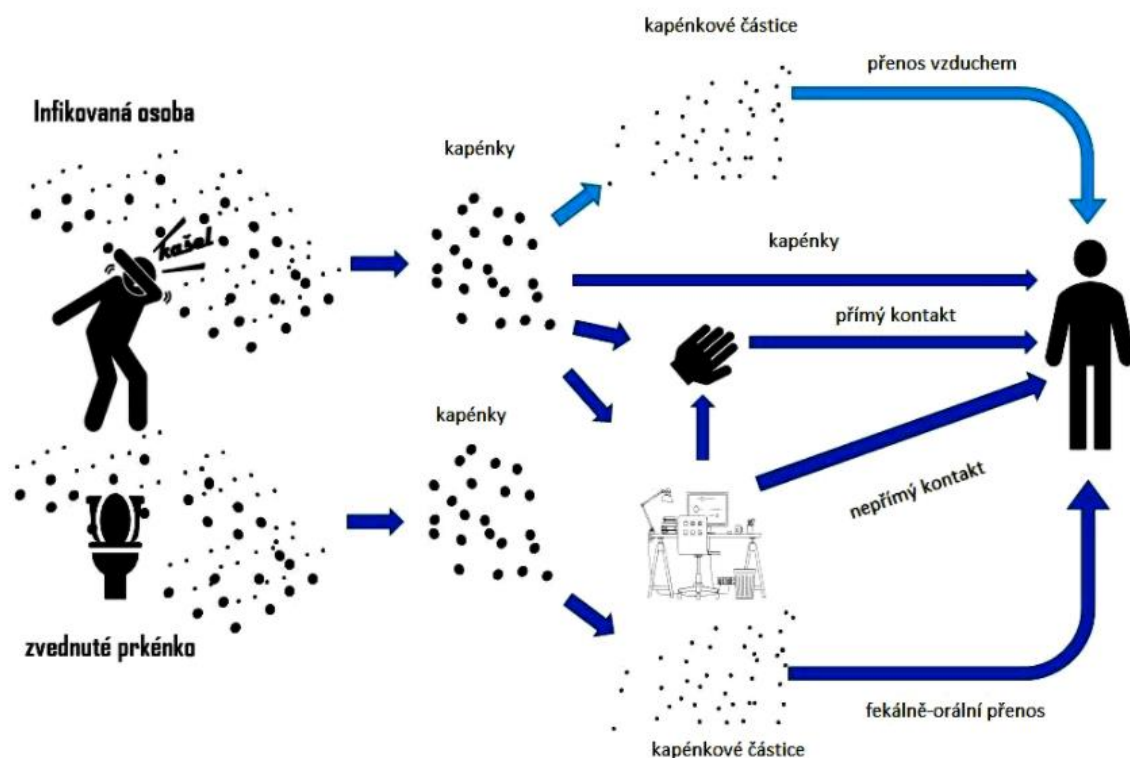
Obrázek 1 Ilustrace počtu virových částic v místnosti při zapnutém ventilačním systému (vpravo) a při vypnutém ventilačním systému (vlevo) [7]

Přenos kontaminovanými povrchy

Respirační sekrety vylučované od infekčních jedinců kontaminují povrchy a předměty. Virus dokáže přežít po dobu hodin až dnů v závislosti na okolním prostředí a materiálech. [1]

Jiné

Spekuluje se o dalších možnostech přenosu viru na člověka, ať už z člověka na zvíře či naopak nebo přenosu viru infikované těhotné ženy na plod a jiné, nejsou však prokázány. [1]



Obrázek 2 Příklad přenosu viru vzduchem a kontaminovaným povrchem [4]

4 Větráním proti virům

Za běžných podmínek přežije koronavirus ve vzduchu 3 hodiny a na površích 2–3 dny. Velký vliv na přenos má šíření viru aerosolem, který každý z nás produkuje obyčejným dýcháním a mluvením. Pomocí proudění vzduchu se tyto viry šíří po místnosti a skrze odvodní vzduchotechnické potrubí se mohou šířit i dále do dalších místností. [2]

Ve špatně větraných prostorech mohou aerosoly obsahující malou koncentraci viru v kombinaci s nízkou vlhkostí a vysokou teplotou vést v průběhu času až k infekční dávce. [3]

Případy přenosu koronaviru skrze vzduchotechniku nebyly dosud potvrzeny. Ale to, že virus dokáže ve vzduchu přežít hodiny, ukazuje na skutečnost, že bychom se této problematice větrání prostorů měli věnovat. [4]

Větrat můžeme přirozeně nebo pomocí řízeného větrání. Ve většině případů se přikláníme k větrání nucenému, protože větrání okny není dostatečné. V zimě je to dokonce nepohodlné a dochází k velkým tepelným ztrátám v objektu. [2]

Větrací jednotky zajišťují výměnu znehodnoceného vzduchu za vzduch čerstvý venkovní, tím ředí aerosol v místnosti a snižují riziko nákazy koronavirem, ale i ostatními viry. [2]

5 Doporučení pro snížení rizika přenosu virů

Evropská asociace REHVA⁶ aktualizovala doporučení pro provoz a použití technických zařízení budov k zajištění snížení šíření onemocnění COVID-19.

Celkově je odborná veřejnost v jednoznačné shodě větrat s vyšší intenzitou. [7]

Sepsaná opatření jsou pro snížení šíření onemocnění COVID-19, ale umožňují lepší ochranu i proti ostatním virovým onemocněním, některá dokonce i proti jiným škodlivinám.

5.1 Navýšení přívodu a odvodu vzduchu

V budovách s řízeným větráním se doporučuje prodloužená doba provozu. Ventilace by měla být spuštěna 24 hodin denně a v době, kdy bude budova prázdná, by se měla pouze snížit rychlost větrání.

Obecně by se mělo dodávat co nejvíce čerstvého venkovního vzduchu do budovy.

Hygienické zázemí by mělo být také v provozu 24 hodin denně s udržováním podtlaku v místnostech, aby bylo zabráněno fekálně-orálnímu přenosu. [7]

5.2 Větrání okny

V budovách bez řízeného větrání se doporučuje aktivně větrat okny, více než obvykle na úkor tepelné pohody.

Větrat okny se doporučuje i u řízeného větrání jako jeho posílení. [7]

5.3 Zvlhčování a klimatizace bez účinku

Relativní vlhkost a teplota přispívá k šíření viru v interiéru. U některých virů se dá riziko nákazy ovlivnit změnou teploty či vlhkosti. V případě COVID-19 to nelze uskutečnit. Virus je citlivý na velmi vysokou relativní vlhkost kolem 80 % a teplotu nad 30 °C. Těchto

⁶ REHVA = Federace evropských asociací pro vytápění, ventilaci a klimatizaci

podmínek bohužel v budovách nemůžeme dosáhnout kvůli zajištění tepelného komfortu aj. [7]

5.4 Bezpečné použití rekuperace tepla

Zařízení na rekuperaci může přenášet viry ze strany odváděného vzduchu na stranu přiváděného čerstvého vzduchu různými netěsnostmi. Tyto netěsnosti mohou vznikat u regeneračních tepelných výměníků vzhledem ke špatné konstrukci a údržbě. Je známo, že únik je nejvyšší při nízkém průtoku vzduchu. Pokud tedy zvýšíme rychlost průtoku vzduchu, můžeme přenosu zabránit. Také můžeme využít obtoku u systémů, které jsou jím vybaveny.

Deskové výměníky jsou oproti regeneračním bezpečné, jelikož zde k téměř žádným netěsnostem nedochází. [7]

5.5 Recirkulace zakázána

Viry se mohou šířit skrze odpadní potrubí zpět do místností pomocí centralizovaných jednotek využívajících recirkulaci (směšování). Proto se doporučuje u těchto jednotek recirkulaci vypnout i přes vznikající problémy s topným a chladícím výkonem.

Recirkulace se doporučuje vypnout i u použití fan-coil jednotek, které pracují s místní recirkulací. [7]

5.6 Čističky vzduchu

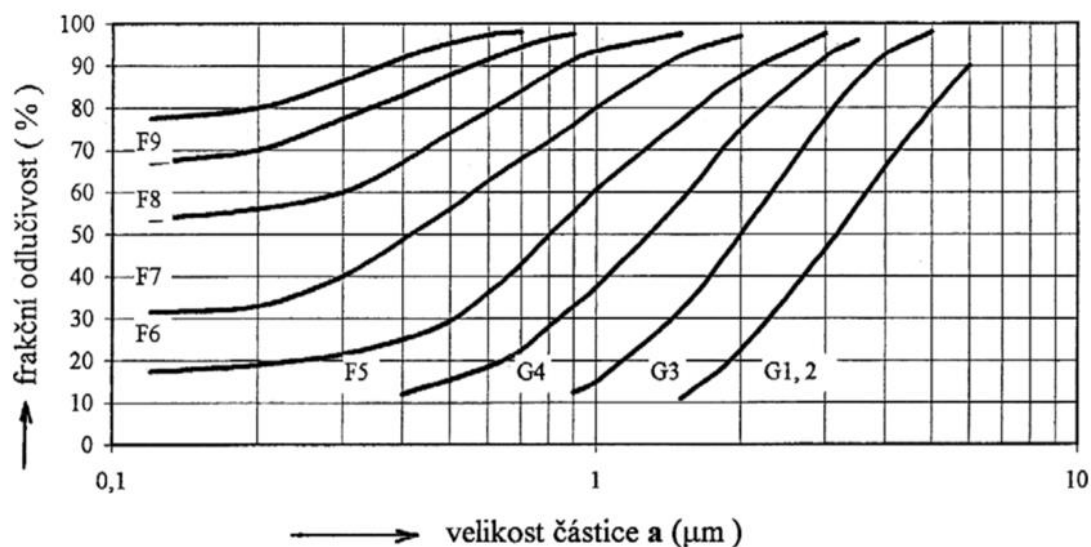
Čističky vzduchu zaručují podobné účinky jako větrání a jsou vhodné pro prostory bez řízeného větrání. Musí být ovšem vybaveny HEPA filtry.

Účinná je také instalace UV čistících zařízení pro úpravu přívodu nebo vzduchu v místnosti (především ve zdravotnictví). [6],[7]

5.7 Použití filtrů

Uváděná velikost částice COVID – 19 se pohybuje v rozmezí 0,080 – 0,15 μm . Ovšem používané filtry ve vzduchotechnice končí s velikostí částic od 0,1 – 0,15 μm (třídy F5 – F9) a uvádí se, že při velikosti částic 0,12 μm je účinnost filtrace kolem 35 %. Což znamená, že nejsou tak účinné a je třeba použít účinnějších filtrů, jako jsou HEPA filtry. Bohužel vlivem

vznikajících velkých tlakových ztrát se do vzduchotechnických zařízení nepoužívají. [4],[8]



Obrázek 3 Graf frakční odlučivosti filtrů pro všeobecné větrání [8]

Výměna venkovních vzduchových filtrů ale podle REHVA není nutná. Větrací jednotky jsou vybaveny jemnými filtry venkovního vzduchu, které velké částice viru zachytí v případě kontaminace (koncentrace virů kontaminovaného vzduchu by byla nízká).

Ucpané filtry také nejsou zdrojem kontaminace, ale mohou snižovat průtok přiváděného vzduchu. Proto je dobré dbát na běžné výměny při překročení tlaků nebo časových limitů. [7]

5.8 Čištění potrubí

Čištění potrubí nemá žádný vliv. Viry vyskytující se v malých částicích se nebudou ukládat do ventilačních kanálů a budou volně unášeny proudem vzduchu. [7]

5.9 Monitorování vnitřního ovzduší

Riziko vnitřní kontaminace prostřednictvím aerosolů je velmi vysoké, když místnosti nejsou dobře větrané. Pokud řízení ventilace vyžaduje zásahy obyvatel (hybridní nebo přirozené ventilační systémy) nebo v budově není žádný ventilační systém, doporučuje se do budovy nainstalovat čidla CO_2 , která varují před vysokou koncentrací CO_2 , jež vzniká při nedostatečném větrání. [7]

5.10 Bezpečnostní postupy pro personál údržby

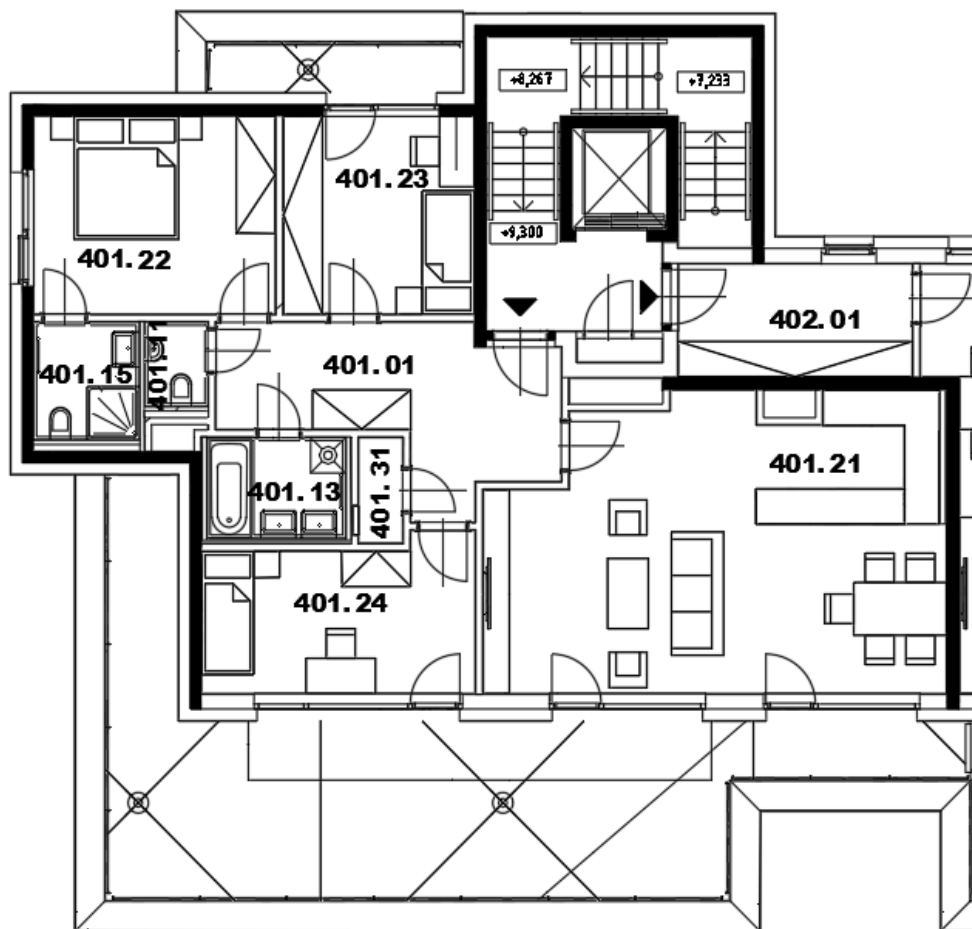
Personál údržby HVAC⁷ může být ohrožen při provádění plánované údržby, kontroly nebo při výměně filtrů (zejména filtrů odváděného vzduchu), pokud nejsou dodrženy standardní bezpečnostní postupy. Je velmi důležité, aby byl personál v bezpečí. Je třeba předpokládat, že filtry mohou obsahovat aktivní mikrobiologický materiál, včetně životaschopných virů. Filtry by se měly měnit při vypnutém systému, v rukavicích s ochrannými prostředky dýchacích cest a zlikvidovat v uzavřeném sáčku. [7]

6 Návrh systému větrání bytu

V ukázce návrhu systému větrání proti šíření škodlivých látek, především virových onemocnění, je řešen jeden byt pětipodlažního bytového domu situovaného v Praze. V domě se nachází jedno podzemní podlaží sloužící jako parkoviště a technické zázemí a dále 4 nadzemní podlaží o bytech velikosti od 1kk až po 4kk.

Ukázkový byt velikosti 4kk se skládá z chodby, obývacího pokoje s kuchyňským koutem, ložnice, dvou pokojů, dvou koupelen a WC s komorou viz. obr. 1.

⁷ HVAC = Heating, ventilating, air-conditioning, v překladu topění, větrání a klimatizace



Obrázek 4 Půdorys ukázkového bytu

Na tento byt byl navrhnout systém větrání ve dvou variantách:

- návrh se zvýšenou násobností výměny vzduchu,
- klasický návrh podle doporučené dávky venkovního vzduchu na osobu.

V obou případech návrhu vzduchotechnického zařízení je uvažováno použití decentralizované vzduchotechnické jednotky a volby rovnotlakého systému.

6.1 Varianta 1

V první variantě bude navržen systém s vyšší výměnou vzduchu v místnostech za účelem vyššího snížení rizika přenosu škodlivin a virů.

Je kladen důraz na to, aby se v dané místnosti zvýšil přívod čerstvého venkovního vzduchu (čistý, virem nekontaminovaný vzduch) za účelem zředění škodlivin, především virů. Zároveň je nutné dbát na vznik rovnotlakého systému v obytných místnostech k zamezení

přenosu znehodnoceného vzduchu do okolních místností. Proto bude z obytných místností stejné množství přiváděného vzduchu také odváděno. Urychlí se tím odvod viry kontaminovaného vzduchu z prostředí pryč.

Nasávání čerstvého vzduchu by mělo být situováno tam, kde nedochází ke kontaktu s osobami. Právě ty jsou převážně zdrojem virové infekce. V tomto případě by umístění nasávání bylo na střeše objektu. Výfuk odpadního vzduchu by byl také umístěn na střeše v dostatečném odstupu od nasávání venkovního vzduchu. Přívodní i odvodní potrubí k bytu bude vedeno instalační šachtou.

Dávka venkovního vzduchu je zvýšena na 30 m³/h.os. Je počítáno se čtyřčlennou domácností. Výpočet množství vzduchu je uvedený v tabulce 1.

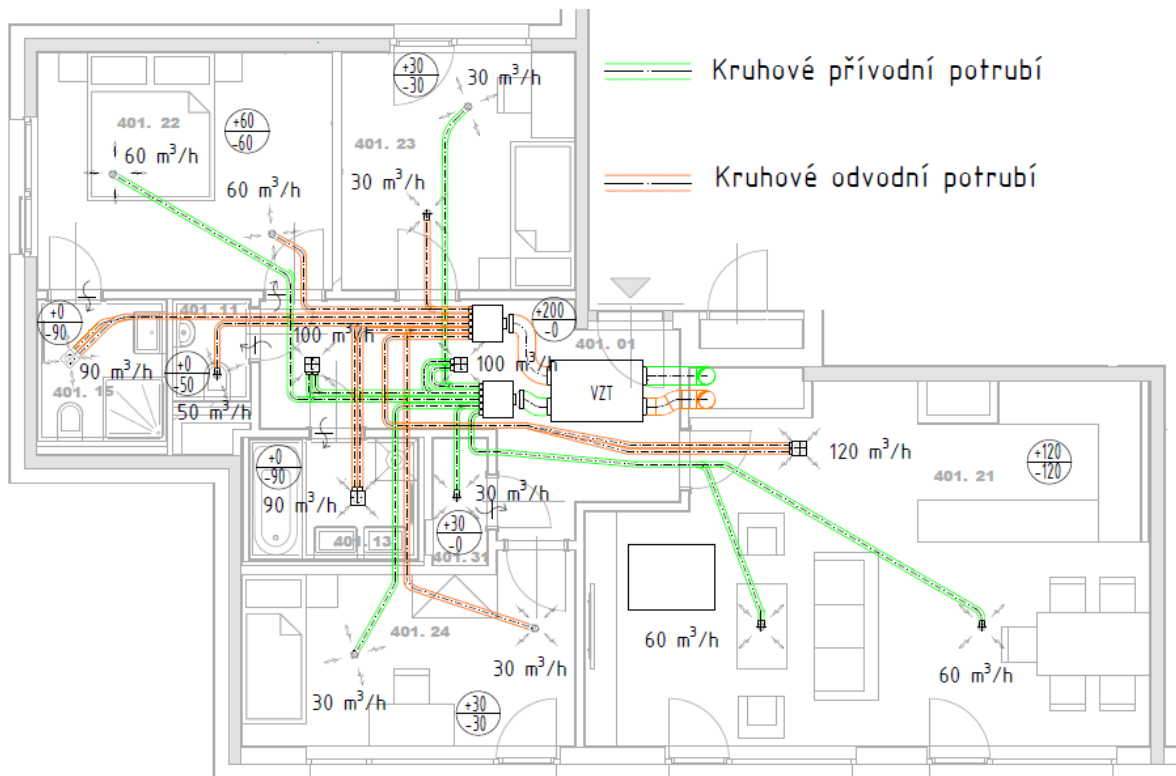
Tabulka 1 Výpočet množství přiváděného a odváděného vzduchu – varianta 1

Č. M.	NÁZEV	P. OSOB	DÁVKA VENKOVNÍHO VZDUCHU NA OS.	DÁVKA VENKOVNÍHO VZDUCHU dle počtu osob	CELKOVÝ PŘÍVOD VZDUCHU	CELKOVÝ ODVOD VZDUCHU
	Varianta 1		m ³ /h.os.	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
401.01	chodba				200	
401.11	WC					50
401.13	koupelna					90
401.15	koupelna + WC					90
401.21	obývací pokoj + kk	4	30	120	120	120
401.22	ložnice	2	30	60	60	60
401.23	pokoj	1	30	30	30	30
401.24	pokoj	1	30	30	30	30
401.31	komora				30	
Celkem					470	470

V koupelnách a na WC bude vzduch odváděn dle doporučeného nárazového větrání a bude tím zajištěn v místnostech podtlak, který bude kompenzován přívodem venkovního vzduchu do chodby a komory skrze větrací mřížky umístěné ve dveřích těchto větraných místností.

Díky tomu, že bude vzduch odváděn i z obytných místností a zároveň přiváděn vzduch do chodby, bude použito více potrubních rozvodů než ve druhé variantě a vzduchotechnická jednotka bude navržena na vyšší výkon s průtokem 470 m³/h. Ze vzduchotechnické jednotky, umístěné v chodbě v podhledu, budou napojeny flexi potrubím

rozdělovací boxy a z těchto boxů pak bude vzduch rozváděn po bytě. Díky čemuž se zamezí přenosu hluku z jedné místnosti do druhé.



Obrázek 5 Půdorys návrhu VZT systému pro variantu 1

6.2 Varianta 2

Druhá varianta se soustředí na klasický návrh větrání dle doporučené dávky venkovního vzduchu na osobu podle normy ČSN EN 15665. Doporučená dávka venkovního vzduchu je $25 \text{ m}^3/\text{h.os.}$ Výpočet množství vzduchu je uvedený v tabulce 2.

Čerstvý venkovní vzduch se bude přivádět pouze do obytných místností, jako je obývací pokoj s kuchyní, ložnice a 2 pokoje. Vyrovnaní tlakových rozdílů zajistí odvod vzduchu z koupelen a WC skrze větrací mřížky nebo jiné prvky.

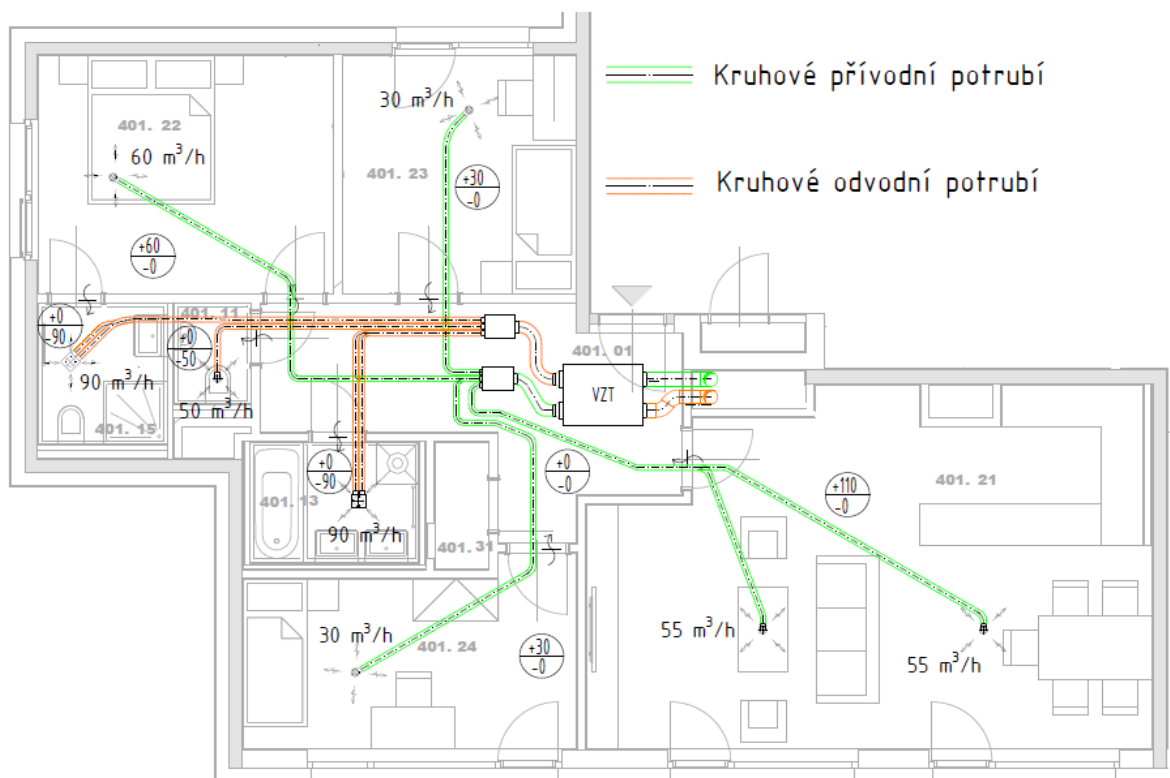
Opět bude použita decentralizovaná jednotka navržená na průtok vzduchu $230 \text{ m}^3/\text{h}$ umístěná v chodbě v podhledu. Nasávání venkovního vzduchu a odvod škodlivého vzduchu bude umístěn na střeše jako ve variantě 1.

Tabulka 2 Výpočet množství přiváděného a odváděného vzduchu varianta - 2

Č. M.	NÁZEV	P. OSOB	DÁVKA VENKOVNÍHO VZDUCHU NA OS.	DÁVKA VENKOVNÍHO VZDUCHU dle počtu osob	CELKOVÝ PŘÍVOD VZDUCHU	CELKOVÝ ODVOD VZDUCHU
	<i>Varianta 2</i>		$m^3/h.os.$	m^3/h	m^3/h	m^3/h
401.01	chodba					
401.11	WC					50
401.13	koupelna					90
401.15	koupelna + WC					90
401.21	obývací pokoj + kk	4	25	100	110	
401.22	ložnice	2	25	50	60	
401.23	pokoj	1	25	25	30	
401.24	pokoj	1	25	25	30	
401.31	komora					
Celkem					230	230

V tomto případě budou přiváděny i odváděny menší objemy vzduchu a bude použito méně potrubních rozvodů. Jednotlivá přívodní a odvodní potrubí budou napojena na rozdělovací boxy ke snížení přenosu hluku z jednotlivých místností a vzduchotechniky.

I v tomto případě bude docházet k ředění kontaminovaného vzduchu čerstvým venkovním vzduchem, ale v menší intenzitě, která může být do budoucna nedostatečná. Navíc bude v obytných místnostech docházet k přetlaku a kontaminovaný vzduch se může skrze chodbu rozptýlit i do jiných místností bytu.



Obrázek 6 Půdorys návrhu VZT systému pro variantu 2

7 Energetické zhodnocení obou variant

V dnešní době se zabýváme tím, abychom budovu vytvářeli co nejvíce energeticky hospodárnou. Budovy se zateplují a utěšňují, aby se docílilo úspor za teplo. V budovách se pak zhoršuje kvalita vnitřního prostředí. Zvyšuje se teplota, vlhkost vzduchu, a právě zmiňovaná koncentrace škodlivých látek, aktuálně virů. Proto je přirozené větrání nedostatečné a navrhují se systémy nuceného větrání.

K částečnému snížení rizika přenosu škodlivin tedy postačí klasický návrh větrání podle doporučené dávky venkovního vzduchu na osobu. Ale aktuálně se celý svět potýká s novými formami virů, které se budou s největší pravděpodobností vyskytovat v jiných formách i v budoucnu. Navrhovat budovu energeticky hospodárnou nebude muset stačit a bude nutné se soustředit na kvalitnější a zdravější vnitřní prostředí, než tomu bylo doposud na úkor zvýšení energetické náročnosti budov.

Navrhnuté varianty jsou energeticky zhodnocené viz. tabulka 3. Byly použity vlastní výpočty pro porovnání spotřeb energií podle stanovených výkonů na ohřev vzduchu a ventilátorů. Ovšem za účelem dosažení přesnějších dat byl použit webový software QPRO⁸ a dále byly získány výsledky viz. Tabulka 3. Výsledky softwaru QPRO jsou uvedeny v příloze na konci této práce.

Tabulka 3 Provozní náklady

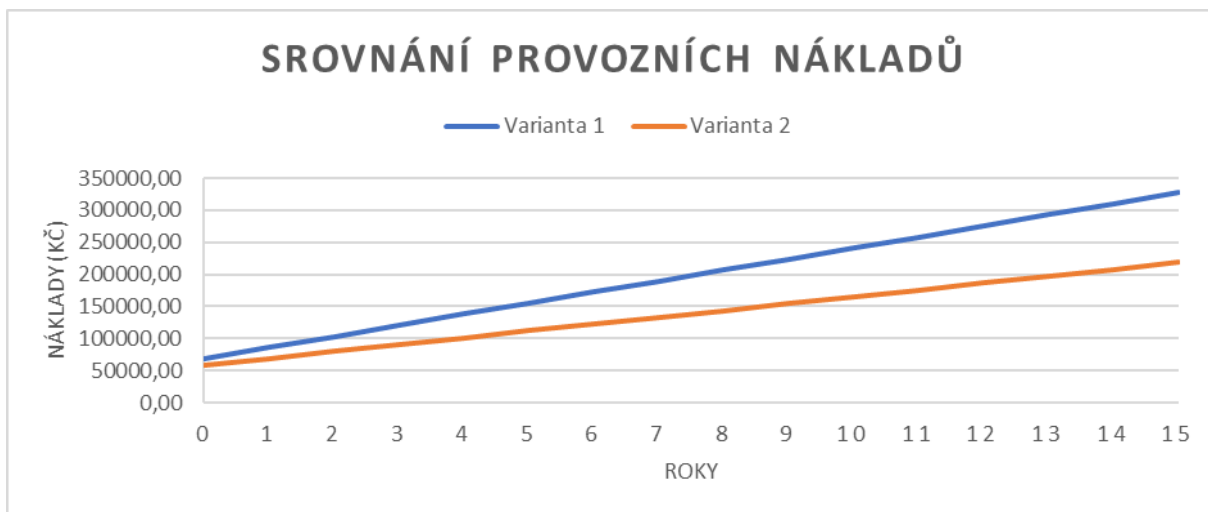
Provozní náklady		Varianta 1	Varianta 2
V_{max}	(m ³ /h)	470	230
Účinnost	(%)	85	85
Cena energie	(Kč/kWh)	5	5
Vlastní výpočet			
Spotřeba energie pro ohřev vzduchu	(kWh/rok)	2 089	1 022
Spotřeba energie na provoz ventilátorů	(kWh/rok)	1 322	933
Celkové roční náklady na el. energii vlastní výpočet	(Kč/kWh)	16 472	9 443
QPRO			
Spotřeba energie pro ohřev vzduchu	(kWh/rok)	651	189
Roční náklady na energii pro ohřev vzduchu	(Kč/kWh)	3 100	900
Celková spotřeba elektrické energie	(kWh/rok)	3 451	2 139
Celkové roční náklady na el. energii	(Kč/kWh)	16 700	10 300
Celková primární energie	(kWh/rok)	2,6x3451=8972,6	2,6x2139=5561,4
Investiční náklady	(Kč)	69 091	58 564
Náklady na údržbu	(Kč)	500	350
Celkem	(Kč)	86 291	69 214

Provoz byl zvolen stejný, a to 24 hodin denně s nočním útlumem 30 %. Varianty se liší průtokem vzduchu a příkonem ventilátorů. Rekuperační účinnost jednotky je 85 %. Zdrojem tepla pro ohřev vzduchu je elektřina a průměrná sazba činí 4,83 Kč/kWh.

Je jasné, že provoz varianty bude rozhodně finančně náročnější než při klasickém provozu, jsou zde vyšší průtoky a vyšší příkon použitých ventilátorů. Ale bude zajištěné kvalitnější, čistější a zdravější vnitřní prostředí. Roční náklady se oproti klasickému řešení zvýší o cca 6 500 Kč. Částku do 10 tisíc korun by ale mohl leckdo být ochoten ročně obětovat ve prospěch zdravějšího prostředí bez virů, než kdyby byl rozdíl 20 nebo 30 tisíc korun.

V uvedeném grafu je znázorněna cenová závislost těchto dvou variant v průběhu 15 let.

⁸ QPRO jsou webové stránky se zaměřením na výpočty a návrhy řešení větrání dostupné z: <https://www.qpro.cz/Qpro-vzduchotechnika-klimatizace>



Graf 1 Srovnání provozních nákladů

7.1 Opatření pro snížení výkonu

Aby mohla vzduchotechnická jednotka fungovat efektivně a mohl se snížit její výkon, je potřeba znát např. kvalitu vnitřního prostředí nebo pohyb osob v bytě.

Větrací jednotka následně bude moci fungovat v automatickém režimu, a ne pouze na přednastavené časy chodu. Toto mohou zajistit čidla kvality vnitřního prostředí. Obecně se jednotka reguluje podle čidla teploty a koncentrace CO₂. V tomto případě je třeba, aby jednotka byla neustále v provozu, ale může být snižován její výkon (průtok vzduchu). K zamezení šíření škodlivin by mohlo být navíc využito například čidlo pohybu, které by mohlo být umístěno v pokojích a vzduchotechnická jednotka by naplno větrala prostor pokojů pouze tehdy, pokud by byla místnost obsazená. Do režimu útlumu by přešla po opuštění pokoje. [9]

8 Závěr

Snížení rizik, které by vedly k eliminaci škodlivin, převážně virových onemocnění, je aktuálně i do budoucna velkou prioritou. Škodliviny se v prostředí budou vyskytovat neustále, uvnitř budov je však možné se pokusit toto riziko snížit správnou volbou větracího systému.

Dosud bylo cílem vytvářet energeticky úsporné budovy. Ovšem postupem času bude potřeba se zaměřit spíše na zprostředkování zdravého prostředí bez virů a znečišťujících látek, zvýšením účinnosti větracích systémů. To vše na úkor energetické náročnosti budov.

V práci byly porovnány dvě řešení vzduchotechnických systémů – klasický systém a systém se zvýšenou intenzitou větrání. Bylo zjištěno, že zvýšením intenzity větrání se zvýší i výkon větrací jednotky, a tedy i roční spotřeba energie.

Na jedné straně sice stojí vyšší náklady, ale na druhé straně stojí snaha o vytvoření zdravějšího, viry nekontaminovaného prostředí. A právě tato skutečnost by mohla hrát v budoucnosti velice důležitou roli při návrhu větracího systému.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Ilustrace počtu virových částic v místnosti při zapnutém ventilačním systému (vpravo) a při vypnutém ventilačním systému (vlevo) [7].....	13
Obrázek 2 Příklad přenosu viru vzduchem a kontaminovaným povrchem [4].....	14
Obrázek 3 Graf frakční odlučivosti filtrů pro všeobecné větrání [8]	17
Obrázek 4 Půdorys ukázkového bytu	19
Obrázek 5 Půdorys návrhu VZT systému pro variantu 1	21
Obrázek 6 Půdorys návrhu VZT systému pro variantu 2	23

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Výpočet množství přiváděného a odváděného vzduchu – varianta 1	20
Tabulka 2 Výpočet množství přiváděného a odváděného vzduchu varianta - 2.....	22
Tabulka 3 Provozní náklady.....	24

11 Seznam grafů

Graf 1 Srovnání provozních nákladů	25
--	----

12 Seznam použité literatury

- [1] Onemocnění novým koronavirem SARS-CoV-2 (dříve 2019-nCoV), pojmenováno jako „COVID-19“ (coronavirus disease 2019). *Státní zdravotní ústav* [online]. 2021, 09.03.2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/onemocneni-novym-koronavirem-sars-cov-2-drive-2019-ncov-1>
- [2] Zbraní proti koronaviru je správné větrání. Víte, jak na to? *Homebydlení.cz* [online]. Praha 10: Jaga Media, 2020, 30.11.2020 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/zbrani-proti-koronaviru-je-spravne-vetrani-vite-jak-na-to/>
- [3] SOMSEN, G. Aernout, et al. Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission. *The Lancet Respiratory Medicine*, 2020, 8.7: 658-659.
- [4] Směrnice REHVA pro provoz zařízení techniky prostředí staveb (verze2). *Topin.cz* [online]. 2020, 27.04.2020 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/smer-nice-rehva-pro-provoz-zarizeni-techniky-prostredi-staveb-verze-2-detail-8569>
- [5] CLEMENTS, Nicholas; BINNICKER, Matthew J.; ROGER, Véronique L. Indoor Environment and Viral Infections. In: *Mayo Clinic Proceedings*. Elsevier, 2020. p. 1581-1583.
- [6] Větrání jako účinný nástroj proti šíření viru SARS-CoV-2. *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2021, 09.02.2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/21829-vetrani-jako-ucinny-nastroj-proti-sireni-viru-sars-cov-2>
- [7] COVID, REHVA. guidance document, April 3, 2020. *REHVA, Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Association, Brussels, Belgium*, 19. (Aktualizace 15. dubna 2021)
- [8] JAK NA ŘÍZENÉ VĚTRÁNÍ V DOBĚ KORONAVIRU. *Rekuperace.cz* [online]. ATREA, 2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.rekuperace.cz/clanky/jak-na-ri-zene-vetrani-v-dobe-koronaviru-109>
- [9] Univerzální pohybové čidlo IR22A pro spínání ventilátorů. *Ventilatory.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/univerzalni-pohybove-cidlo-ir22a-pro-spinani-ventilatoru-x13185>
- [10] Nákazy přenášené vzdušnou cestou. *Wikyskripta.eu* [online]. 2020 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/N%C3%A1kazy_p%C5%99en%C3%A1%C5%A1en%C3%A9_vzdu%C5%A1nou_cestou

- [11] POHODA PROSTŘEDÍ ŠKODLIVINY VE VNITŘNÍM VZDUCHU. Energetický ústav, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: https://eu.fme.vutbr.cz/userfiles/Mauder/files/Presentace-IVK-Pohoda_prostredi-Skodliviny.pdf
- [12] Základní faktory ovlivňující kvalitu vnitřního prostředí. *Státní zdravotní ústav* [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/indoor_Zakladni_faktory_ovlivnujici_kvalitu_vnitriho_prostredi_4_.pdf
- [13] Škodliviny ve vnitřním prostředí. *Odpadoveforum.cz* [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/164.pdf>
- [14] Indoor air pollution sources and effects. *Justenergy.com* [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <https://justenergy.com/blog/indoor-air-pollution-sources-and-effects/>
- [15] ZENDER-ŚWIERCZ, Ewa. Review of IAQ in premises equipped with façade-ventilation systems. *Atmosphere*, 2021, 12.2: 220
- [16] Vyhodnocení zdravotního rizika výskytu plísní v bytech. *Státní zdravotní ústav* [online]. [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/VYHODNOCENI_ZDRAVOTNIHO_RIZIKA_VY-SKYTU_PLISNI_V_BYTECH_ODBORNE_STANOVISKO.pdf
- [17] Znečišťující látky v ovzduší škodí zdraví i přírodě. *Ceskykutil.cz* [online]. [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://ceskykutil.cz/clanek-146246-zbavte-ovzdusi-znecistujicich-latek>
- [18] Škodliviny ve vnitřním prostředí – radon v ovzduší domů a bytů. *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. 2020 [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/14890-skodliviny-ve-vnitrim-prostredi-radon-v-ovzdusi-domu-a-bytu>
- [19] Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (II). *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. 2006 [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3042-bytove-vetrani-ve-vztahu-k-produkci-co2-vlhkosti-a-skodlivin-ii>
- [20] Sources of indoor air pollution. *Smmallfootprintfamily.com* [online]. [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://www.smallfootprintfamily.com/sources-of-indoor-air-pollution>
- [21] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

13 Přílohy

1. Výpočet spotřeby energie pro variantu 1
2. Výpočet spotřeby energie pro variantu 2



Varianta 1- VÝPOČET SPOTŘEBY ENERGIÍ A ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ VZDUCHOTECHNIKY - VÝSLEDKY VÝPOČTU

Strana 3 / ze 3

Typ úprav vzduchu - sestava vzduchotechnické jednotky (O-ohřev; CH-chlazení; S-směšování; ZZT-systém zpětného získávání tepla):

-ZZT-O-

Typ ventilátorů:

**standardní radiální
teplá (-12°C) / 10 °C
obytná místnost**

Oblast umístění - charakteristika a průměrná roční venkovní teplota:

Typ větraného prostoru:

vyústky / pod stropem

Způsob distribuce vzduchu - typ distribučních elementů pro přívod a výška jejich umístění:

plynulý

Způsob regulace celkového průtoku vzduchu:

pevné nastavení

Způsob regulace směšování vzduchu:

20 °C / prostor s komp.

Požadovaná vnitřní teplota, dle které se reguluje výkon výměníků a umístění čidla regulace:

2 °C / 18 °C

Snížení teploty v zimě při útlumovém provozu zařízení / útlumová vnitřní teplota zimní:

0 °C / 20 °C / bez chlazení

Zvýšení teploty v létě při útlumovém provozu zařízení / útlumová vnitřní teplota letní:

15 / 9 hodin

Počet provozních hodin za den (zařízení vzduchotechniky provozováno v základním režimu) a v útlumovém režimu:

7 hodin(a)

Začátek provozního režimu - hodina, kdy se obvykle zařízení spouští na plný výkon:

0 dnů

Počet dnů v týdnu, kdy je zařízení mimo provoz:

470 / 470 m³/h

Jmenovitý celkový průtok přiváděného a odváděného vzduchu v základním provozním režimu:

470 m³/h / 100% přívodu

Jmenovitý minimální průtok venkovního čerstvého vzduchu v základním provozním režimu:

30 % / 329 m³/h

Redukce průtoku přiváděného vzduchu v době útlumu při víceotáčkovém provozu / průtok přiváděného vzduchu v době útlumu:

85 %

Průměrná skutečná roční účinnost systému ZZT včetně zahrnutí kondenzace, nerovnoměrných průtoků a dalších jevů:

5603 hodin / 11.4 °C

Počet provozních hodin ročně v základním režimu a průměrná roční teplota venkovního vzduchu v době základního provozu:

3154 hodin / 7.6 °C

Počet provozních hodin ročně v útlumovém režimu a průměrná roční teplota venkovního vzduchu v době útlumového provozu:

1830 / 970 / 2800 kWh

Roční spotřeba elektrické energie na provoz ventilátorů - provozní / útlumová / celkem:

470 / 150 / 620 kWh

Roční spotřeba tepelné energie na ohřev vzduchu - provozní / útlumová / celkem:

14.7 / 17 / 19.3 / 30.5 °C

Teplota vzduchu před výměníkem při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

20.1 / 20 / 19.9 / 30.5 °C

Teplota přiváděného vzduchu do vnitřního prostoru při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

20 / 20 / 20 / 30.7 °C

Teplota odváděného vzduchu z vnitřního prostoru při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

0.8 / 0.5 / 0.3 / 0 kW

Tepelný příkon ohřivače vzduchu při vnější teplotě vzduchu: -15 / -5 / 5 / 15 °C:

**elektřina / 651 kWh/rok / 2344
MJ/rok / 651 kWh (elektrická
energie)**

Spotřeba primární energie pro ohřev vzduchu:

3100 Kč/rok

Roční náklady na primární energii pro ohřev vzduchu:

3451 kWh/rok

Celková spotřeba elektrické energie (motory + ohřev + chlazení):

16700 Kč/rok

Celkové roční náklady na elektrickou energii:



Varianta 2- VÝPOČET SPOTŘEBY ENERGIÍ A ROČNÍCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ VZDUCHOTECHNIKY - VÝSLEDKY VÝPOČTU

Strana 3 / ze 3

Typ úprav vzduchu - sestava vzduchotechnické jednotky (O-ohřev; CH-chlazení; S-směšování; ZZT-systém zpětného získávání tepla):

-ZZT-O-

Typ ventilátorů:

**standardní radiální
teplá (-12°C) / 10 °C**

Oblast umístění - charakteristika a průměrná roční venkovní teplota:

obytná místnost

Typ větraného prostoru:

vyústky / pod stropem

Způsob distribuce vzduchu - typ distribučních elementů pro přívod a výška jejich umístění:

plynulý

Způsob regulace celkového průtoku vzduchu:

pevné nastavení

Způsob regulace směšování vzduchu:

20 °C / prostor s komp.

Požadovaná vnitřní teplota, dle které se reguluje výkon výměníků a umístění čidla regulace:

2 °C / 18 °C

Snížení teploty v zimě při útlumovém provozu zařízení / útlumová vnitřní teplota zimní:

0 °C / 20 °C / bez chlazení

Zvýšení teploty v létě při útlumovém provozu zařízení / útlumová vnitřní teplota letní:

15 / 9 hodin

Počet provozních hodin za den (zařízení vzduchotechniky provozováno v základním režimu) a v útlumovém režimu:

7 hodin(a)

Začátek provozního režimu - hodina, kdy se obvykle zařízení spouští na plný výkon:

0 dnů

Počet dnů v týdnu, kdy je zařízení mimo provoz:

230 / 230 m³/h

Jmenovitý celkový průtok přiváděného a odváděného vzduchu v základním provozním režimu:

230 m³/h / 100% přívodu

Jmenovitý minimální průtok venkovního čerstvého vzduchu v základním provozním režimu:

30 % / 161 m³/h

Redukce průtoku přiváděného vzduchu v době útlumu při víceotáčkovém provozu / průtok přiváděného vzduchu v době útlumu:

85 %

Průměrná skutečná roční účinnost systému ZZT včetně zahrnutí kondenzace, nerovnoměrných průtoků a dalších jevů:

5603 hodin / 11.4 °C

Počet provozních hodin ročně v základním režimu a průměrná roční teplota venkovního vzduchu v době základního provozu:

3154 hodin / 7.6 °C

Počet provozních hodin ročně v útlumovém režimu a průměrná roční teplota venkovního vzduchu v době útlumového provozu:

1270 / 680 / 1950 kWh

Roční spotřeba elektrické energie na provoz ventilátorů - provozní / útlumová / celkem:

150 / 30 / 180 kWh

Roční spotřeba tepelné energie na ohřev vzduchu - provozní / útlumová / celkem:

14.7 / 17 / 19.3 / 30.5 °C

Teplota vzduchu před výměníkem při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

20.1 / 20 / 19.9 / 30.5 °C

Teplota přiváděného vzduchu do vnitřního prostoru při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

20 / 20 / 20 / 30.7 °C

Teplota odváděného vzduchu z vnitřního prostoru při vnější teplotě vzduchu: -15 / 0 / 15 / 30 °C:

0.4 / 0.3 / 0.2 / 0 kW

Tepelný příkon ohřivače vzduchu při vnější teplotě vzduchu: -15 / -5 / 5 / 15 °C:

elektřina / 189 kWh/rok / 680 MJ/rok / 189 kWh (elektrická energie)

Spotřeba primární energie pro ohřev vzduchu:

900 Kč/rok

Roční náklady na primární energie pro ohřev vzduchu:

2139 kWh/rok

Celková spotřeba elektrické energie (motory + ohřev + chlazení):

10300 Kč/rok

Celkové roční náklady na elektrickou energii: