

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ VĚTRÁNÍ BYTOVÉHO DOMU
S VYUŽITÍM PROGRAMU REVIT**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala: Veronika Vorlová

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

2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vorlová Jméno: Veronika Osobní číslo: 478814
 Zadávající 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: Porovnání systémů větrání bytového domu s využitím programu Revit
 Název bakalářské práce anglicky: Comparison of apartment building ventilation systems using Revit

Pokyny pro vypracování:

Pro zadaný bytový objekt porovnejte centrální a decentrální systém nuceného větrání. Pro oba systémy zpracujte projektovou dokumentaci vzduchotechniky. Obsahem dokumentace budou půdorysy a řezy větracího systému, výpočty, technická zpráva a 3D model.

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: 16.2.2022 Termín odevzdání bakalářské práce: 15.5.2022
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 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“.

24.02.2022

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při zpracování této bakalářské práce je legální.

Praha, 15.5.2022

podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Dále děkuji Ing. Jakobovi Veselkovi za poskytnutí 3D modelu objektu. Mé poděkování patří též mé rodině za pomoc a podporu během studia.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	POPIS OBJEKTU.....	7
3	SYSTÉMY VĚTRÁNÍ.....	9
3.1	CENTRÁLNÍ VĚTRACÍ SYSTÉM	10
3.2	DECENTRÁLNÍ VĚTRACÍ SYSTÉM.....	10
4	SPECIFIKACE VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ NA VYBRANÉM OBJEKTU.....	11
4.1	CENTRÁLNÍ SYSTÉM.....	11
4.2	DECENTRÁLNÍ SYSTÉM.....	11
5	POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ	12
5.1	PROJEKTOVÁNÍ V REVITU	12
5.1.1	NASTAVENÍ PROJEKTU	12
5.1.2	VYKRESLOVÁNÍ SYSTÉMŮ.....	12
5.1.3	VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT	13
5.2	REALIZACE.....	13
5.2.1	ROZVODY A IZOLACE POTRUBÍ.....	13
5.2.2	POŘÍZENÍ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	14
5.2.3	MONTÁŽ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY.....	14
5.2.4	POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE.....	14
5.3	PROVOZ.....	15
5.3.1	KOMFORT UŽIVATELE.....	15
5.3.2	ÚDRŽBA SYSTÉMU	15
5.3.3	PROVOZNÍ NÁKLADY	15
5.3.4	HLUK.....	16
6	ZÁVĚR	16

Anotace:

Předmětem bakalářské práce je porovnání centrálního a decentrálního systému větrání na vybraném objektu. Práce je rozdělena na dvě části, praktickou a teoretickou. V první části jsou oba větrací systémy namodelovány v programu Revit. Ve druhé části jsou výše zmíněné systémy popsány a následně porovnány z několika různých hledisek. Na závěr je pro zvolený objekt navržen vhodnější ze systémů.

Klíčová slova: centrální systém větrání, decentrální systém větrání, vzduchotechnika, Revit

Annotation:

The objective of this bachelor thesis is a comparison of centralised and decentralised ventilation system on the selected object. The thesis consist of two parts, practical part and theoretical part. In the first part of this thesis are these two ventilation systems modeled in Revit. In the second part are both systems described and compared from different perspectives. Finally is suggested more suitable system for selected object.

Key words: centralised ventilation system, decentralised ventilation system, HVAC, Revit

1 ÚVOD

Pro porovnání větracích systémů byl vybrán bytový dům nacházející se v obci Křenovice v Jihomoravském kraji. Jako podklad pro modelování vzduchotechnických systémů byl použit již hotový 3D model objektu zpracovaný v programu Revit.

2 POPIS OBJEKTU

Řešený objekt je nepodsklepený se 3 nadzemními podlažími. V 1.NP se nachází vstup do objektu, kolárna, technická místnost, garážová stání, 2 obchodní jednotky a 1 bytová jednotka. Ve 2.NP se nachází 3 bytové jednotky, 3.NP je totožné s 2.NP. Každá bytová jednotka má na patře vlastní sklepní kóji. Bytový dům je vybaven výtahem.

Zastavěná plocha objektu činí 436 m². Celková výška objektu je 9,32 m. Běžná světlá výška obytných místností je 2,71 m. Světlá výška v chodbě, koupelně a na WC je z důvodu osazení SDK podhledu snížena na 2,4 m.

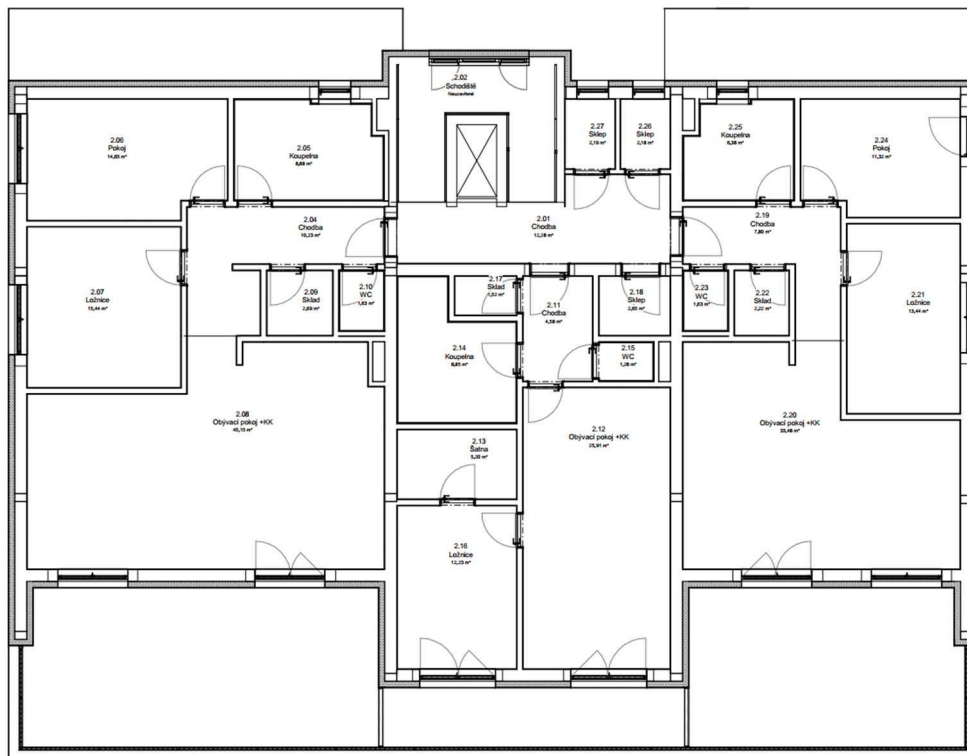
Konstrukční systém objektu je stěnový zděný se železobetonovým ztužujícím jádrem kolem schodiště a železobetonovou stropní deskou.



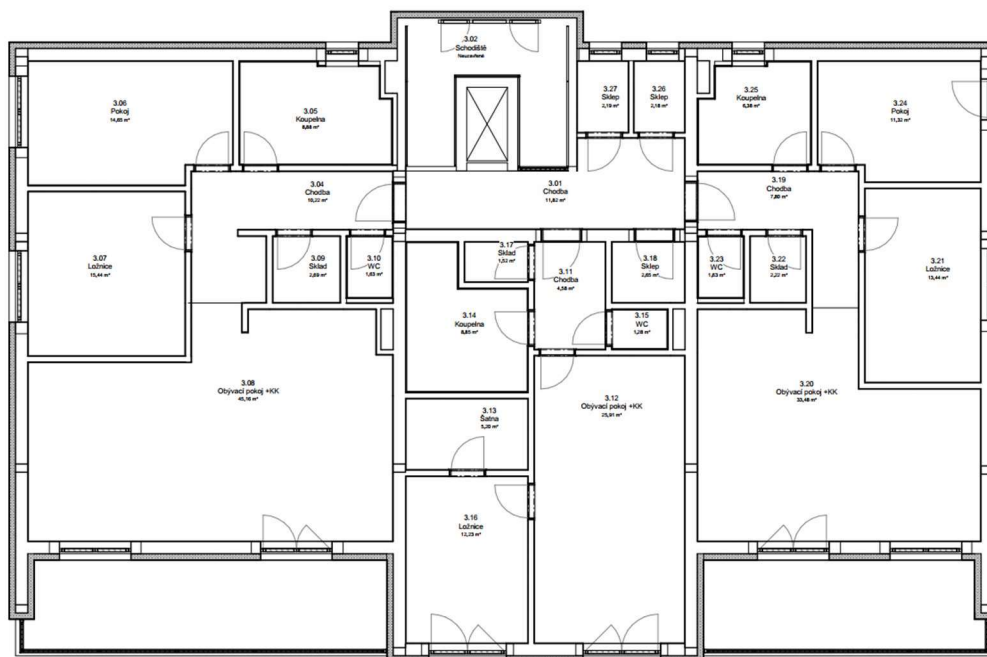
Obr. 1: 3D model objektu



Obr. 2: Půdorys 1NP



Obr. 3: Půdorys 2NP

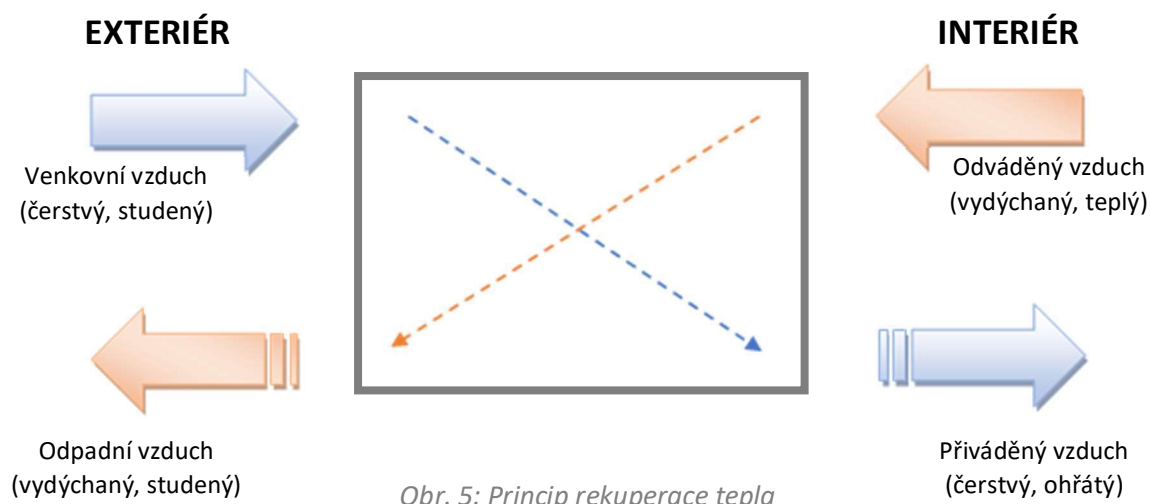


Obr. 4: Půdorys 3NP

3 SYSTÉMY VĚTRÁNÍ

Pro daný objekt jsou navrženy dva systémy nuceného rovnotlakého větrání, centrální a decentrální.

Rovnotlaký systém znamená, že množství přiváděného vzduchu je rovno množství vzduchu odváděného. Jedná se o nejběžnější způsob nuceného větrání rezidenčních objektů, který umožňuje přívod čerstvého a odvod znehodnoceného vzduchu zároveň. Systém disponuje vzduchotechnickou jednotkou opatřenou rekuperačním výměníkem, filtry a dvěma ventilátory, jedním na přívodu a druhým na odvodu. Přívodní ventilátor žene vzduch do obytných místností, kde tak vytváří nepatrný přetlak. Odvodní ventilátor odsává vzduch z koupelen, kuchyní a toalet a v těchto prostorech naopak vzniká nepatrný podtlak. Přivedený vzduch proudí z obytných místností skrze otvor pod dveřmi nebo dveřní mřížku k odvodním ventilům a dochází tím ke spolehlivému provětrání celé bytové jednotky. Tento systém větrání zároveň umožňuje zpětný zisk tepla z odváděného vzduchu, který proudí přes rekuperační výměník a ohřívá vzduch přivedený z exteriéru.



3.1 CENTRÁLNÍ VĚTRACÍ SYSTÉM

Hlavním prvkem tohoto větracího systému je vzduchotechnická rekuperační jednotka, která je společná pro všechny byty v daném objektu. Jednotka zajišťuje všechny potřebné úpravy vzduchu a jeho následnou distribuci do jednotlivých bytů. Každý byt je vybaven regulačními prvky, které řídí větrání prostoru na základě požadavků uživatele a zajišťují rovnotlak v daném bytě. Existuje několik typů regulačních prvků. Nejjednoduššími prvky jsou regulační klapky umožňující pouze manuální regulaci průtoku vzduchu. Mezi sofistikovanější prvky patří regulační boxy, které díky možnosti připojení na komunikační síť umožňují navíc automatickou regulaci průtoku vzduchu a lokální úpravu teploty přiváděného vzduchu.

Vzhledem k velikosti centrální vzduchotechnické jednotky je potřeba dostatek prostoru na její umístění. Jednotky bývají umístěny ve speciálních místnostech (strojovny vzduchotechniky) nebo na střeše objektu.

3.2 DECENTRÁLNÍ VĚTRACÍ SYSTÉM

V decentrálním systému je každý byt vybaven samostatnou menší rekuperační jednotkou navrženou přesně na požadovaný průtok vzduchu daného bytu. Stejně tak jako v centrální jednotce zde dochází k potřebným úpravám vzduchu jako je filtrace a ohřev vzduchu.

Potrubní rozvody decentrálního systému se dají řešit vícero způsoby. Jednotlivé bytové rozvody lze napojit do jednoho hlavního stoupacího potrubí, případně do vícero stoupacích potrubí v rámci bytových jednotek umístěných nad sebou. Další možností je nechat rozvody pouze v rámci bytové jednotky a sání a výfuk vzduchu vyřešit přes fasádu objektu na úrovni každé bytové jednotky zvlášť. Jednotky se zpravidla umísťují do horizontální polohy do SDK podhledů v bytové chodbě, lze je však umístit i do vertikální polohy na stěnu.

Tento systém nabízí k rekuperačním jednotkám různé druhy doplňkových komponent, kterými lze rozšířit možnosti úpravy vzduchu a zautomatizovat fungování jednotky.

4 SPECIFIKACE VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ NA VYBRANÉM OBJEKTU

4.1 CENTRÁLNÍ SYSTÉM

Pro centrální větrací systém je navržena vzduchotechnická jednotka Topvex SC20 umístěná na střeše objektu. Průtok vzduchu do jednotlivých bytů je řízen pomocí regulátorů variabilního průtoku Optima LV osazených v každé bytové jednotce na přívodním i odvodním potrubí.

Větrání obchodních jednotek není součástí centrálního větracího systému. Je řešeno zvlášť pomocí lokálních rekuperačních jednotek, jako je tomu u decentrálního systému.

4.2 DECENTRÁLNÍ SYSTÉM

V každé bytové jednotce je umístěna rekuperační jednotka Venus Recover HRV 30 EC. Jednotka zajišťuje větrání bytu na základní úrovni a není doplněna o žádné další komponenty. Jednotky jsou umístěny v SDK podhledu v bytové chodbě nebo v koupelně. Bytové rozvody jsou napojeny do třech stoupacích potrubí, jedno stoupací potrubí je vždy společné pro všechny bytové jednotky umístěné nad sebou.

V obchodních jednotkách je umístěna stejná rekuperační jednotka jako v bytech. Potrubní rozvody jsou však řešeny pouze v rámci obchodních jednotek a sání i výfuk vzduchu jsou vyvedeny na fasádu objektu.

5 POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ

5.1 PROJEKTOVÁNÍ V REVITU

Revit je BIM aplikace od společnosti Autodesk určena k modelování objektů a prvků při vytváření stavební dokumentace. Je vhodný pro všechny profese což umožňuje snadnou koordinaci projektu a provázanost výkresů.

5.1.1 NASTAVENÍ PROJEKTU

Před samotným začátkem projektování bylo třeba pro oba větrací systémy nastavit parametry projektu. Využila jsem volně dostupné šablony na internetu od společnosti Apiagra, která disponuje všemi potřebnými typy potrubí a potrubních tvarovek. Ze šablony jsem vytvořila nový prázdný projekt a do něj nahrála architektonicko-stavební model objektu, čímž se do projektu propaly veškeré důležité vlastnosti jednotlivých částí budovy.

Na základě provedených výpočtů bylo třeba navrhnout jednotlivé komponenty VZT (koncové prvky, VZT jednotky, příslušenství potrubí) a jako rodinu je nahrát do projektu, aby se s nimi dalo dále pracovat. U obou systémů jsem k návrhu koncových prvků využila on-line návrhový program Systemair DESIGN, který rovnou umožňuje dané rodiny prvků stáhnout.

K návrhu a stažení rodiny centrální vzduchotechnické jednotky jsem opět využila výše zmíněného programu, k nahrání rodiny do projektu však bylo nutné instalovat doplňkový software (plugin). Správná instalace pluginu se nezdařila hned napoprvé a bylo třeba ji znovu opakovat, proto pro mě byl tento krok logisticky i časově náročnější.

Vzduchotechnickou rodinu pro decentrální systém jsem volila na základě dostupných rodin v on-line knihovně BIM objektů MagiCad. Stažení i nahrání rodiny do projektu už bylo velmi snadné obdobně jako u koncových prvků.

5.1.2 VYKRESLOVÁNÍ SYSTÉMŮ

Vykreslování potrubních rozvodů v Revitu je rychlé a pohodlné. Stačí vybrat požadovaný typ potrubí, nastavit průměr a výšku prvku od podlaží, systém potrubí (přívodní/odvodní) a nakreslit rozvod. V případě, že potrubí odbočuje nebo se větví, vybere systém sám vhodnou tvarovku z již nahraných rodin. Pokud je potrubí nutné zaizolovat, stačí ho celé označit a vybrat možnost „přidat izolaci“, je však opět nutné mít izolaci v projektu nahranou. Všechny

jmenované parametry potrubí jdou zpětně upravit či vymazat a změny se automaticky propíší do všech pohledů, kde se upravený prvek nachází.

Modelování rozvodů v jednotlivých podlažích bylo u obou systémů velmi podobné, o něco složitější však bylo v decentrálním systému, kdy bylo třeba do každého bytového rozvodu zakomponovat VZT jednotku a dopojit jí k hlavnímu rozvodu ohebným potrubím.

Modelování střešních rozvodů bylo zase složitější u centrálního systému, kde dochází k několika překřížením přívodního potrubí s odvodním. Pro tyto případy Revit nabízí možnost automatického návrhu trasy a tzv. inspektora systému, který vás upozorní na případné kolize, špatná napojení potrubí, aj.

5.1.3 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT

Aby bylo možné v Revitu provádět výpočty (např. tlakových ztrát), je potřeba mít celý systém VZT správně namodelovaný a vzájemně propojený. Je tedy nutné mít správně nastavené systémy potrubí (přívodní/odvodní), správně zaregulované veškeré výústky vzduchotechniky, správně nastavené objemové průtoky vzduchu a směry toku vzduchu v jednotlivých mechanických zařízeních a správně napojené potrubí v místech zúžení, odboček a větvení.

Centrální vzduchotechnický systém vnímám na správné propojení jako jednodušší z důvodu výskytu pouze jednoho mechanického zařízení - vzduchotechnické jednotky. Můj výpočet tlakových ztrát pomocí Revitu neodpovídal reálným hodnotám, problém byl pravděpodobně v chybném nastavení směru toku vzduchu stažené rodiny. Rodina bohužel neumožňovala úpravu a modelace vlastní vzduchotechnické jednotky by zabrala mnoho času, proto jsem tlakové ztráty vypočetla ručně.

5.2 REALIZACE

5.2.1 ROZVODY A IZOLACE POTRUBÍ

V obou systémech je bytové i stoupací potrubí provedeno ze Spiro potrubí, stoupací potrubí je opatřeno protipožární izolací. Všechny koncové výústky jsou na potrubní rozvody napojeny pomocí ohebného potrubí Sonoflex, které tlumí šíření hluku bytovou jednotkou. U decentrálního systému je ohebným potrubím napojena i rekuperační jednotka, což usnadňuje její montáž.

Hlavním rozdílem mezi systémy jsou střešní rozvody. Centrální systém má střešní rozvody v tepelné izolaci, která je z důvodu ochrany před vnějšími vlivy oplechována pozinkovaným plechem. U decentrálního systému střešní rozvody chybí, na střeše se nachází pouze nasávací hlavice a výfuková kolena stoupacího potrubí.

5.2.2 POŘÍZENÍ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Centrální vzduchotechnická jednotka se navrhuje zpravidla na míru dle konkrétních požadavků na větrání objektu. Je tedy třeba počítat s delší dobou dodání na stavbu.

Decentrální jednotky jsou typové výrobky, jsou lépe dostupné a existuje pro ně široká škála doplňkových komponent pro zvýšení komfortu uživatele. Instalace doplňkových komponentů je volitelná a komponenty v různých bytových jednotkách se vzájemně neovlivňují.

5.2.3 MONTÁŽ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

Montáž centrální vzduchotechnické jednotky je oproti montáži rekuperačních bytových jednotek značně složitá. K jejímu umístění na střechu je třeba použít jeřáb, proto je důležité ji zohlednit v časovém harmonogramu výstavby objektu. Dále je potřeba řešit nosné konstrukce pod jednotkou ze statického i akustického hlediska.

Osazení bytových rekuperačních jednotek je snadné, instalují se přímo do podhledu na závěsy, je však nutné dodržet instalační vzdálenosti uvedené v návodu od výrobce. Je také potřeba zhotovit v podhledu revizní dvířka pro přístup k jednotce kvůli pravidelné údržbě a případným opravám.

Ráda bych zmínila i fakt, že decentrální jednotky jsou svými rozměry malé a tím lehce přenosné, proto může na stavbě dojít k jejich odcizení. Je tedy důležité zajistit jejich bezpečné skladování.

5.2.4 POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE

Oba typy vzduchotechnických jednotek je nutné připojit k elektrické síti dle pokynů uvedených v návodu od výrobce.

Decentrální jednotka musí být navíc napojena na odpadní potrubí kvůli odvodu kondenzátu. Pro jeho správný odvod je potřeba jednotku mírně naklonit, aby mohl kondenzát volně odtékat a zápachovou uzávěrku umístit pod rovinu jednotky. Napojení kondenzátu bývá

vzhledem k malým výškám mezi stropní deskou a podhledem často problematické, proto se přistupuje k řešení s kondenzačními čerpadly, což bývá místo potencionální poruchy.

Co se týče ovládání vzduchotechnických jednotek, centrální jednotka je řízena nadřazeným systémem MaR. U decentralní jednotky je toto vyřešeno autonomní regulací, která je součástí VZT jednotky.

5.3 PROVOZ

5.3.1 KOMFORT UŽIVATELE

Oba systémy bezesporu splňují funkci plnohodnotného větrání bytové jednotky, ovšem decentralní systém nabízí díky již zmíněným doplňkovým komponentům mnohem větší možnosti v regulaci a ovládání jednotky. U decentralního systému nebývá problém doplnit systém o sadu čidel, které hlídají např. CO₂ nebo relativní vlhkost a podle toho upravují množství přiváděného či odváděného vzduchu. Decentralní systém se dá také lépe začlenit do chytré domácnosti a uživatel má pak možnost ovládat svou rekuperační jednotkou např. z centrálního panelu nebo mobilní aplikace. Doplnit tyto prvky do systému centrálního, pokud s nimi není počítáno již při samotném návrhu, bývá dost často problém a možnosti uživatelů jsou tak omezené.

5.3.2 ÚDRŽBA SYSTÉMU

Centrální i decentralní systém vyžadují pravidelnou údržbu, která spočívá hlavně v čištění a výměně filtrů. U decentralního systému si každý uživatel čistí a mění filtry sám, kdežto u systému centrálního to zajišťuje servisní firma naráz pro celý systém.

5.3.3 PROVOZNÍ NÁKLADY

U centrálního systému se velmi obtížně rozpočítávají náklady na provoz mezi jednotlivé bytové jednotky z toho důvodu, že není měřeno množství vzduchu, které jednotliví uživatelé spotřebovali. Náklady na provoz se tak rozúčtovávají paušálně např. podle podlahové plochy bytu, počtu hlášených osob či jiných kritérií, což nemusí vůbec odpovídat reálné spotřebě. U decentralního systému si energii na provoz a pravidelnou údržbu platí každý uživatel sám a má tak jasný přehled o svých výdajích.

5.3.4 HLUK

Z hlediska hluku se jeví jako výhodnější centrální systém, jelikož VZT jednotka je umístěna mimo prostor bytových jednotek.

6 ZÁVĚR

Obecně nelze říci, který systém větrání je výhodnější. Vše záleží na různých faktorech, jako je dispozice objektu a bytových jednotek, světlost podhledu, vybavení vzduchotechnické jednotky a jejího příslušenství, množství bytových jednotek, obsazenost objektu, požadavky a finanční možnosti investora atd.

Na základě výše uvedeného porovnání systémů bych pro daný objekt volila decentrální systém větrání. Centrální systém bych navrhla spíše u vyššího objektu s větším počtem bytových či nebytových jednotek.