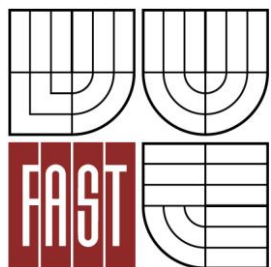




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ÚSPORNÉ VENTILÁTORY V TECHNICE PROSTŘEDÍ

SAVING FANS IN HVAC SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN KLÜGL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martin Klügl
Název	Úsporné ventilátory v technice prostředí
Vedoucí diplomové práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

OSNOVA PRŮBĚHU

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

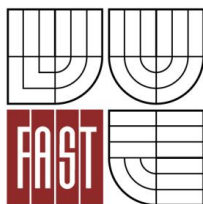
C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

1 POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Autor práce	Bc. Martin Klügl
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav technických zařízení budov
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Úsporné ventilátory v technice prostředí
Název práce v anglickém jazyce	Saving fans in HVAC systems
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Anotace práce	
Anotace práce v anglickém jazyce	
Klíčová slova	
Klíčová slova v anglickém jazyce	

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá ventilátory, jejich vlastnostmi a charakteristikami. V projektové části je pro zadaný objekt navrženo vzduchotechnické zařízení v centrální a decentrální variantě. Podrobněji se projektová část věnuje návrhu a hodnocení ventilátorů. V experimentální části je provedeno měření parametrů a charakteristik dvou ventilátorů. Výsledky jsou vyhodnoceny a porovnány. Výsledky jsou srovnány s aktuálními požadavky na energetickou účinnost ventilátorů.

Abstract

This Thesis deals with the fans, their properties and characteristics. The Project part is about design of the HVAC equipment in the centralised and decentralised option for the assigned building. The Project part is focused on the design and evaluation of the fans more specifically. The Experimental part is about measurement of parameters and characteristics of the fans. The results are analyzed and compared. The results are compared with current energy efficiency requirements for fans.

Klíčová slova

Vzduchotechnika, ventilátory, účinnost, měření charakteristik ventilátoru, úspory, nucené větrání

Keywords

Air-condition, fans, efficiency, measurement of fan characteristics, savings, forced ventilation

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Martin Klügl *Úsporné ventilátory v technice prostředí*. Brno, 2016. 131 s., 17 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Martin Klügl

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Martin Klügl

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 8.1.2016

.....

(podpis autora)

Obsah

ÚVOD	11
A) TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ÚSPORNÉ VENTILÁTORY V TECHNICE PROSTŘEDÍ	13
1.1 Rozdělení ventilátorů podle směru průtoku vzduchu	13
1.1.1 Radiální ventilátory.....	13
1.1.2 Axiální ventilátory	14
1.1.3 Diagonální ventilátory	14
1.1.4 Diametrální ventilátory	15
1.2 Parametry a charakteristiky ventilátorů	16
1.2.1 Charakteristika ventilátoru a pracovní bod	16
1.2.2 Hlavní rovnice ventilátoru	18
1.2.3 Podobnostní čísla	19
1.2.4 Účinnost ventilátorů.....	20
1.2.5 Paralelní zapojení ventilátorů	22
1.2.6 Sériové zapojení ventilátorů	23
1.3 Pohon ventilátorů.....	24
1.3.1 Pohon napřímo	25
1.3.2 Pohon na spojku.....	26
1.3.3 Pohon na řemen	27
1.4 Regulace ventilátorů	27
1.4.1 Regulace škrcením.....	28
1.4.2 Regulace změnou otáček	29
1.4.3 Plynulá regulace EC ventilátorů	30
1.4.4 Regulace změnou polohy lopatek	30
1.5 Hodnocení energetické účinnosti ventilátorů.....	31
1.5.1 Posouzení energetické účinnosti podle EN 13779.....	31
1.5.2 Hodnocení podle nařízení Komise EU č. 327/2011	32
1.6 Volba ventilátoru	35
1.6.1 Aspekty při výběru ventilátorů	35
B) APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUODVĚ.....	37
1 VZT ZAŘÍZENÍ PRO BYTOVÝ DŮM.....	38
1.1 Analýza objektu	38
1.2 Průtoky vzduchu a tlakové poměry	38
1.3 Distribuce vzduchu	39
1.4 Varianta 1 – centrální VZT zařízení	42
1.4.1 Dimenzování potrubí	42
1.4.2 Návrh centrální VZT jednotky.....	44
1.4.3 Úpravy vzduchu	50

1.4.4	Útlum hluku	53
1.5	Varianta 2 – decentrální VZT zařízení	57
1.5.1	Dimenzování potrubí a tlaková ztráta	57
1.5.2	Návrh decentrální VZT jednotky s AC motory	59
1.5.3	Návrh decentrální VZT jednotky s EC motory	63
1.5.4	Srovnání bytové VZT jednotky s AC a EC motory	69
1.5.5	Výměna bytové VZT jednotky jako úsporné opatření	70
1.5.6	Úpravy vzduchu	72
1.5.7	Útlum hluku	73
1.6	Srovnání centrální a decentrální VZT	76
1.7	Regulační schémata	78
1.8	Technická zpráva – centrální VZT	80
1.8.1	Úvod	80
1.8.2	Popis technického řešení	81
1.8.3	Měření a regulace	81
1.8.4	Nároky na související profese	82
1.8.5	Protihluková a protiotřesová opatření	82
1.8.6	Izolace a nátěry	83
1.8.7	Protipožární opatření	83
1.8.8	Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení	83
1.8.9	Závěr	84
1.9	Technická zpráva – decentrální VZT	84
1.9.1	Úvod	84
1.9.2	Popis technického řešení	85
1.9.3	Měření a regulace	85
1.9.4	Nároky na související profese	86
1.9.5	Protihluková a protiotřesová opatření	86
1.9.6	Izolace a nátěry	86
1.9.7	Protipožární opatření	86
1.9.8	Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení	88
1.9.9	Závěr	89
C) EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST		90
1	MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ VENTILÁTORŮ	91
1.1	Měření diagonálního ventilátoru	91
1.1.1	Fyzický model a sledované veličiny	91
1.1.2	Postup měření	94
1.1.3	Použité přístroje	95
1.1.4	Výsledky měření	97
1.1.5	Srovnání s požadavky na ekodesign ventilátorů	104
1.1.6	Klasifikace dle normy EN 13779	106
1.1.7	Závěr	106
1.2	Měření axiálního ventilátoru	107
1.2.1	Fyzický model a sledované veličiny	107
1.2.2	Použité přístroje	109

1.2.3	Postup měření	111
1.2.4	Výsledky měření	112
1.2.5	Srovnání s požadavky na ekodesign ventilátorů.....	118
1.2.6	Klasifikace dle normy EN 13779.....	119
1.2.7	Závěr	120
1.3	Srovnání axiálního a diagonálního ventilátoru	120
ZÁVĚR.....		122
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....		123
SEZNAM ZKRATEK.....		125
SEZNAM SYMBOLŮ A VELIČIN		126
SEZNAM OBRÁZKŮ		127
SEZNAM TABULEK.....		129
SEZNAM PŘÍLOH		131
PŘÍLOHY		132
P.1	Návrh centrální VZT jednotky.....	132
P.2	Návrh tlumičů hluku	137
P.3	Tepelné izolace potrubí – centrální VZT	139
P.4	Tepelné izolace potrubí – decentrální VZT	140
P.5	Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 10).....	141
P.6	Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 5).....	145
P.7	Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 1).....	147

Úvod

Ventilátory jsou stroje sloužící pro dopravu vzduchu. Jsou základním konstrukčním prvkem většiny klimatizačních zařízení. S jejich použitím se rovněž setkáváme v systémech pro vytápění a chlazení. Mimo obory související s technikou prostředí budov mají ventilátory rozsáhlé použití ve strojírenství, elektrotechnice a dalších odvětvích. Ventilátory mohou být použity samostatně nebo jsou součástí jiného zařízení.

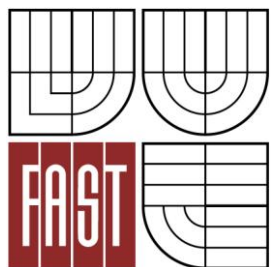
Jedná se o velmi variabilní prvek. Ventilátory mají různá konstrukční řešení, rozdílné jsou také rozměry, pohon a materiálové provedení. Tato variabilita umožňuje široké spektrum použití. Základními parametry ventilátorů, na které se provádí návrh, jsou dopravní tlak a objemový průtok vzduchu. Závislost dopravního tlaku na objemovém průtoku vzduchu tvoří charakteristiku ventilátoru. Při zohlednění elektrického příkonu pohonu ventilátoru je možné určit energetickou účinnost.

V současné době je stále více kladen důraz na snižování energetické náročnosti budov. Spotřeba elektrické energie na pohon ventilátorů tvoří významný podíl celkové spotřeby elektřiny. S rozšiřováním použití klimatizačních zařízení roste také podíl spotřeby energie ventilátory. Z těchto důvodů se zavádí závazné požadavky na energetickou účinnost ventilátorů. Tato opatření vyvíjí tlak na výrobce, kteří musí těmto požadavkům vyhovět, ale vede to k zavádění nových technologií a výzkumu nových konstrukčních řešení ventilátorů. Příkladem může být rozvoj použití úsporných elektronicky kumutovaných motorů pro pohon ventilátorů, detailní řešení aerodynamiky lopatkových kol a použití kvalitních materiálů.

Cílem diplomové práce je seznámení s parametry a návrhem ventilátorů jako prvkem vzduchotechnických zařízení v budovách. Důraz je kladen na posouzení a zhodnocení účinnosti a energetické náročnosti. Součástí diplomové práce je také experimentální měření ventilátorů, kterým se zjistí jejich vlastnosti a bude možné zhodnotit energetickou náročnost.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ÚSPORNÉ VENTILÁTORY V TECHNICE PROSTŘEDÍ

SAVING FANS IN HVAC SYSTEMS

A. TEORETICKÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN KLÜGL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016

1 Úsporné ventilátory v technice prostředí

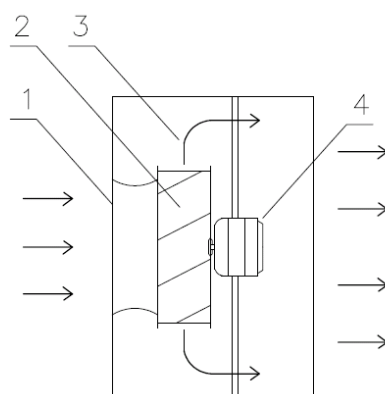
Jedná se o základní prvek větracích a klimatizačních zařízení v technice prostředí budov. Jejich použití je nejen ve vzduchotechnických zařízeních, ale i v systémech pro chlazení a vytápění. Ventilátor je rotační stroj, který slouží pro dopravu vzduchu. Energie ze stroje je na dopravovanou látku přenášena pomocí oběžného kola s lopatkami. Pohonem ventilátorů jsou asynchronní motory a nově také elektronicky kumutované EC motory.

1.1 Rozdělení ventilátorů podle směru průtoku vzduchu

Z konstrukčního i funkčního hlediska se jedná o základní rozdělení ventilátorů. Ventilátory se dělí na radiální, axiální, diagonální a diametrální. Další dělení je možné podle dopravního tlaku na nízkotlaké (do 1 kPa), středotlaké (1 kPa až 3 kPa) a vysokotlaké (nad 3 kPa).

1.1.1 Radiální ventilátory

Radiální ventilátor nasává vzduch v axiálním směru (směr osy rotace oběžného kola) a výtlak vzduchu je ve směru kolmém na osu rotace. Základními prvky radiálního ventilátoru jsou oběžné kolo s lopatkami a motor. Pro usměrnění vzduchu na výstupu z oběžného kola může být osazena spirální skříň nebo může být oběžné kolo volné. Nové konstrukce ventilátorů s volnými oběžnými koly vedou ke snížení hlučnosti i energetické náročnosti. Podle směru natočení lopatek oběžného kola vzhledem ke směru rotace rozlišujeme ventilátory s dopředu nebo dozadu zahnutými lopatkami a radiálními lopatkami.



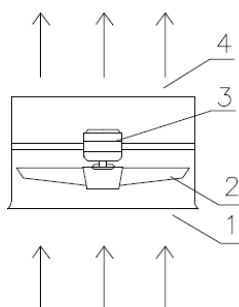
Obr. 1: Schéma radiálního ventilátoru (volné oběžné kolo)

1 sání vzduchu

- 2 oběžné kolo
- 3 výtlak vzduchu
- 4 motor

1.1.2 Axiální ventilátory

U axiálního ventilátoru je směr proudění vzduchu ve směru osy rotace lopatkového kola. Výhodou axiálních ventilátorů je malá montážní hloubka. Axiální ventilátory obvykle pracují s malým dopravním tlakem.

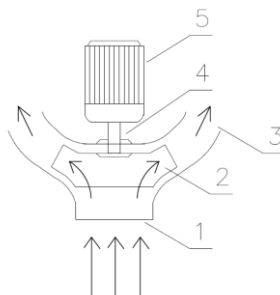


Obr. 2: Schéma axiálního ventilátoru

- 1 sání vzduchu
- 2 oběžné kolo
- 3 motor
- 4 výtlak vzduchu

1.1.3 Diagonální ventilátory

Jedná se o přechod mezi axiálními a radiálními ventilátory. Konstrukce oběžného kola je podobnější radiálním ventilátorům. Vstup vzduchu do ventilátoru je ve směru osy rotace (axiální), ale výstup vzduchu je pod úhlem menším než 90°.

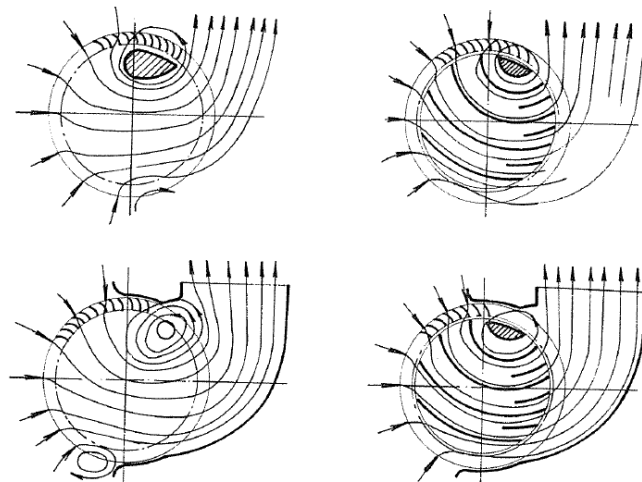


Obr. 3: Schéma diagonálního ventilátoru

- 1 sací hrdlo
- 2 oběžné kolo
- 3 výtlačná část
- 4 hnací hřídel
- 5 elektromotor

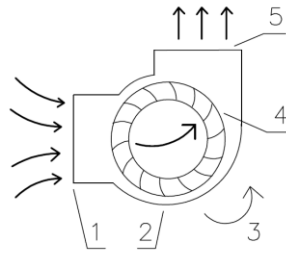
1.1.4 Diametrální ventilátory

Diametrální ventilátor nasává vzduch na vnějším obvodu oběžného kola v sacím hrdle. Vzduch prochází příčně oběžným kolem a opět vystupuje na vnějším obvodu, odkud je dále vyfukován do výtlačného hrdla. Po obvodě oběžného kola jsou rozmístěny dopředu zahnuté lopatky. Systém umožňuje sběr vzdušiny z širokého vstupního hrdla a má vysokou produktivitu. Bývá osazován do vysokovýkonných klimatizací a VZT systémů. [1]



Obr. 4: Schéma diametrálního ventilátoru [2, str. 59]

Diametrální ventilátor připomíná Bankiho turbínu, ale funkce je obrácená. Přenos energie v diametrálním ventilátoru je dvoustupňový. Proudění vzduchu uvnitř oběžného kola je velmi složité. Optimální tvar spirální skříně a oběžného kola byly odvozeny na základě experimentálních měření.



Obr. 5: Diametrální ventilátor

- 1 sací hrdlo
 2 spirální skříň
 3 směr rotace oběžného kola
 4 oběžné kolo
 2 výtláčné hrdlo

1.2 Parametry a charakteristiky ventilátorů

1.2.1 Charakteristika ventilátoru a pracovní bod

Charakteristika ventilátoru vyjadřuje závislost dopravního tlaku na objemovém průtoku vzduchu (tlaková charakteristika ventilátoru). Charakteristika potrubní sítě vyjadřuje závislost přetlaku, který je nutný po dosažení určitého průtoku vzduchu v potrubní síti. V průsečíku charakteristiky ventilátoru a charakteristiky potrubní sítě se nachází pracovní bod. Dále rozlišujeme charakteristiku ventilátoru příkonovou a účinnostní v závislosti na objemovém průtoku vzduchu.

Závislost potřebného přetlaku pro dosažení určitého průtoku vzduchu je kvadratická. Charakteristiku sítě zahrnuje možné vyjádřit konstantou, která zahrnuje tlakovou ztrátu třením a vřazenými odpory.

$$\Delta p_z = \left(\frac{\lambda * l}{d} + \sum \xi \right) * \frac{w^2 * \rho}{2} = K * V^2 [Pa]$$

Δp_z tlaková ztráta [Pa]

K konstanta potrubní sítě [Pa.s²/m⁶]

V objemový průtok vzduchu [m³/s]

λ součinitel tření [-]

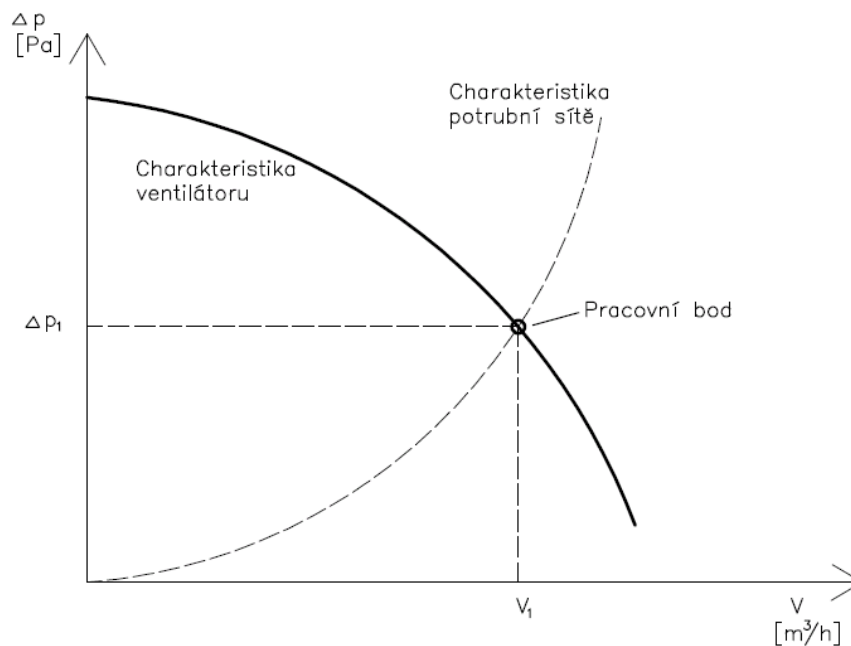
d charakteristický průměr potrubí [m]

l délka potrubí [m]

ξ součinitel vřazených odporů [-]

w rychlost vzduchu [m/s]

ρ hustota vzduchu [kg/m³]



Obr. 6: Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě

Podobnostní vztahy

Při konstantních vlastnostech dopravovaného vzduchu lze teoreticky dopočítat parametry ventilátoru při změně otáček. Změna průtoku vzduchu je úměrná změně otáček. Změna dopravního tlaku je úměrná druhé mocnině otáček. Změna příkonu je úměrná třetí mocnině otáček.

$$V_2 = V_1 * \frac{n_2}{n_1} \quad [m^3 / s]$$

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 * \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad [Pa]$$

$$P_2 = P_1 * \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \quad [W]$$

n počet otáček [s^{-1}]

V objemový průtok vzduchu [m^3/s]

Δp dopravní tlak [Pa]

P příkon ventilátoru [W]

1,2 indexy parametrů pro původní a změněné otáčky

1.2.2 Hlavní rovnice ventilátoru

Hlavní rovnice ventilátoru teoretický dopravní tlak ventilátoru s oběžným kolem, které má nekonečný počet lopatek.

$$\Delta p_{th\infty} = \frac{1}{2} * \rho * \left[(c_2^2 - c_1^2) + (u_2^2 - u_1^2) + (w_2^2 - w_1^2) \right] \quad [Pa]$$

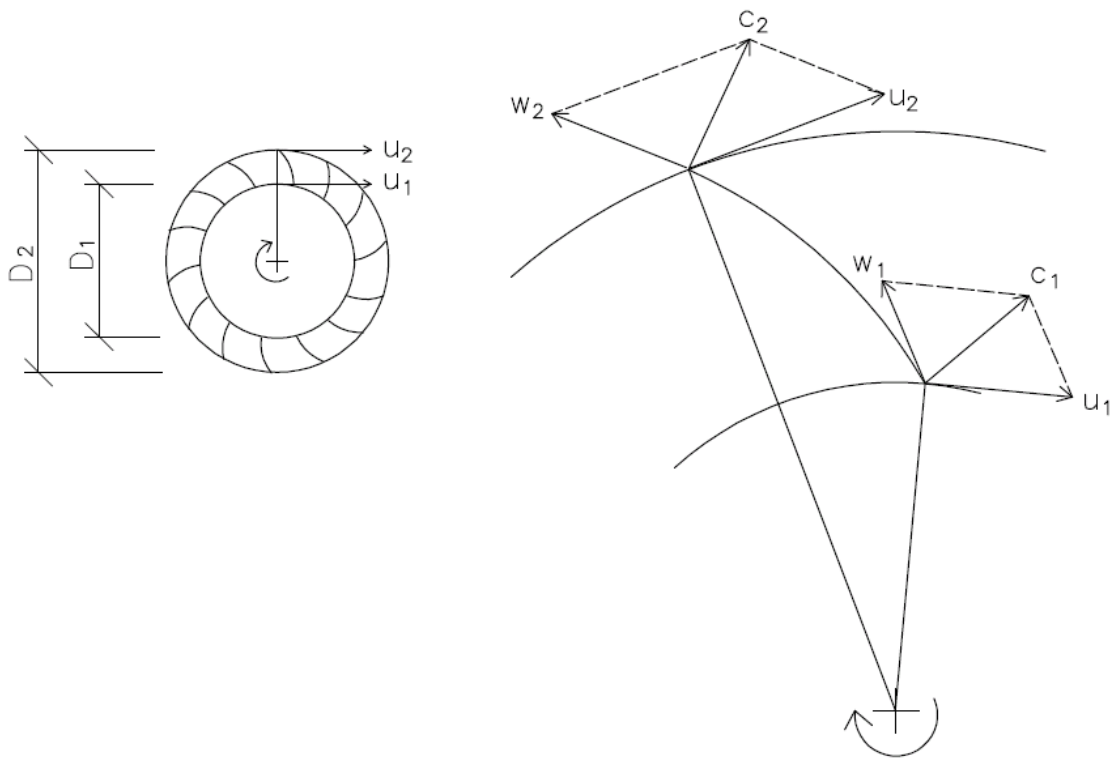
c absolutní rychlost [m/s]

u obvodová rychlost [m/s]

w relativní rychlost [m/s]

1,2 indexy pro náběžnou a odtokovou hranu lopatky (viz obr. 7)

První člen vztahu vyjadřuje zvýšení kinetické energie. Tato složka tlaku může být za oběžným kolem převedena ve statický tlak postupným snižováním rychlosti vzduchu například v difuzoru. Je však nutno počítat s tím, že tato přeměna bude spojena s jistou ztrátou tlaku. Druhý člen vztahu vyjadřuje zvýšení statického tlaku vlivem působení odstředivé síly na vzduch v oběžném kole. Tato složka je u axiálních ventilátorů nulová. Na tuto složku tlaku se přímo nevážou tlakové ztráty. Třetí člen vyjadřuje vliv zpomalení proudu v mezilopátkovém kanále za předpokladu, že $w_1 > w_2$. S tímto zpomalením je spojeno jisté zvýšení statického tlaku, jestliže je zisk tlaku větší než ztráty spojené s přeměnou. [3, str. 506]



Obr. 7: Rychlostní trojúhelníky radiálního ventilátoru

1.2.3 Podobnostní čísla

Podobnostní čísla jsou bezrozměrná a slouží k porovnání ventilátorů různých typů a velikostí. Základními parametry pro podobnostní čísla jsou rozměry oběžného kola, průtok a parametry vzduchu, otáčky a obvodové rychlosti oběžného kola.

Tlakové číslo:

Charakterizuje dopravní tlak ventilátoru. Závisí na obvodové rychlosti na odtokové hraně lopatek oběžného kola.

$$\psi = \frac{\Delta p}{(\rho * u_2^2) / 2} \quad [-]$$

Δp dopravní tlak [Pa]

ρ hustota vzduchu [kg/m³]

u_2 obvodová rychlost na odtokové hraně [m/s]

Objemové číslo:

Nazývané také jako průtokové číslo. Vyjadřuje poměr dopravovaného množství

vzduchu a průtoku vzduchu, který by protékal otvorem s průměrem odpovídajícím vnějšímu průměru oběžného kola při rychlosti odpovídající obvodové rychlosti na odtokové hraně.

$$\varphi = \frac{V}{\frac{\pi * D_2^2}{4} u_2} \quad [-]$$

V.....objemový průtok vzduchu [m³/s]

D₂.....průměr oběžného kola k odtokovým hranám lopatek [m]

u₂.....obvodová rychlost na odtokové hraně [m/s]

Výkonové číslo:

Vyjadřuje poměr referenčního výkonu ventilátoru daného součinem objemového a tlakového čísla a celkové účinnosti, která je dána příkonem ventilátoru, dopravním tlakem a průtokem vzduchu.

$$\lambda = \frac{\psi * \varphi}{\eta_c} \quad [-] \quad ; \quad \eta_c = \frac{\Delta p * V}{P_p} \quad [-]$$

ψ.....tlakové číslo [-]

φ.....objemové číslo [-]

η_c.....celková účinnost [-]

P_p.....příkon ventilátoru [W]

1.2.4 Účinnost ventilátorů

Účinnost ventilátoru vyjadřuje poměr plynového výkonu a elektrického příkonu. Cílem návrhu ventilátoru je dosažení maximální energetické účinnosti. Plynový výkon ventilátoru je určen součinem dopravního tlaku a objemového průtoku vzduchu. Celkovou účinnost ventilátoru je možné určit vztahem:

$$\eta_c = \frac{\Delta p * V}{P_p} \quad [-]$$

Δp.....dopravní tlak [Pa]

V.....objemový průtok vzduchu [m³/h]

P_p příkon ventilátoru [W]

Celkovou účinnost ventilátoru lze také vyjádřit pomocí součinu účinností jednotlivých částí ventilátoru:

$$\eta_c = \eta_m * \eta_t * \eta_{vzd} * \eta_r [-]$$

η_m účinnost motoru [-]

η_t účinnost přenosu energie [-]

η_{vzd} účinnost pohonu s proměnnými otáčkami [-]

η_r účinnost rotoru ventilátoru (aerodynamická) [-]

Účinnost ventilátoru negativně ovlivňují ztráty energie. Hydraulické ztráty souvisí s prouděním vzduchu ventilátorem a projevují se snížením dopravního tlaku. Objemové ztráty se projevují zpětným prouděním vzduchu do sacího hrdla. Mechanické ztráty způsobuje tření pohyblivých částí ventilátoru.

Zvyšování účinnosti ventilátoru

- Účinnost přenosu energie je vyšší u ventilátorů poháněných napřímo. Řemenové pohony a převody účinnost snižují.
- Při použití řemenového pohonu je z hlediska účinnosti vhodnější plochý řemen.
- EC motory pro pohon ventilátoru mají vyšší účinnost než AC motory.
- Třífázové asynchronní motory jsou účinnější než jednofázové.
- Tříjádrové elektronicky kumutované elektromotory jsou účinnější než jednojádrové.
- U radiálních ventilátorů mají nejvyšší hydraulickou účinnost oběžná kola s dozadu zahnutými lopatkami.
- Radiální ventilátory s volným oběžným kolem dosahují při dodržení vhodné vzdálenosti oběžného kola od ventilátorové komory vyšší účinnosti než ventilátory se spirální skříní.



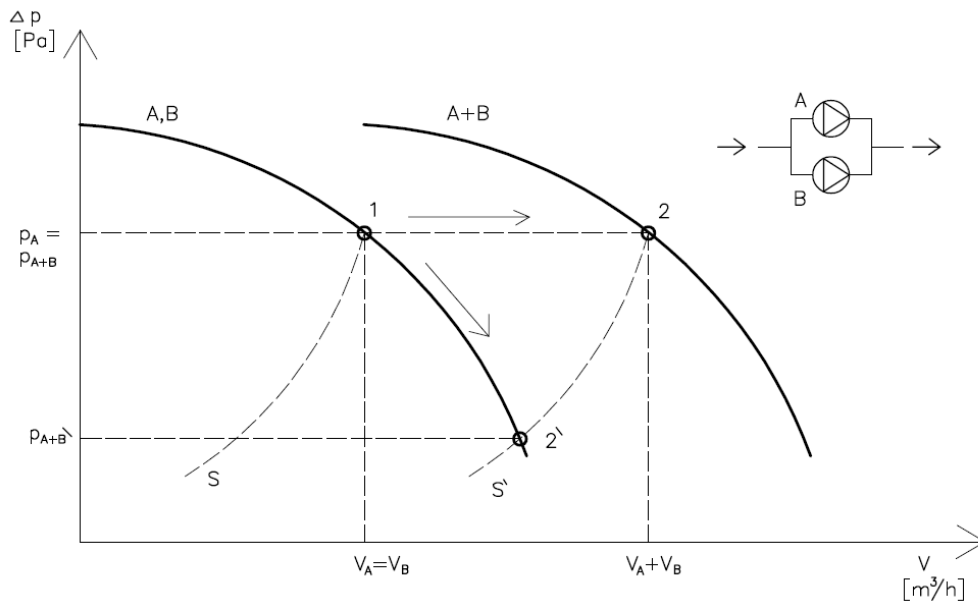
Obr. 8: Radiální ventilátor s řemenovým pohonem a spirální skříní [4]



Obr. 9: Úsporný ventilátor s volným oběžným kolem a přímým EC pohonem [5]

1.2.5 Paralelní zapojení ventilátorů

O paralelním chodu ventilátorů se hovoří, když dva nebo více ventilátorů dodávají vzduch do stejné potrubní sítě. Přitom je celkové množství dopravovaného vzduchu potrubním systémem dáno součtem průtoků vzduchu jednotlivými ventilátory. Dopravní tlak je však stejný. Paralelnímu provozu ve skutečnosti dochází již při použití oboustranně sacího ventilátoru, kdy vedle sebe pracují a do stejného potrubí dodávají vzduch dvě oběžná kola. [2, str. 91]



Obr. 10: Paralelní zapojení dvou stejných ventilátorů

V..... průtok vzduchu [m^3/h]

Δp dopravní tlak ventilátoru [Pa]

S, S' charakteristika potrubní sítě

1 pracovní bod - jeden ventilátor

2 pracovní bod - dva ventilátory (součet průtoků)

2' pracovní bod – dva ventilátory (stejná potrubní síť)

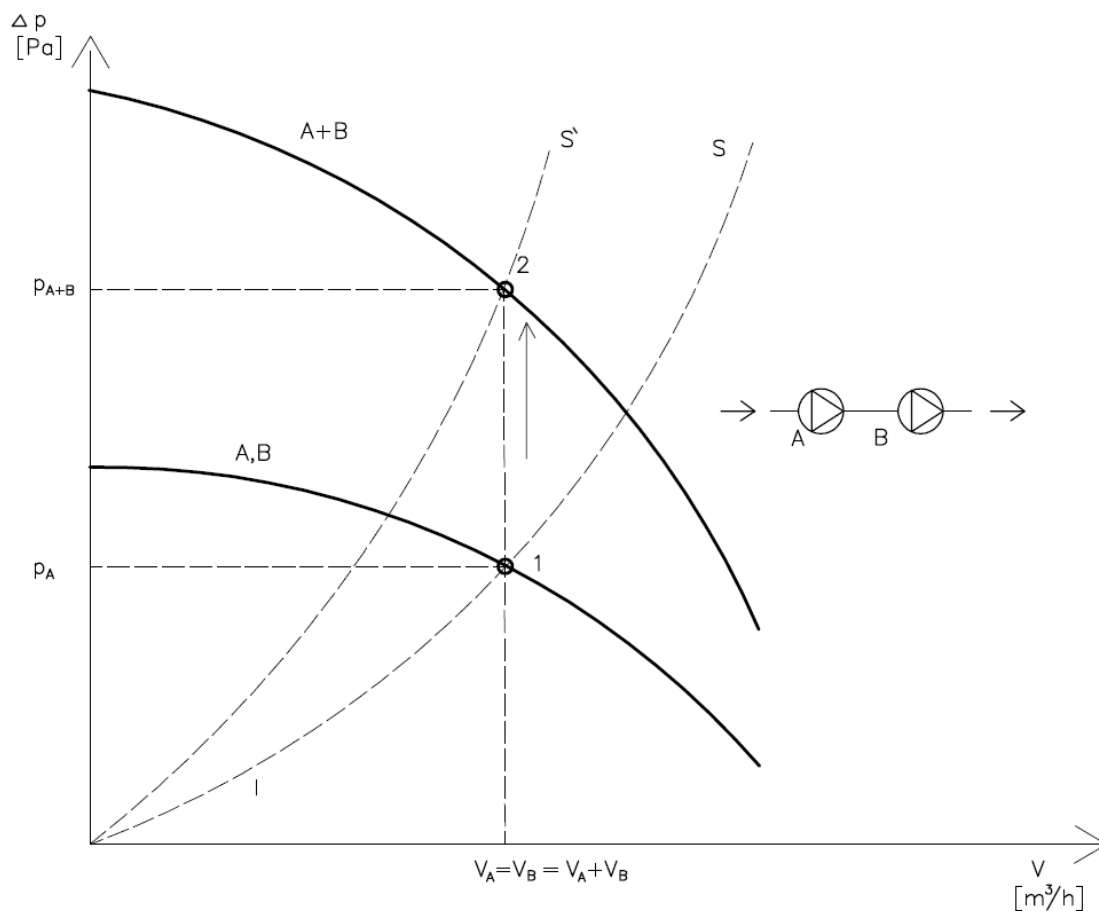
Při zapojení dvou stejných ventilátorů paralelně vznikne charakteristika, která má při stejném dopravním tlaku dvojnásobný průtok vzduchu. K tomu dojde, pokud je zachována stejná rychlost proudění vzduchu jako při použití jednoho ventilátoru, například při zvětšení průměru potrubí. Pokud se oba ventilátory zapojí do stejné potrubní sítě, nedojde k navýšení průtoku vzduchu na dvojnásobek.

Pro paralelní zapojení se používají ventilátory stejné nebo takové, které mají přibližně stejný dopravní tlak. Pokud by se paralelně osadily ventilátory, které mají rozdílný dopravní tlak, docházelo by k tomu, že by ventilátor s vyšším dopravním tlakem tlačil vzduch přes ventilátor s nižším dopravním tlakem.

1.2.6 Sériové zapojení ventilátorů

Sériové zapojení se běžně nepoužívá. Ve výjimečných případech, kdy není k dispozici tlakově více dimenzovaný ventilátor, zapojují se ventilátory do série. Známé jsou případy dvoustupňových axiálních ventilátorů, kdy na jednom hřídeli pracují za sebou dvě stejná oběžná kola. Projektant v praxi nahradí dvoustupňový axiální ventilátor sériově zapojenými stejnými axiálními ventilátory.

Pro sestavení výsledné charakteristiky platí zásada, že dopravované množství vzduchu je v pracovním bodě pro oba ventilátory stejné, dopravní tlak se sčítá. Ve skutečnosti toto nemusí být pravda, pokud se jedná o dopravní tlak, protože první ventilátor naruší před druhým ventilátorem proudění, takže vtok do druhého oběžného kola nemusí odpovídat původnímu záměru konstruktéra. Tlakový přínos druhého ventilátoru je potom nižší. [2, str. 93]



Obr. 11: Sériové zapojení dvou stejných ventilátorů

Vprůtok vzduchu [m^3/h]

Δpdopravní tlak ventilátoru [Pa]

S, S'charakteristika potrubní sítě

1pracovní bod - jeden ventilátor

2pracovní bod - dva ventilátory (součet dopravních tlaků)

Předpoklad sčítání dopravních tlaků při sériovém zapojení ventilátorů je možný při použití nízkotlakých a středotlakých ventilátorů. Od hodnoty přetlaku 3 kPa by už bylo nutné uvažovat se stlačením vzduchu.

1.3 Pohon ventilátorů

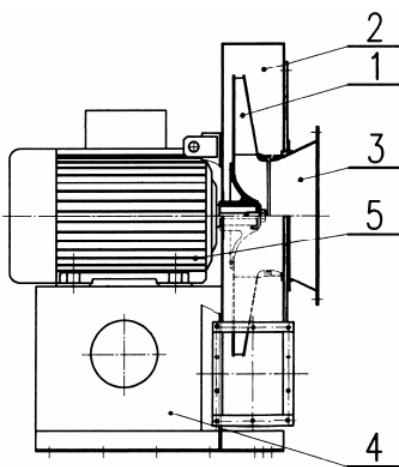
Malé ventilátory tradičně používají motory na střídavý proud s kotvou nakrátko. Jsou to nejméně účinné motory, ale jsou levné a spolehlivé. Progresivní výrobci přešli na účinnější a dražší elektronicky kumutované EC stejnosměrné motory. EC motory

mají integrovanou regulaci rychlosti VSD s vyšší účinností než VFD pohony u střídavých AC motorů- Některé malé ventilátory mají dokonce bezsenzorový řídicí algoritmus, který dokáže udržet konstantní objemový průtok vzduchu nebo konstantní dopravní tlak. Tyto motory mají mnohem nižší ztráty než indukční AC motory díky částečnému použití permanentních magnetů místo elektrického proudu v rotoru. Také nedochází k propadu rychlosti rotoru na rozdíl od indukčních AC motorů.

Pro velké motory se tradičně používají indukční (asynchronní) AC motory, z nichž nejúčinnější jsou třífázové motory se čtyřmi póly. Velké EC motory získávají na popularitě jak pro axiální, tak pro radiální ventilátory. EC motory jsou dražší než střídavé AC motory s VFD pohonem, avšak mají nižší náklady životního cyklu díky vyšší účinnosti, obzvláště v provozu při částečném zatížení. Také jsou tišší, menší a umožňují provedení kratších VZT jednotek. Velké motory (AC i EC) jsou napájeny třífázovým proudem. [6]

1.3.1 Pohon napřímo

Při pohonu ventilátoru napřímo je oběžné kolo nasazeno přímo na čepu hřídele elektromotoru. Z konstrukčního hlediska se jedná o nejjednodušší řešení.

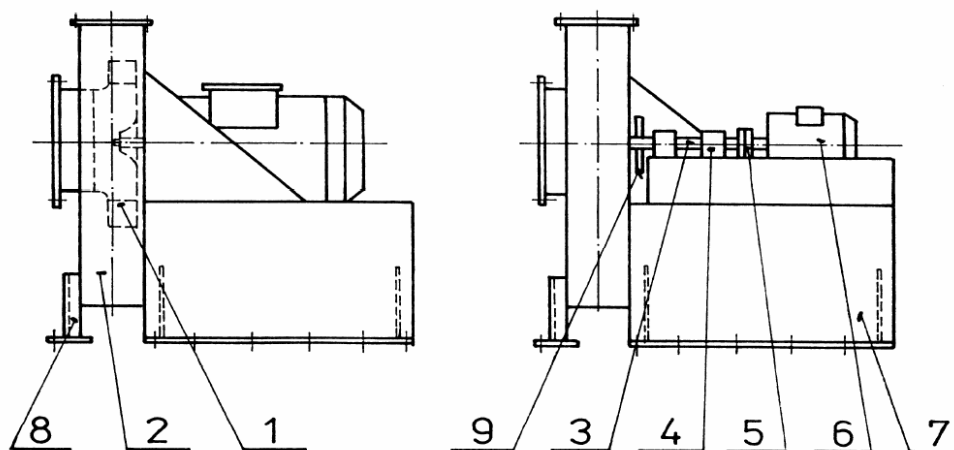


Obr. 12: Pohon ventilátoru napřímo [7]

- 1 oběžné kolo
- 2 spirální skříň
- 3 sací hrdlo
- 4 stolička
- 5 elektromotor

1.3.2 Pohon na spojku

Přenos kroutícího momentu z elektromotoru na oběžné kolo je umožněn pomocí spojky. Konstrukce se od pohonu napřímo příliš neliší. Výhodou pohonu ventilátoru na spojku je umožnění pozvolného rozběhu. Při použití hydrodynamické spojky dochází k utlumení rázů, kmitání a výkyvů v zatížení hřídele od oběžného kola. Tyto výhody jsou zejména uplatnitelné u ventilátorů pro velké vzduchové výkony.

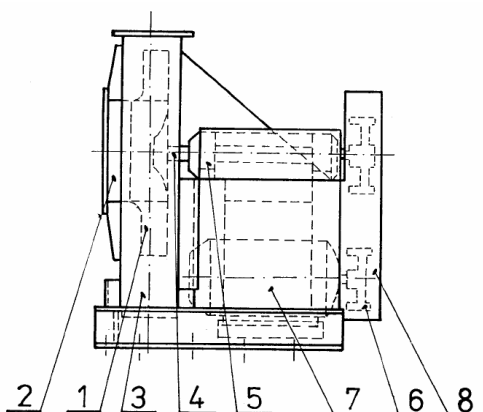


Obr. 13: Pohon Ventilátoru na spojku [8]

- 1 oběžné kolo
- 2 spirální skříň
- 3 hřídel
- 4 ložisková skříň
- 5 spojka
- 6 elektromotor
- 7 stolička
- 8 patka
- 9 chladičí kotouč

1.3.3 Pohon na řemen

Oběžné kolo ventilátoru je spojeno s hřídelí elektromotoru pomocí klínového řemenu. Toto spojení umožňuje převod otáček hřídele elektromotoru a oběžného kola. Nevýhodou tohoto pohonu je nutnost údržby a výměn řemenového spojení. Řemenový pohon má větší ztráty výkonu než pohon napřímo.



Obr. 14: Pohon ventilátoru na řemen [9]

- 1 oběžné kolo
- 2 sací hrdlo
- 3 spirální skříň
- 4 hřídel
- 5 ložisková skříň
- 6 řemenový převod
- 7 elektromotor
- 8 kryt

1.4 Regulace ventilátorů

Většina VZT a klimatizačních zařízení se neobejde bez možnosti nastavení průtoku vzduchu. Výkony vyráběných ventilátorů nemusí přesně odpovídat požadavkům zařízení a parametrům potrubní sítě, a proto je potřeba mít možnost průtok vzduchu regulovat. Bez regulace průtoku vzduchu se obejdou především různá podružná vzduchotechnická zařízení. Tři základní možnosti regulace ventilátorů jsou škrcením, změnou otáček a natáčením lopatek oběžného kola.

1.4.1 Regulace škrcením

Regulace škrcením byla dříve nejpoužívanějším způsobem regulace ventilátorů. Provádí se nejčastěji osazením klapky do potrubí. Při tomto způsobu se nemění charakteristika ventilátoru, ale vloženou tlakovou ztrátou dochází ke změně charakteristiky potrubní sítě. Z energetického hlediska je tento způsob regulace nevhodný. Část výkonu ventilátoru je spotřebována na překonání tlakové ztráty vytvořené klapkou. Tuto ztrátu energie lze vypočítat následujícím vztahem.

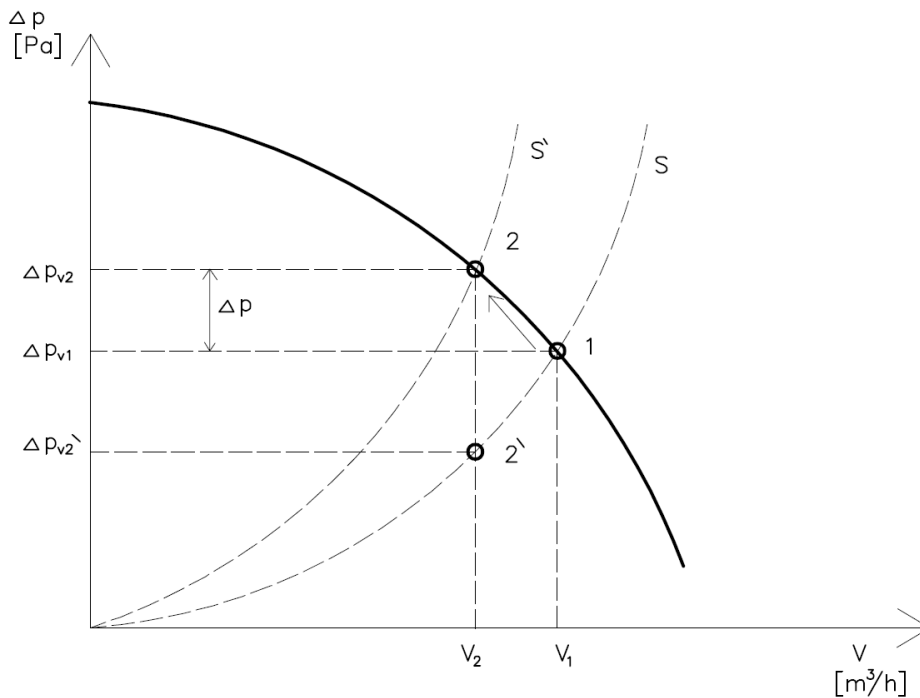
$$\Delta p = V_2 * (\Delta p_{v2} - \Delta p_{v2}') / \eta_{c2} \quad [10, \text{str. 201}]$$

V_2 snížený průtok vzduchu [m^3/h]

Δp_{v2} dopravní tlak ventilátoru při škrcení [Pa]

$\Delta p_{v2}'$ dopravní tlak podle původní charakteristiky [Pa]

η_{c2} celková účinnost ve škrceném pracovním bodě [-]



Obr. 15: Regulace ventilátoru škrcením

S charakteristika potrubní sítě výchozí

S charakteristika potrubní sítě škrcená

1 pracovní bod výchozí

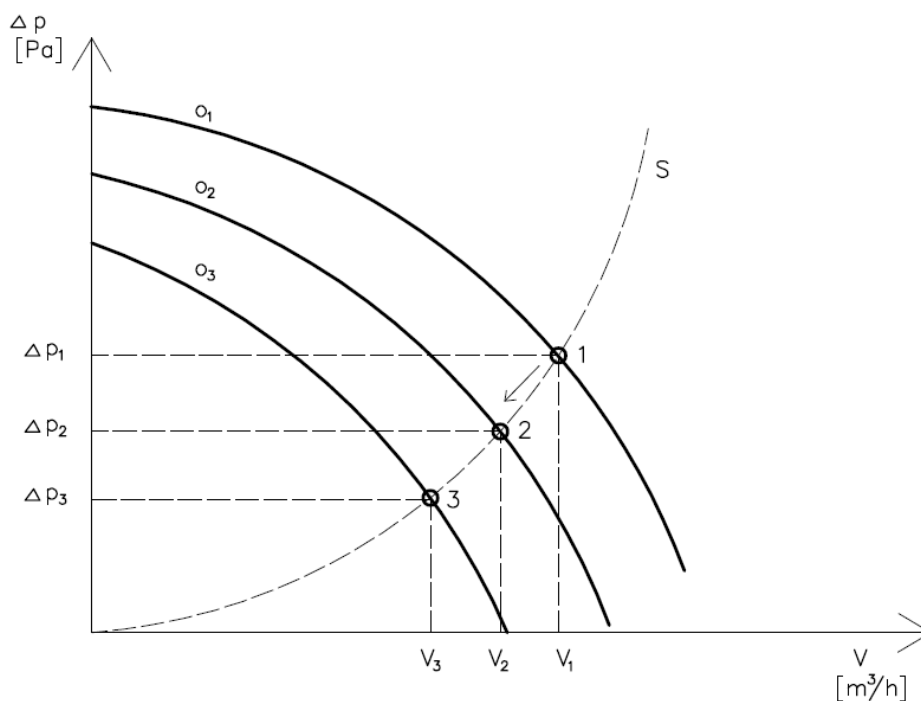
2 pracovní bod při škrcení

2' pracovní bod na neškrcené charakteristice

1.4.2 Regulace změnou otáček

Při změně otáček ventilátoru se jeho charakteristika tvarově výrazně nemění, ale bod maximální účinnosti se posouvá přibližně po parabole resp. při použití logaritmických stupnic po přímce. Při snížení otáček ventilátoru odpovídá menšímu průtoku vzduchu i nižší dopravní tlak, takže klesá nárok na příkon energie. Překážkou využívání regulace otáčkami jsou vysoké náklady na pořízení plynule regulovatelných elektromotorů. Určitým kompromisem je používání asynchronních elektromotorů s několika otáčkami. [2, str. 95] U ventilátorů poháněných nepřímo je regulace možná i změnou převodu pohonu.

Otáčky lze měnit přepínáním počtu polpárů asynchronních motorů (dvou – příp. tříotáčkových), nebo u velkých ventilátorů pohonem dvěma přepínatelnými motory. Při pohonu klínovými řemeny lze využít přestavitelných řemenic. Plynule lze měnit otáčky motorů s kroužkovou kotvou, motorů komutátorových, motorů na stejnosměrný proud a to změnou napětí. Velmi se rozšiřuje regulace asynchronních motorů s kotvou nakrátko změnou frekvence a napětí tyristorovými měniči., která umožňuje regulaci téměř v plném rozsahu průtoků. Dolní mez průtoků je dána potřebou odvést teplo, které vzniká ztrátami v motoru. [10, str. 203]



Obr. 16: Regulace změnou otáček

- O₁₋₃..... stupeň otáček
- S charakteristika potrubní sítě
- V₁₋₃..... průtok vzduchu na jednotlivých stupních [m³/h]
- Δp₁₋₃ dopravní tlak na jednotlivých stupních [Pa]
- 1,2,3 pracovní body na jednotlivých stupních otáček

1.4.3 Plynulá regulace EC ventilátorů

Jedná se o ventilátory, které pohání elektronicky kumutovaný synchronní motor. Někdy jsou nazývány jako bezkartáčové stejnosměrné motory. U elektronicky kumutovaných motorů jsou permanentní magnety umístěny přímo na rotoru. Ve statoru motoru jsou vinutí jednotlivých fází. Motor obsahuje Hallovy sondy, které snímají polohu rotoru. Údaj o poloze rotoru je nezbytný pro správné řízení otáček. Problematické je řízení při velmi nízkých otáčkách. Pro regulaci otáček se mění napájecí napětí. Současně se musí měnit i frekvence napájecího napětí tak, aby poměr mezi frekvencí a napájecím napětím byl konstantní.

Regulátory otáček pro EC ventilátory jsou vyráběny pro jednofázové i třífázové sítě. Kromě řízení otáček mohou být doplněny o funkce měření teploty, rychlosti proudění nebo tlaku. Požadované otáčky jsou nastavovány vnějším signálem, nebo zabudovaným potenciometrem a jsou udržovány na požadované hodnotě.

1.4.4 Regulace změnou polohy lopatek

Regulace výkonu se provádí natáčením lopatek oběžného kola za chodu a přepínáním otáček elektromotoru. Mechanismus zajišťující regulaci výkonu ventilátoru natáčením lopatek se skládá z hydraulického válce, rotačního převaděče a snímače polohy a je umístěn na čele oběžného kola. Řízení natáčení lopatek se provádí třícestným hydraulickým ventilem, který je umístěn na hydraulickém agregátu umístěným vně ventilátoru. Hřídel oběžného kola je uložen ve dvou valivých ložiskách. Oběžné kolo je na hřídeli nasazeno letmo. Ložiska jsou umístěna uvnitř jádra difuzoru. Elektromotor je spojen s rotorem ventilátoru pružnou spojkou. Chlazení je nepřímé pomocí dalšího ventilátoru, který vhání vzduch do prostoru jádra difuzoru. [11]

S regulací pomocí natáčení lopatek oběžného kola se můžeme setkat například u ventilátorů pro větrání silničních železničních tunelů. Konstruktivní řešení mechanismu natáčení lopatek je složité a nákladné.

1.5 Hodnocení energetické účinnosti ventilátorů

Zvyšující se požadavky na úsporu elektrické energie pro pohon ventilátorů s ohledem na vliv na životní prostředí vedou k zavádění norem a předpisů, které stanovují minimální parametry účinnosti a klasifikují ventilátory z hlediska energetické náročnosti. Tímto je vyvíjen tlak na výrobce, kteří musí zavádět nové technologie pro výrobu energeticky efektivnějších zařízení.

1.5.1 Posouzení energetické účinnosti podle EN 13779

Pro spotřebu elektrické energie k přepravě vzduchu definuje norma EN 13779 tzv. Specifický výkon ventilátoru. Označuje „kombinované množství spotřebovaného elektrického výkonu všech ventilátorů v systému distribuce vzduchu, vydělené celkovým objemovým proudem vzduchu budovou při projektovaných zátěžích v $W/m^3/s$. Je při tom závislý na současnosti dějů a skutečné spotřebě. To znamená, spínací podmínky a také plynulá regulace vstupují přímo do specifické spotřeby a rozšiřují nezanedbatelným způsobem konstrukci zařízení s jejími malými rychlostmi vzduchu a minimálními ztrátami tlaku. Také zde platí zásada: Uživatel a projektant předem stanoví specifický výkon ventilátoru zařízení, aby se obdržela definovaná veličina pro spotřebu energie.[12]

Kategorie	Specifický výkon
-	$[W/(m^3/s)]$
SFP1	<500
SFP2	500-750
SFP3	750-1250
SFP4	1250-2000
SFP5	2000-3000
SFP6	3000-4500
SFP7	>4500

Tab. 1: Klasifikace specifického výkonu ventilátoru

Specifický výkon ventilátorů může být hodnotícím kritériem pro celou budovu, vzduchotechnické zařízení nebo samostatný ventilátor. Při posouzení pro samostatný ventilátor se použije následující vztah:

$$SFP = P / q_v [W/(m^3/s)]$$

P..... Příkon ventilátoru [W]

q_v objemový průtok vzduchu [m^3/s]

Při posouzení pro vzduchotechnickou jednotku s přívodním a odvodním ventilátorem se specifický výkon ventilátoru určí následujícím vztahem:

$$SFP = (P_p + P_o) / q_{\max} [W / (m^3 / s)]$$

P_p Příkon přívodního ventilátoru [W]

P_o Příkon odvodního ventilátoru [W]

q_{\max} větší z hodnot přívodního a odvodního průtoku vzduchu [m^3/s]

Podle vyhlášky 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov je hodnota specifického výkonu ventilátoru systému nuceného větrání pro referenční budovu 1750 W/(m^3/s), která odpovídá kategorii SFP 4.

1.5.2 Hodnocení podle nařízení Komise EU č. 327/2011

Tímto nařízením se stanoví požadavky na ecodesign ventilátorů poháněných elektromotory s příkonem v rozmezí od 125 W do 500 kW. Cílem tohoto nařízení je vztážením požadavků na energetickou účinnost i na ventilátory, které jsou zabudované do jiných výrobků.

Přípravná studie ukázala, že ventilátory poháněné elektromotory s příkonem od 125 W do 500 kW jsou na trh EU dodávány ve velkém množství, přičemž nejvýznamnějším environmentálním aspektem všech fází jejich životního cyklu je jejich spotřeba energie ve fázi používání. [13]

Nařízení se nevztahuje na ventilátory, které jsou poháněny elektromotorem, který plní jinou funkci a má příkon do 3 kW. Příkladem může být ventilátor pro chlazení elektrické vrtačky, který je osazen na společné hřídeli elektromotoru. Dále se nařízení nevztahuje na požární ventilátory, které jsou provozovány pouze nouzově, a některé další specifické případy uvedené článku o předmětu a oblasti působení. Nařízení Komise EU také stanovuje požadavky na informace, které musí výrobce u ventilátorů uvádět.

Typ ventilátoru	Kategorie měření (A–D)	Kategorie účinnosti (statická nebo celková)	Rozmezí P v kW	Cílová energetická účinnost	Třída účinnosti (N)
Axiální ventilátor	A, C	statická	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	40
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
	B, D	celková	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	58
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
Radiální ventilátor s dopředu zahnutými lopatkami a radiální ventilátor s rovnými lopatkami	A, C	statická	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	44
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
	B, D	celková	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	49
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
Radiální ventilátor s dozadu zahnutými lopatkami bez krytu	A, C	statická	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	62
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
Radiální ventilátor s dozadu zahnutými lopatkami s krytem	A, C	statická	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	61
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
	B, D	celková	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{cl} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	64
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{cl} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	

Tab. 2: Požadavky na účinnost ventilátorů od 1. Ledna 2015 [13]

Při hodnocení účinnosti ventilátoru se zohledňuje kategorie měření (A, B, C, D). V kategorii „A“ se měří ventilátor s volným vstupem i výstupem. V kategorii měření „B“ má ventilátor volný vstup a na výstupu má namontované potrubí. V kategorii „C“ je potrubí namontováno na vstupní straně a výstup je volný. V kategorii „D“ je potrubí na sací i výtlačné straně.

Cílová účinnost ventilátoru

Cílovou energetickou účinností je hodnota, které musí ventilátor minimálně dosáhnout, aby splnil požadavky nařízení. Cílová účinnost zohledňuje kategorii měření, konstrukci ventilátoru a příkon motoru.

$$\eta_{cl} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N [\%] \text{ (příklad pro axiální ventilátor - } P < 10 \text{ kW)}$$

P..... příkon ventilátoru [kW]

N..... třída účinnosti [%]

Výpočet účinnosti ventilátoru

Účinnost ventilátoru je vypočítána jako poměr plynového výkonu ventilátoru k příkonu elektromotoru. Plynový výkon ventilátoru je součin objemového průtoku plynu a tlakového rozdílu. Pokud se ventilátor dodává jako kompletní výrobek, měří se jeho příkon a plynový výkon při optimální hodnotě energetické účinnosti.

$$\eta_c = P_u / P_{ed} * C_c \text{ [%]}$$

η_c celková účinnost ventilátoru [%]

P_u plynový výkon ventilátoru [kW]

P_{ed} příkon ventilátoru při optimální účinnosti [kW]

Pokud má ventilátor pohon s proměnnými otáčkami, upravuje se celková účinnost ventilátoru kompenzačním koeficientem částečného zatížení.

$$\eta_c = P_u / P_{ed} * C_c \text{ [%]}$$

P_u plynový výkon ventilátoru [kW]

P_{ed} příkon ventilátoru při optimální účinnosti [kW]

C_c kompenzační koeficient částečného zatížení [-]

$$C_c = 1,04 \text{ [-]} \text{ (pro ventilátory s příkonem } P_{ed} \geq 5 \text{ kW)}$$

$$C_c = -0,03 \ln(P_{ed}) + 1,088 \text{ [-]} \text{ (pro ventilátory s příkonem } P_{ed} < 5 \text{ kW)}$$

Plynový výkon ventilátoru se určí následujícím vztahem:

$$P_u = q * p_f * k_p \text{ [kW]}$$

q..... objemový průtok plynu [m³/s]

p_f tlakový rozdíl [Pa]

k_p koeficient stlačitelnosti plynu [-]

Pokud se ventilátor dodává jako sestava dílů, která obsahuje minimálně rotor, ale ke své funkci přeměny elektrické energie na plynový výkon potřebuje další prvek (jedná se o nedokončenou sestavu), počítá se celková účinnost následujícím vztahem:

$$\eta_c = \eta_r * \eta_m * \eta_T * C_m * C_c [\%]$$

P_u plynový výkon ventilátoru [kW]

P_{ed} příkon ventilátoru při optimální účinnosti [kW]

η_r účinnost rotoru ventilátoru [%]

η_m jmenovitá účinnost elektromotoru [%]

η_T účinnost pohonného mechanismu [%]

1.6 Volba ventilátoru

Typ použitého ventilátoru je především dán požadovanými výkonovými hodnotami (dopravním tlakem a průtokem) a dostupným sortimentem výrobků. Výrobci pokrývají výkonové pole převážně radiálními ventilátory jedno – i oboustranně sacími. Z axiálních ventilátorů jsou vyráběny typy s pevnými i s natáčivými lopatkami oběžného kola. Axiální ventilátory jsou vhodné pro velké průtoky při malých a středních dopravních tlacích. Při požadavku vyšší výkonnosti, než může vyvinout jeden ventilátor, řadí se ventilátory do série nebo paralelně. Diametrální ventilátory poskytují velké tlaky. Diagonální ventilátory našly uplatnění v některých nástřešních odsávacích jednotkách. [10, str. 203]

1.6.1 Aspekty při výběru ventilátorů

Při výběru ventilátoru je nutné současně zohlednit několik faktorů. Primárně vycházíme z požadovaného dopravního tlaku a průtoku vzduchu. Současně zohledňujeme účinnost a příkon. Dále je nutné posoudit v jakém prostředí se ventilátor nachází, prostorové nároky a možné znečištění dopravovaného vzduchu.

Dopravní tlak a průtok vzduchu

Tyto parametry jsou dány charakteristikou ventilátoru, kterou udává výrobce. Axiální ventilátory se obecně používají pro nižší dopravní tlaky. Radiální ventilátory mohou být v závislosti na konstrukci lopatkového kola nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké.

Účinnost a příkon

Hodnoty účinnosti a příkonu jsou dány charakteristikami výrobce. Ventilátor navrhujeme tak, aby při návrhovém průtoku vzduchu a dopravním tlaku byla účinnost nejvyšší. Tím dosáhneme hospodárného provozu.

Umístění

Při návrhu musíme zohlednit, zda se ventilátor nachází ve venkovním nebo vnitřním prostředí, případně jakým vlivům bude ventilátor vystaven (v interiéru i exteriéru). Od umístění se také odvíjí požadavky na elektrické připojení zařízení.

Požární odolnost

Ventilátory pro požární větrání musí splňovat požadovanou třídu požární bezpečnosti a tomu musí také odpovídat materiál a konstrukce. Ventilátor musí běžet i při požáru a vzduchotechnický systém musí zajistit, že ventilátor pracuje v souladu se specifickými požadavky podle aplikace. [14]

Prostorové nároky

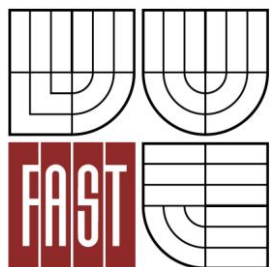
Radiální a diametrální ventilátory mají kompaktní rozměry vhodné k umístění do vzduchotechnických jednotek a klimatizačních zařízení. Axiální ventilátory jsou vzhledem k malému rozměru ve směru proudění vzduchu vhodné k umístění do stěny nebo jako krátká sekce v sestavných zařízeních. Větší prostorové nároky mají ventilátory s nepřímým pohonem než ventilátory poháněné napřímo.

Chemická a mechanická odolnost

Při odsávání vzduchu z chemických a laboratorních provozů musí být ventilátor odolný proti agresivním chemickým sloučeninám, používají se plastové materiály. Dále musí být materiál odolný proti korozi. Řešením u kovových ventilátorů je použití pozinkovaného plechu, nerezavějící oceli nebo povrchová úprava práškovými barvami. Pokud ventilátor dopravuje vzduch, který obsahuje mechanické částice, například odtahové ventilátory z dřevovýroby a kovovýroby, musí mít konstrukci, která minimalizuje zanášení a mechanicky odolné lopátkové kolo a ventilátorovou skříň.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ÚSPORNÉ VENTILÁTORY V TECHNICE PROSTŘEDÍ

SAVING FANS IN HVAC SYSTEMS

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN KLÜGL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016

1 VZT zařízení pro bytový dům

1.1 Analýza objektu

Jedná se o stavbu bytového domu se čtyřmi podlažími. První nadzemní podlaží slouží částečně jako kryté parkovací stání a dále pro technické místnosti, sklepy a skladovací prostory. Ve druhém, třetím a čtvrtém nadzemním podlaží se nachází bytové jednotky o dispozici 2+kk. Celkem je v objektu 24 bytových jednotek, kdy na každém podlaží se nachází 8 bytů. Komunikační prostor tvoří centrální chodba v každém podlaží a schodiště. Světlá výška podlaží je 3 m. V koupelnách a předsíních bytů se nachází podhled, který snižuje světlovou výšku na 2,6 m a na chodbě je podhled se světlostí 0,7 m. Vytápění objektu a příprava teplé vody je zajištěna centrální plynovou kotelnou. V bytech se nenachází plynové spotřebiče.

1.2 Průtoky vzduchu a tlakové poměry

Množství přiváděného vzduchu a dávek vzduchu pro větrání vychází z požadavků uvedených ve vyhlášce 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Množství vzduchu pro větrání kuchyní a koupelen vychází z normy 15 665/1 Větrání budov.

Účel místnosti	Plocha	Objem	Přívod vzduchu	Odvod vzduchu	Výměna
-	[m ²]	[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[h ⁻¹]
Obývací pokoj + kk	28,27	56,54	150	150	2,65
Ložnice	14,5	43,5	50	0	1,15
Předsíň	5,64	14,66	90	90	6,14
Koupelna	3,94	10,24	0	90	8,79
Šatna	3,71	9,65	40	0	4,15
celkem	56,06	134,59	240	240	1,78

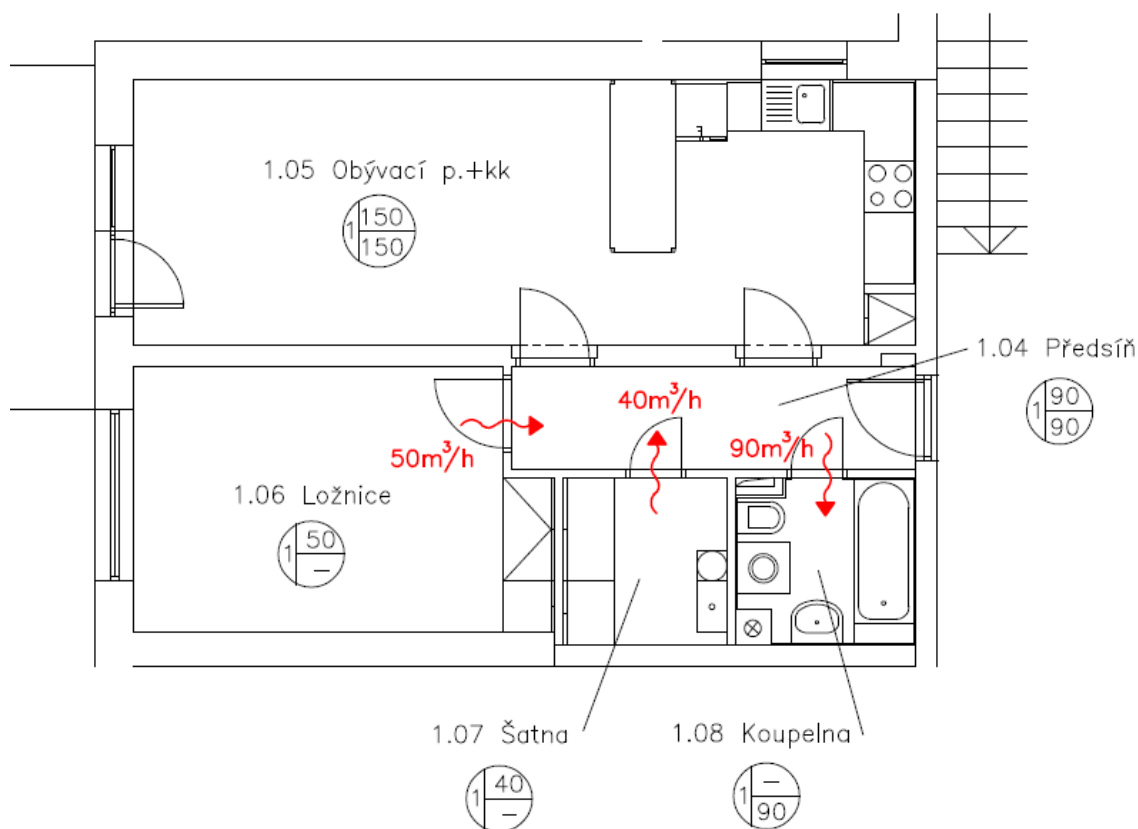
Tab. 3: Výměna vzduchu v místnostech bytu

V bytě se předpokládá obsazenost 2 osob. Dávka čerstvého vzduchu na jednu osobu je 25 m³/h, a proto je množství přiváděného vzduchu do ložnice 50 m³/h. Pro větrání kuchyně norma 15 665/1 doporučuje dávku vzduchu 150 m³/h a pro koupelnu 90 m³/h.

V ložnici a šatně bude vzduch pouze přiváděn a odtah bude zajištěn z koupelny. Obývací pokoj s kuchyňským koutem bude mít stejné množství přiváděného i

odváděného vzduchu. Byt jako celek bude větrán rovnotlakým systémem. Při velmi nízkých nebo naopak extrémně vysokých venkovních teplotách bude množství vzduchu sníženo na polovinu.

Pro decentrální vzduchotechnické jednotky je návrhový průtok vzduchu $240 \text{ m}^3/\text{h}$ pro jeden byt. Centrální jednotka zajišťující přívod a odvod vzduchu v rámci celého bytového domu (24 bytových jednotek) má návrhový průtok vzduchu $5760 \text{ m}^3/\text{h}$.



Obr. 17: Tlakové poměry a dávky vzduchu v bytě

1.3 Distribuce vzduchu

Distribuce vzduchu je zajištěna koncovými elementy vzduchotechnického potrubí umístěními v podhledu nebo ve stěně. V koupelně a šatně jsou jako distribuční prvek použity talířové ventily umístěné v podhledu. V obývacím pokoji s kuchyňským koutem jsou pro distribuci vzduchu použity obdélníkové stěnové vyústky. Pro distribuci vzduchu mezi podtlakově a přetlakově větránými místnostmi budou osazeny dvevní mřížky nebo bude ponechána mezera mezi dveřmi a podlahou.

Ložnice

Pro přívod vzduchu do ložnice je navržena obdélníková stěnová vyústka s vodorovnými nastavitelnými lamelami SVM-NV 20 s regulací R1 o rozměrech 200 x 50 mm. Tato vyústka má při zadaném průtoku 50 m³/h, otevření regulace 75 % a efektivní rychlosti 1,69 m/s tlakovou ztrátu 3 Pa a hladinu akustického výkonu pod 20 dB(A).

$$S_{ef,p} = V_p / v_0 = (50/3600)/2 = \underline{0,0069 \text{ m}^2} \Rightarrow S_{ef} = 0,0082 \text{ m}^2$$

$$v_{ef} = V_p / S_{ef} = (50/3600)/0,0082 = \underline{1,69 \text{ m/s}}$$

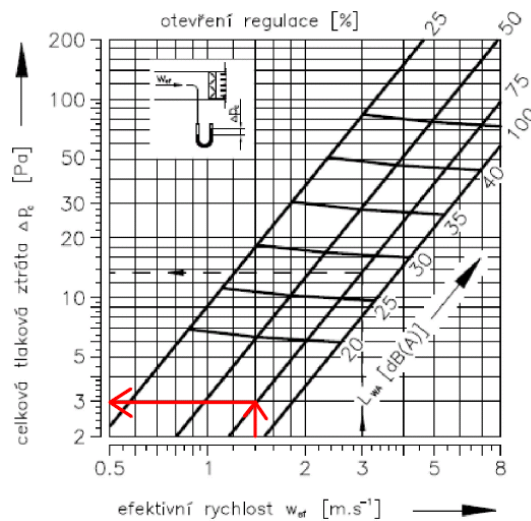
V_p objemový průtok přívodního vzduchu [m³/s]

v_0 návrhová rychlost vzduchu ve vyústce [m/s]

$S_{ef,p}$ požadovaná plocha vyústky [m²]

S_{ef} efektivní plocha zvolené vyústky [m²]

v_{ef} efektivní rychlost zvolené vyústky [m/s]



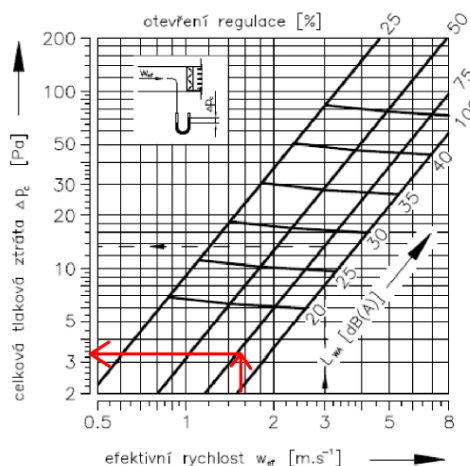
Obr. 18: Návrh stěnové vyústky pro ložnici

Obývací pokoj s kuchyňským koutem

Pro přívod a odvod vzduchu v obývacím pokoji s kuchyňským koutem jsou navrženy obdélníkové stěnové vyústky s vodorovnými nastavitelnými lamelami SVM-NV 20 s regulací R1 o rozměrech 200 x 150 mm. Tato vyústka má při zadaném průtoku 150 m³/h, otevření regulace 75 % a efektivní rychlosti 1,766 m/s tlakovou ztrátu 3 Pa a hladinu akustického výkonu pod 20 dB(A).

$$S_{ef,p} = V_p / v_0 = (150/3600) / 2 = \underline{0,0208 \text{ m}^2} \Rightarrow S_{ef} = 0,0236 \text{ m}^2$$

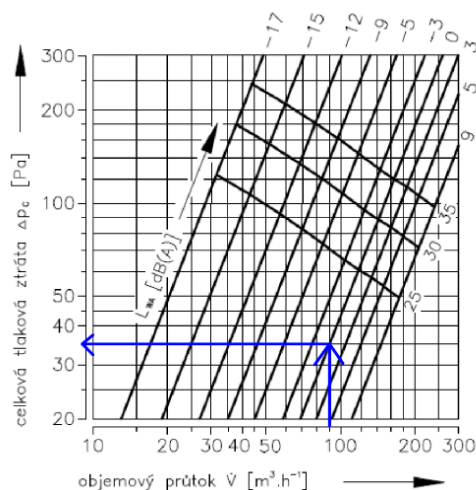
$$v_{ef} = V_p / S_{ef} = (150/3600) / 0,0236 = \underline{1,766 \text{ m/s}}$$



Obr. 19: Návrh stěnové vyústky v obývacím pokoji

Koupelna

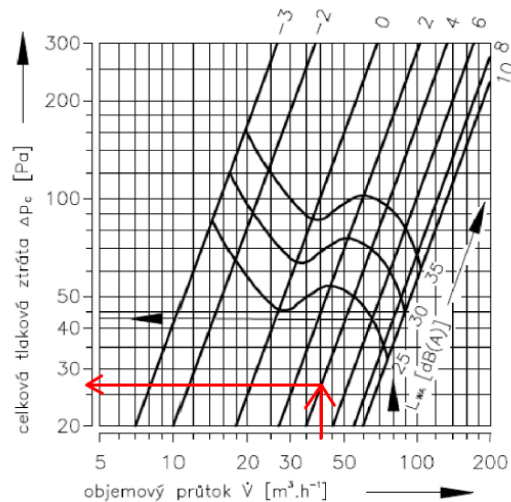
Pro odvod vzduchu z koupelny je navržen talířový ventil TVOM 125, který má při návrhovém průtoku vzduchu 90 m³/h tlakovou ztrátu 35 Pa a hladinu akustického výkonu pod 20 dB(A). Průměr přípojovacího potrubí je 125 mm.



Obr. 20: Návrh talířového ventilu pro koupelnu

Šatna

Pro přívod vzduchu do šatny je navržen talířový ventil TVPM 100, který má při návrhovém průtoku vzduchu 40 m³/h tlakovou ztrátu 27 Pa a hladinu akustického výkonu pod 20 dB(A). Průměr přípojovacího potrubí je 100 mm.



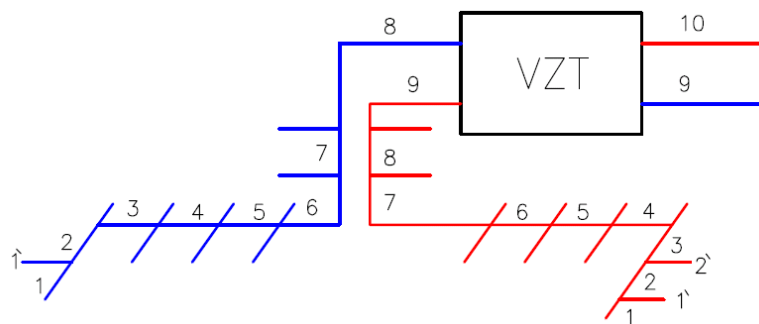
Obr. 21: Návrh talířového ventilu pro předsín

1.4 Varianta 1 – centrální VZT zařízení

V první variantě je pro bytový dům navrženo centrální vzduchotechnické zařízení. Zařízení zajišťuje rovnotlaké větrání bytových jednotek s filtrací, ohřevem a případným vlhčením vzduchu v zimním období. Součástí zařízení je prvek pro zpětné získávání tepla.

1.4.1 Dimenzování potrubí

Pro hlavní rozvod do jednotlivých podlaží je použito čtyřhranné vzduchotechnické potrubí. Pro odbočky do bytů a rozvod v bytech je použito kruhové potrubí s flexi hadicemi sloužícími jako tlumiče hluku.



Obr. 22: Dimenzační schéma

úsek	V_v	v'	S'	d'	AxB	d	v
-	[m ³ /h]	[m/s]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
1	50	2,5	0,006	0,084	-	0,100	1,77
1'	150	2,5	0,017	0,146	-	0,160	2,07
2	200	2,8	0,020	0,159	-	0,160	2,76
2'	40	2,5	0,004	0,075	-	0,100	1,41
3	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
4	480	3,2	0,042	0,230	180x315	0,229	3,24
5	960	3,4	0,078	0,316	315x315	0,315	3,42
6	1440	3,6	0,111	0,376	450x315	0,371	3,70
7	1920	3,8	0,140	0,423	630x315	0,420	3,85
8	3840	4,0	0,267	0,583	630x500	0,558	4,36
9	5760	4,5	0,356	0,673	800x560	0,659	4,69
10	5760	4,5	0,356	0,673	800x560	0,659	4,69

Tab. 4: Dimenzování přívodního potrubí

úsek	V_v	v'	S'	d'	AxB	d	v
-	[m ³ /h]	[m/s]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
1	150	2,5	0,017	0,146	-	0,160	2,07
1'	90	2,5	0,010	0,113	-	0,125	2,04
2	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
3	480	3,2	0,042	0,230	180x315	0,229	3,24
4	960	3,4	0,078	0,316	315x315	0,315	3,42
5	1440	3,6	0,111	0,376	450x315	0,371	3,70
6	1920	3,8	0,140	0,423	630x315	0,420	3,85
7	3840	4,0	0,267	0,583	630x500	0,558	4,36
8	5760	4,5	0,356	0,673	800x560	0,659	4,69
9	5760	4,5	0,356	0,673	800x560	0,659	4,69

Tab. 5: Dimenzování odvodního potrubí

V_v objemový průtok vzduchu [m³/h]

v' návrhová rychlost vzduchu [m/s]

S' odpovídající průřezová [m²]

d' odpovídající průměr kruhového potrubí [m]

AxB navržený průměr čtyřhranného potrubí [m]

d rovnocenný průměr navrženého potrubí [m]

v odpovídající rychlost vzduchu [m/s]

1.4.2 Návrh centrální VZT jednotky

Centrální vzduchotechnická jednotka umístěná na střeše bytového domu obsahuje radiální ventilátory na přívodu a odvodu vzduchu, kapsové filtry třídy G3 na odvodu a M5 na přívodu. Dále je jednotka osazena vodním ohřívacem a parním zvlhčovačem vzduchu pro požadovanou úpravu vzduchu. Pro zpětné získávání tepla je osazen deskový rekuperátor s eliminátorem kapek a obtokovou klapkou. Vzduchotechnická jednotka je ve venkovním provedení se základovým rámem a ochrannou stříškou.

Návrhový průtok vzduchu:

$$V_p = V_o = n * V_1 = 24 * 240 = \underline{5760 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

$V_{p,o}$ objemový průtok přívodního a odvodního vzduchu [m^3/h]

V_1 objemový průtok vzduchu pro jeden byt [m^3/h]

n počet bytů v domě [-]

Externí tlaková ztráta přívodního potrubí: (uvažovaná tlaková ztráta potrubního rozvodu 2 Pa/m)

$$\Delta p_p = R \times L + \Delta p_v + \Delta p_z = 2 \times 51 + 27 + 10 = \underline{139 \text{ Pa}}$$

R tlaková ztráta potrubního rozvodu [Pa/m]

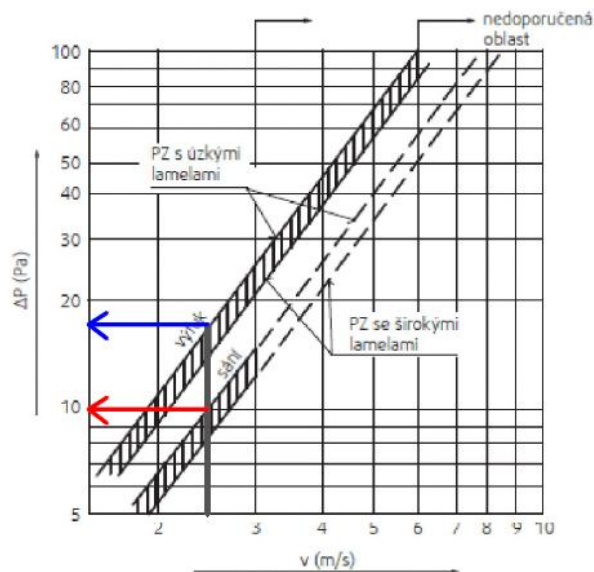
L délka potrubního rozvodu [m]

Δp_v tlaková ztráta vyústky [Pa]

Δp_z tlaková ztráta protidešťové žaluzie [Pa]

Externí tlaková ztráta odvodního potrubí:

$$\Delta p_o = R \times L + \Delta p_v + \Delta p_z = 2 \times 48 + 35 + 17 = \underline{148 \text{ Pa}}$$

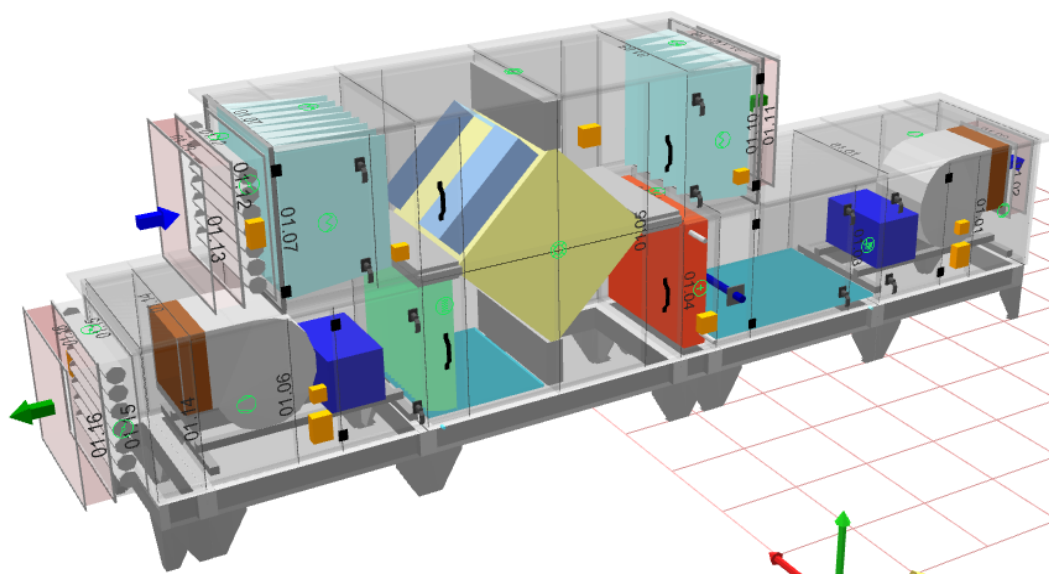


Obr. 23: Tlakové ztráty protidešťových žaluzií

Navrženy jsou na přívodním i odvodním potrubí protidešťové žaluzie PZAL o rozměru 1120 x 710 mm s efektivní plochou 0,64 m². Velikost je navržena tak, aby nebyla překročena rychlost proudění 2,5 m/s ve volném průřezu.

$$v_{ef} = V_p / S_{ef} = (5670 / 3600) / 0,64 = \underline{2,46 \text{ m/s}}$$

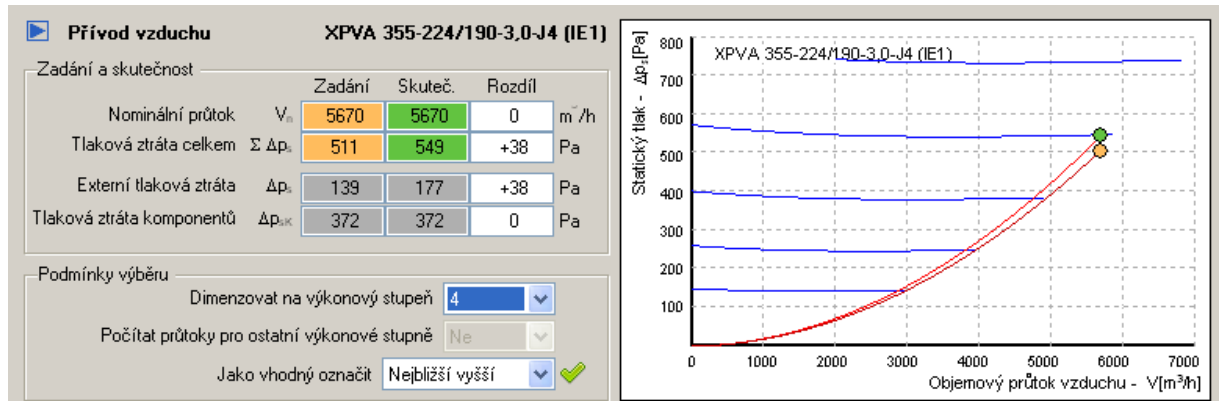
Centrální vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 10 je navržena v návrhovém programu Aerocad společnosti Remak, a.s. Jednotka je pro umístění na střeše objektu ve venkovním provedení, opatřená základovým rámem a stříškou proti povětrnostním vlivům.



Obr. 24: Centrální vzduchotechnická jednotka

Přívodní ventilátor

Pro přívod vzduchu je navržen radiální ventilátor s řemenovým pohonem a spirální skříní XPVA 355-224/190-3,0j4. Při průtoku vzduchu 5670 m³/h pracuje na čtvrtý výkonový stupeň, má dopravní tlak 549 Pa a příkon motoru 2,28 kW. Při útlumovém režimu je nastaven druhý výkonový stupeň, při kterém má ventilátor množství dopravovaného vzduchu 3700 m³/h dopravní tlak 249 Pa a příkon motoru 0,68 kW.



Obr. 25: Návrh přívodního ventilátoru

Celková účinnost přívodního ventilátoru při návrhovém průtoku vzduchu:

$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((5670 / 3600) * 549) / 2280 = \underline{37,9 \%}$$

η účinnost ventilátoru [%]

V_v objemový průtok vzduchu [m³/s]

Δp tlakový rozdíl [Pa]

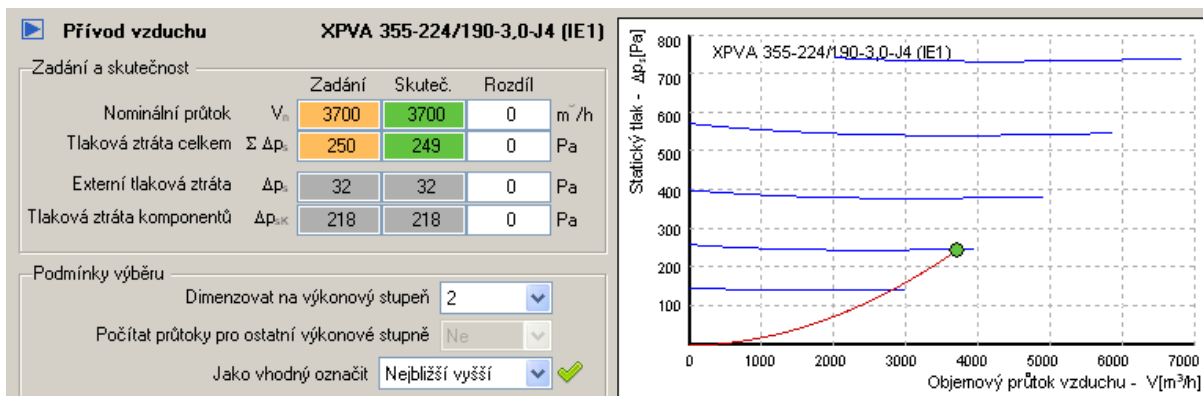
P příkon ventilátoru [W]

Specifický výkon přívodního ventilátoru při návrhovém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 2280 / (5670 / 3600) = \underline{1448 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

P příkon ventilátoru [kW]

q_v objemový průtok vzduchu [m³/s]



Obr. 26: Přívodní ventilátor při sníženém průtoku vzduchu

Celková účinnost přívodního ventilátoru při druhém výkonovém stupni:

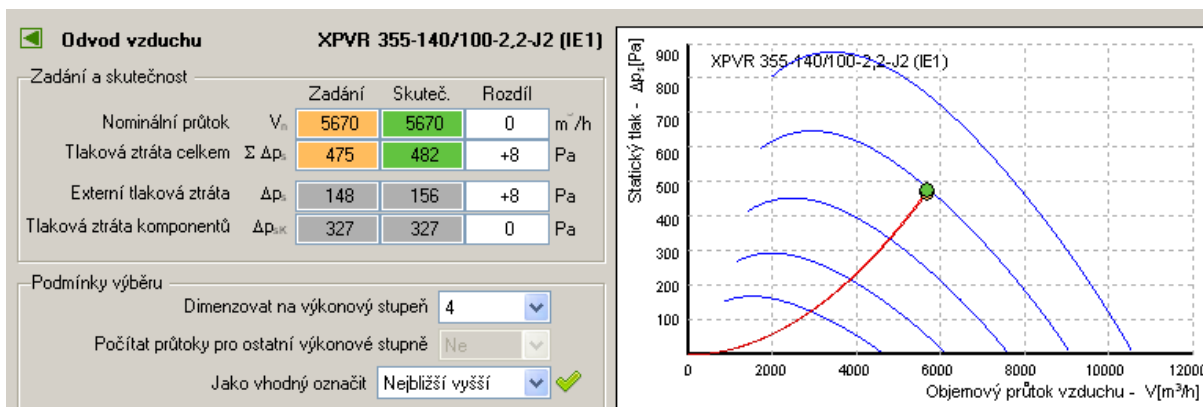
$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((3700 / 3600) * 249) / 680 = \underline{37,6 \%}$$

Specifický výkon přívodního ventilátoru při sníženém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 680 / (3700 / 3600) = \underline{662 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

Odvodní ventilátor

Pro odvod vzduchu je navržen radiální ventilátor s řemenovým pohonem a spirální skříní XPVR 355-140/100-2,2-j2. Při průtoku vzduchu 5670 m³/h pracuje ventilátor na čtvrtém výkonovém stupni, má dopravní tlak 482 Pa a příkon motoru 1,65 kW. Při útlumovém režimu je ventilátor nastaven na druhý výkonový stupeň, má průtok dopravovaného vzduchu 3800 m³/h dopravní tlak 221 Pa a příkon motoru 0,50 kW.



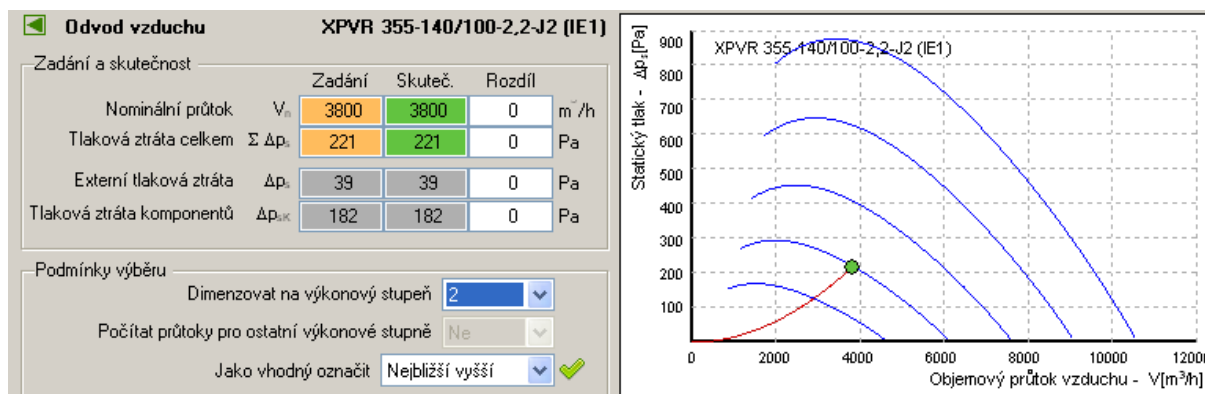
Obr. 27: Návrh odvodního ventilátoru

Celková účinnost odvodního ventilátorů při 100% průtoku:

$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((5670 / 3600) * 482) / 1650 = \underline{46 \%}$$

Specifický výkon odvodního ventilátoru při návrhovém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 1650 / (5670 / 3600) = \underline{1031 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$



Obr. 28: Odvodní ventilátor při druhém výkonovém stupni

Celková účinnost odvodního ventilátorů při druhém výkonovém stupni:

$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((3800 / 3600) * 221) / 500 = \underline{46,7 \%}$$

Specifický výkon odvodního ventilátoru při sníženém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 500 / (3800 / 3600) = \underline{474 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

Provoz	Ventilátor	Tlaková diference	Průtok vzduchu	Příkon motoru	Účinnost	SFP	Třída SFP
-	-	[Pa]	[m³/h]	[W]	[%]	[W/(m³/s)]	-
Nominální průtok	přívod	549	5670	2280	37,9%	1 448	SFP 4
	odvod	482	5670	1650	46,0%	1 031	SFP 3
Útlumový režim	přívod	249	3700	680	37,6%	662	SFP 2
	odvod	221	3800	500	46,7%	474	SFP 1

Tab. 6: Parametry ventilátorů centrální VZT

Vzduchové filtry

Na přívodu i odvodu vzduchu jsou osazeny kapsové vzduchové filtry. Přívodní filtr má třídu filtrace M5 a odvodní filtr má třídu G3.

Deskový rekuperátor s eliminátorem kapek

Pro zpětné získávání tepla je osazen křížový deskový rekuperátor s účinností 61 %. Při exteriérové teplotě $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplotě vzduchu odváděného z místnosti $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ dosahuje rekuperace výkonu 37,4 kW.

Vodní ohřivač

Dohřev přiváděného vzduchu je zajištěn vodním ohřivačem s výkonem 26,6 kW. Návrhový teplotní spád vody je 70/50 $^{\circ}\text{C}$.

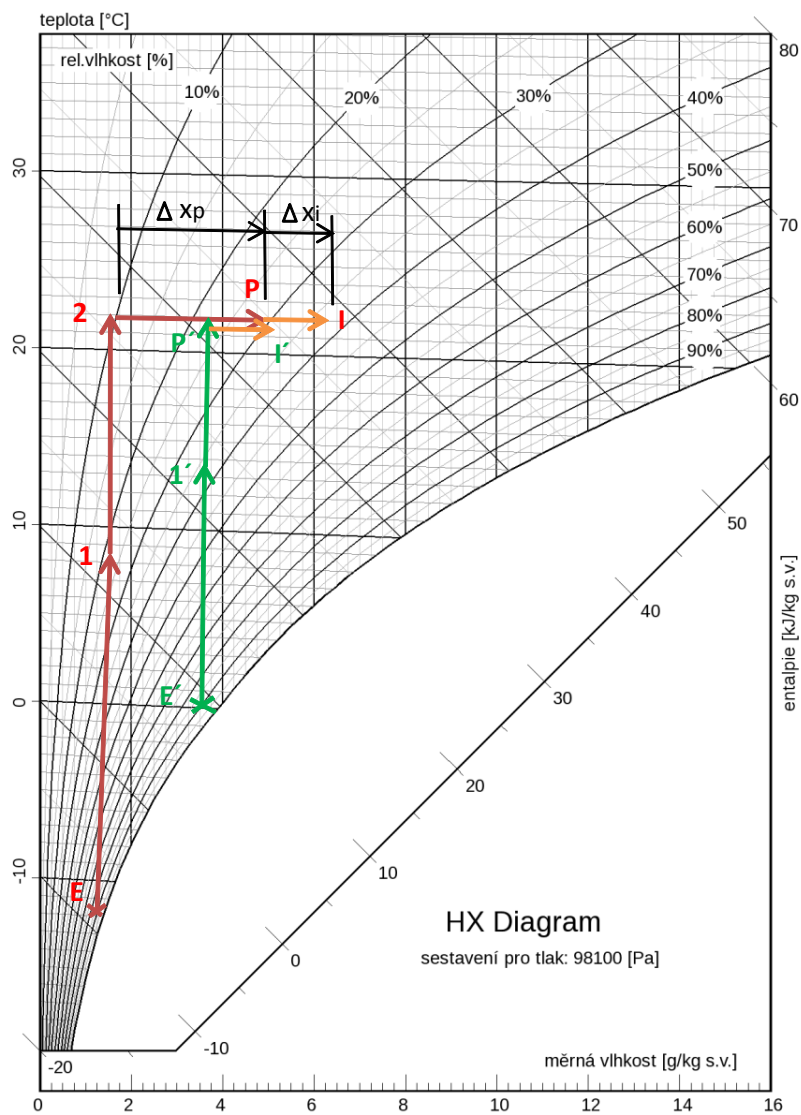
Parní zvlhčovač

Parní zvlhčovač pro vlhčení přívodního vzduchu má parní výkon 25 kg/h. Elektrický příkon je 18,8 kW.

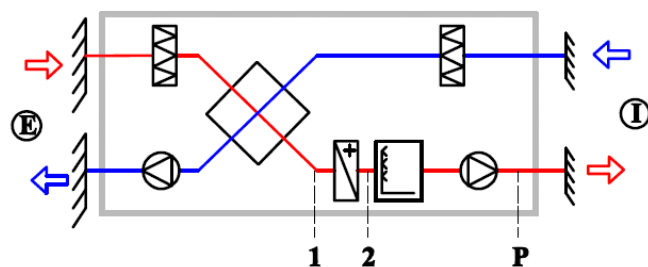
1.4.3 Úpravy vzduchu

Zimní období

V zimním období je přiváděný exteriérový vzduch po průchodu deskovým rekuperátorem ohříván vodním ohřívačem na požadovanou hodnotu přírodního vzduchu a vlhčen parním zvlhčovačem.



Obr. 29: Úpravy vzduchu v zimním období



Obř. 30: Schéma VZT jednotky k úpravám vzduchu

- E..... exteriórový vzduch, ($t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_e = 95 \text{ } \%$)
- 1 přívodní vzduch za rekuperátorem ($t_1 = 8,3 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 22 \text{ } \%$)
- 2 přívodní vzduch za ohřivačem ($t_2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_2 = 10 \text{ } \%$)
- P..... vzduchu příváděný do místnosti ($t_p = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_p = 30 \text{ } \%$)
- I vzduch v interiéru při vlivu vodních zisků ($t_I = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_I = 36 \text{ } \%$)
- E' exteriórový vzduch, ($t_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{e'} = 95 \text{ } \%$)
- 1' přívodní vzduch za rekuperátorem ($t_{1'} = 13,4 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_{1'} = 36 \text{ } \%$)
- P' vzduchu příváděný do místnosti ($t_p = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_p = 23 \text{ } \%$)
- I' vzduch v interiéru při vlivu vodních zisků ($t_2 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_2 = 31 \text{ } \%$)

Teploty vzduchu za rekuperátorem vychází z údaje výrobce o účinnosti zpětného získávání tepla 61 %. Při teplotě exteriéru $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ je nutné pro dosažení požadované minimální relativní vlhkosti interiéru parní vlhčení. Při teplotě exteriéru $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a zohlednění vodních zisků interiéru je dosaženo požadované relativní vlhkosti i bez parního vlhčení. Uvedené vodní zisky platí pro ložnici obsazenou dvěma osobami. Produkce vodní páry pro osobu v klidu je 40 g/h podle ČSN EN 15 665.

$$\Delta x_i = \frac{M_w}{V_p \cdot \rho} = \frac{80}{50 \cdot 1,2} = \underline{1,33 \text{ g/kg}}$$

V_p objemový průtok přívodního vzduchu [m^3/h]

M_w produkce vodní páry [g/h]

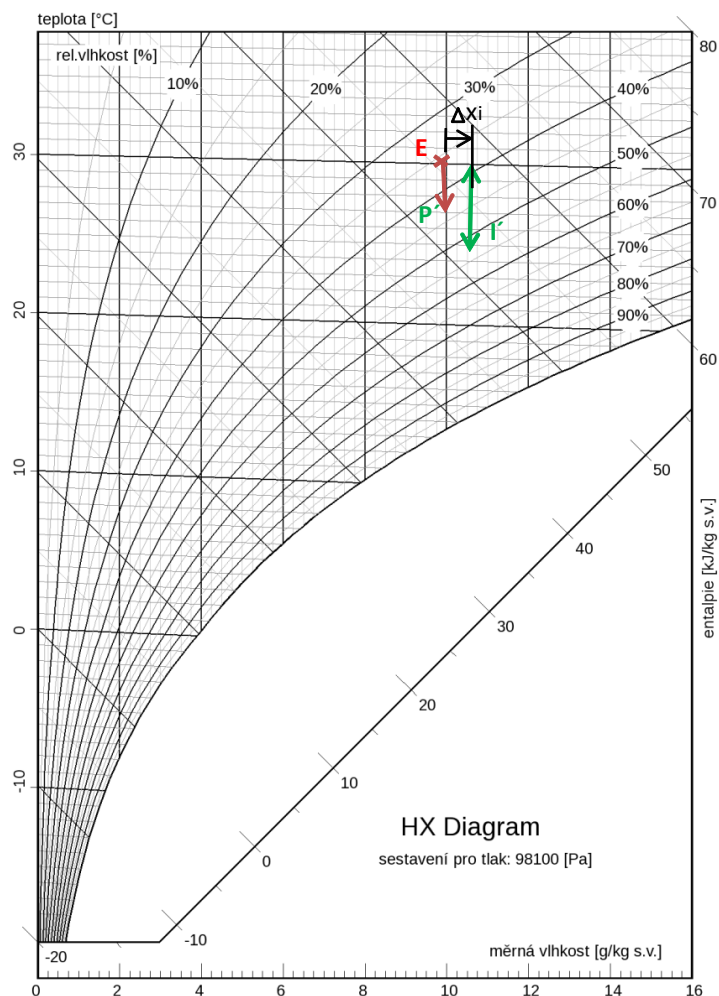
ρ hustota vzduchu [kg/m^3]

Letní období

V letním období přiváděný exteriérový vzduch není upravován. Vlivem průchodu rekuperátorem při teplotě exteriéru větší než teplotě interiéru k ochlazení přiváděného vzduchu. Stav vzduchu interiéru je teoretický. Při zohlednění vodních zisků interiéru a zadanému stavu venkovního vzduchu nedojde k překročení hodnoty relativní vlhkosti v interiéru 60 %.

Opatření pro udržení požadovaného teplotního stavu v interiéru budovy bez strojního chlazení může být snížení průtoku vzduchu při vysokých venkovních teplotách, případně provoz pouze odtahu vzduchu, aby byl odváděn vzduch z hygienických místností a kuchyně.

Ve večerních a nočních hodinách, kdy je předpoklad plné obsazenosti osobami a také 100 % výkon vzduchotechnického zařízení, se venkovní teplota nachází v přijatelných mezích při obvyklých klimatických podmínkách.



Obr. 31: úpravy vzduchu v letním období

E..... exteriérový vzduch, ($t_e = 30\text{ °C}$, $h_e = 56\text{ kJ/kg}$)

I' teoretický stav vzduchu v interiéru

P' vzduchu přiváděný do místnosti ochlazený z t_e při $t_i < t_e$

Teploty vzduchu za rekuperátorem vychází z údaje výrobce o účinnosti zpětného získávání tepla 61 %. Při teplotě exteriéru -12 °C je nutné pro dosažení požadované minimální relativní vlhkosti interiéru parní vlhčení. Při teplotě exteriéru 0 °C a zohlednění vodních zisků interiéru je dosaženo požadované relativní vlhkosti i bez parního vlhčení. Uvedené vodní zisky platí pro ložnici obsazenou dvěma osobami. Produkce vodní páry pro osobu v klidu je 40 g/h podle ČSN EN 15 665.

$$\Delta x_i = \frac{M_w}{V_p * \rho} = \frac{110}{240 * 1,2} = \underline{0,4\text{ g/kg}}$$

V_p objemový průtok přívodního vzduchu [m^3/h]

M_w produkce vodní páry [g/h]

ρ hustota vzduchu [kg/m^3]

1.4.4 Útlum hluku

Hlukové parametry zařízení jsou posouzeny podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Pro obytné místnosti je v nočních hodinách maximální povolená hodnota akustického tlaku 30 dB a v denních hodinách 40 dB .

Hlukové parametry zařízení [dB]									
Okt. Pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	celkový výkon
Přívod - sání	50,2	65,6	65,5	64,7	64,3	59,3	53,6	46,2	71,5
Přívod - výtlak	53,7	71,1	72,8	73,8	75,3	74,3	71,6	65,2	81,3
Přívod - okolí	46,2	54,5	53,4	46,7	45,6	44,1	42,3	32,0	58,2
Odvod - sání	55,4	63,6	66,9	65,7	63,7	61,5	54,7	45,3	71,9
Odvod - výtlak	60,6	68,3	72,7	76,2	80,4	77,2	69,5	61,2	83,8
Odvod - okolí	50,4	50,5	53,8	47,7	45,0	43,3	38,4	27,1	57,7

Tab. 7: Hlukové parametry centrálního VZT zařízení

Pro útlum hluku, který se šíří vzduchovody od jednotky jsou použity kulísové tlumiče hluku na přívodním i odvodním potrubí. Hluk je snižován i přirozeným

útlumem. Distribuční prvky v interiéru jsou napojeny minimálně 1 m zvukově izolačního potrubí Sonoflex MI. Ohebné zvukově izolační potrubí zároveň zabraňuje šíření hluku mezi jednotlivými byty prostřednictvím vzduchovodů. Návrh tlumičů hluku je součástí přílohy P2.

Útlum ohebným potrubím Sonoflex MI [dB/m]								
Průměr potrubí	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
102 mm	13	21	27	23	18	13	17	10
127 mm	12	19	25	21	16	12	15	9
160 mm	11	18	23	19	15	11	14	9

Tab. 8: Útlum hluku ohebným potrubím Sonoflex MI

Přívodní potrubí - výtlak (ložnice)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech [dB]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč.
frekvence (Hz)									
Zdroj hluku									
Přívodní ventilátor - výtlak	53,7	71,7	72,8	73,8	75,3	74,3	71,6	65,2	81,4
Přirozený útlum									
Odbočka 1	4	4	4	4	4	4	4	4	
Odbočka 2	10	10	10	10	10	10	10	10	
Koleno 90°	0	0	1	2	3	3	3	3	
Koncový odraz	19	14	10	6	2	0	0	0	
Útlumové prvky									
Tlumič hluku (2 m)	3	7	14	22	32	30	26	17	
ohebné potrubí 102 mm (1 m)	13	21	27	23	18	13	17	10	
Hladina ak. výkonu ve výústce	5	16	7	7	7	14	12	21	20
Hladina ak. výkonu výústky									15
Korekce na počet výústek						počet:		1	0
Hladina ak. výkonu součtová									21
směrový činitel									8
vzdálenost k posluchači (m)									1
pohltivá plocha místnosti (m ²)					74	pohltivost (-)	0,4		30
Hladina ak. tlaku v místě posl.									20
Předepsaná hladina ak. tlaku									30

Tab. 9: Posouzení hluku – přívodní potrubí (výtlak)

Hladina akustického tlaku v obytné zóně je 20 dB. Hodnota vyhovuje požadavku nařízení vlády na maximální hladinu akustického tlaku 30 dB pro noční hodiny.

Odvodní potrubí - sání (obývací p.)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech [dB]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Odvodní ventilátor - sání	55,4	63,6	66,9	65,7	63,7	61,5	54,7	45,3	71,9
Přirozený útlum									
Odbočka 1	4	4	4	4	4	4	4	4	
Odbočka 2	10	10	10	10	10	10	10	10	
Koleno 90°	0	0	1	2	3	3	3	3	
Koncový odraz	16	11	7	3	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
tlumič hluku (1,5 m)	1	6	12	19	27	25	22	15	
ohébné potrubí 160 mm (1 m)	11	18	23	19	15	11	14	9	
Hladina ak. výkonu ve výústce	14	15	10	9	5	9	2	5	18
Hladina ak. výkonu výústky									15
Korekce na počet výústek						počet:		1	0
Hladina ak. výkonu součtová									20
směrový činitel									4
vzdálenost k posluchači (m)									1
pohltivá plocha místnosti (m ²)					128	pohltivost (-)		0,4	51
Hladina ak. tlaku v místě posl.									16
Předepsaná hladina ak. tlaku									30

Tab. 10: Posouzení hluku – odvodní potrubí (sání)

Posudek odvodního potrubí je proveden pro obývací pokoj. Hladina akustického tlaku v pobytové zóně je 16 dB. Hodnota vyhovuje požadavku nařízení vlády na maximální hladinu akustického tlaku 30 dB pro noční hodiny.

Přívodní potrubí - sání	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech [dB]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Přívodní ventilátor - sání	50,2	65,6	65,5	64,7	64,3	59,3	53,6	46,2	71,5
Přirozený útlum									
Koleno 90°	0	0	1	2	3	3	3	3	
Koncový odraz	5	2	0	0	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
tlumič hluku (1,5 m)	1	6	12	19	27	25	22	15	
Hladina ak. výkonu v žaluzii	44	58	53	44	34	31	29	28	59
směrový činitel									2
vzdálenost k okraji střechy (m)									8
Hladina ak. tlaku (okraj st.)									33
Předepsaná hladina ak. tlaku									40

Tab. 11: Posouzení hluku – přívodní potrubí (sání)

Odvodní potrubí - výtlak	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových								
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Odvodní ventilátor - výtlak	60,6	68,3	72,7	76,2	80,4	77,2	69,5	61,2	83,8
Přirozený útlum									
Koncový odraz	5	2	0	0	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
tlumič hluku (2 m)	3	7	14	22	32	30	26	17	
Hladina ak. výkonu v žaluzii	53	59	59	54	48	47	44	44	63
směrový činitel									2
vzdálenost k okraji střechy (m)									11
Hladina ak. tlaku (okraj st.)									34
Předepsaná hladina ak. tlaku									40

Tab. 12: Posouzení hluku – odvodní potrubí (výtlak)

Hluk od jednotky do okolí	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových								
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Přívod - okolí	46,2	54,5	53,4	46,7	45,6	44,1	42,3	32,0	58,3
Odvod - okolí	50,4	50,5	53,8	47,7	45,0	43,3	38,4	27,1	57,6
Hladina ak. výkonu součtová									61
směrový činitel									2
vzdálenost k okraji střechy (m)									8
Hladina ak. tlaku (okraj st.)									35
Předepsaná hladina ak. tlaku									40

Tab. 13: Posouzení hluku – jednotka do okolí

Součtová hladina akustického tlaku na okraji střechy:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{sp}} + 10^{0,1 \cdot L_{so}} + 10^{0,1 \cdot L_{sok}}) =$$

$$= 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 33} + 10^{0,1 \cdot 34} + 10^{0,1 \cdot 35}) = \underline{39 \text{ dB}}$$

L_{sp} hladina akustického tlaku od sání přívodního ventilátoru [dB]

L_{so} hladina akustického tlaku od výtlaku odvodního ventilátoru [dB]

L_{sok} hladina akustického tlaku od VZT jednotky [dB]

Vzduchotechnická jednotka je umístěná na střeše objektu. Projevuje se zde hluk od sání a výfuku vzduchu a hluk, který se šíří od VZT jednotky do okolí. Posuzované místo se nachází nad lícem střechy objektu. Součtová hladina akustického tlaku 39 dB vyhovuje požadované hodnotě 40 dB.

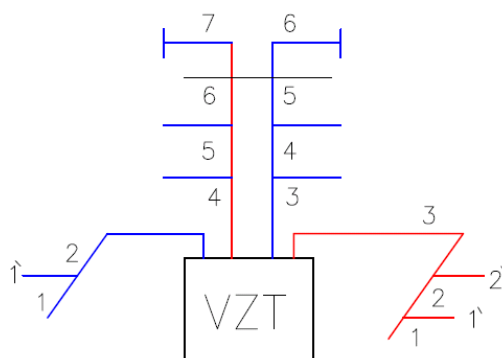
1.5 Varianta 2 – decentrální VZT zařízení

Ve druhé variantě je pro bytový dům navrženo decentrální vzduchotechnické zařízení. Každý byt má vlastní rekuperační jednotku. Zařízení zajišťuje rovnotlaké větrání bytových jednotek s filtrací a ohřevem vzduchu. Součástí zařízení je prvek pro zpětné získávání tepla. Pro srovnání jsou navrženy jednotky s asynchronními motory se stupňovitou regulací a s plynule regulovatelnými EC motory.

1.5.1 Dimenzování potrubí a tlaková ztráta

Pro napojení jednotky na vzduchotechnický rozvod je použito zvukově-izolační ohebné potrubí o průměru 160 mm v délce minimálně 1 m. Potrubní rozvod v bytě je řešen kruhovým potrubím z pozinkovaného plechu. Pro připojení distribučních prvků je použito zvukově-izolační ohebné potrubí.

Pro sání čerstvého vzduchu a výfuk znehodnoceného vzduchu do exteriéru slouží svislé vzduchotechnické potrubí umístěné v instalační šachtě, které je společné vždy pro tři nad sebou umístěné bytové jednotky.



Obr. 32: Dimenzační schéma

úsek	V_v	v'	S'	d'	AxB	d	v
-	[m ³ /h]	[m/s]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
1	150	2,5	0,017	0,146	-	0,160	2,07
1'	50	2,5	0,006	0,084	-	0,100	1,77
2	200	3,0	0,019	0,154	-	0,160	2,76
2'	40	2,5	0,004	0,075	-	0,100	1,41
3	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
4	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
5	480	3,5	0,038	0,220	-	0,225	3,35
6	720	4,0	0,050	0,252	-	0,250	4,07
7	720	4,0	0,050	0,252	250x250	0,250	4,07

Tab. 14: Dimenzování přívodního potrubí

úsek	V_v	v'	S'	d'	AxB	d	v
-	[m ³ /h]	[m/s]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
1	150	2,5	0,017	0,146	-	0,160	2,07
1'	90	2,5	0,010	0,113	-	0,125	2,04
2	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
3	240	3,0	0,022	0,168	-	0,160	3,32
4	480	3,5	0,038	0,220	-	0,225	3,35
5	720	4,0	0,050	0,252	-	0,250	4,07
6	720	4,0	0,050	0,252	250x250	0,250	4,07

Tab. 15: Dimenzování odvodního potrubí

V_v objemový průtok vzduchu [m³/h]

v' návrhová rychlost vzduchu [m/s]

S' odpovídající průřezová [m²]

d' odpovídající průměr kruhového potrubí [m]

AxB navržený průměr čtyřhranného potrubí [m]

d rovnocenný průměr navrženého potrubí [m]

v odpovídající rychlost vzduchu [m/s]

Externí tlaková ztráta přívodního potrubí: (uvažovaná tlaková ztráta potrubního rozvodu 5 Pa/m)

$$\Delta p_p = R \times L + \Delta p_v + \Delta p_z = 5 \times 13 + 27 + 8 = 100 \text{ Pa}$$

R tlaková ztráta potrubního rozvodu [Pa/m]

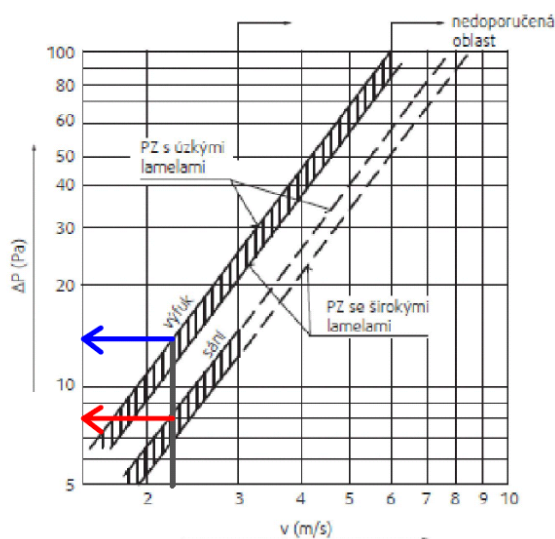
L délka potrubního rozvodu [m]

Δp_v tlaková ztráta vyústky [Pa]

Δp_z tlaková ztráta protidešťové žaluzie [Pa]

Externí tlaková ztráta odvodního potrubí:

$$\Delta p_o = R \times L + \Delta p_v + \Delta p_z = 5 \times 15,5 + 35 + 14 = 126 \text{ Pa}$$



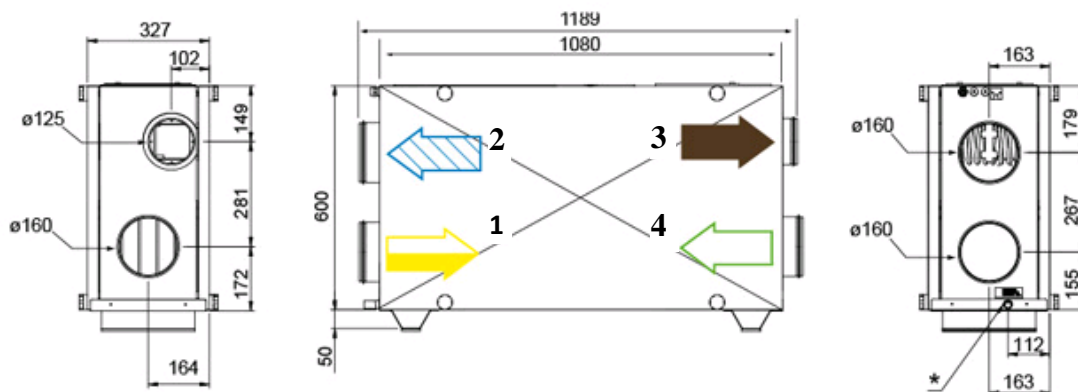
Obr. 33: Tlakové ztráty protidešťových žaluzií

Navrženy jsou na přívodním i odvodním potrubí protidešťové žaluzie PZAL o rozměru 355 x 355 mm s efektivní plochou 0,09 m². Velikost je navržena tak, aby nebyla překročena rychlost proudění 2,5 m/s ve volném průřezu.

$$v_{ef} = V_p / S_{ef} = (720 / 3600) / 0,09 = \underline{2,22 \text{ m/s}}$$

1.5.2 Návrh decentrální VZT jednotky s AC motory

Navržena je bytová rekuperační jednotka Systemair VX 400E. Návrhový průtok vzduchu je 240 m³/h. Jednotka je osazena dvěma radiálními ventilátory, deskovým rekuperátorem pro zpětné získávání tepla, vzduchovými filtry a elektrickým ohříváčem vzduchu. Jednotka je umístěná vertikálně ve skříni v prostoru šatny. Při útlumovém režimu je průtok vzduchu poloviční.



Obr. 34: Rozměry rekuperační jednotky [15]

- 1 sání vzduchu z místností
- 2 výtlak vzduchu do místností
- 3 výtlak znehodnoceného vzduchu do exteriéru
- 4 sání čerstvého vzduchu z exteriéru

Jednotka je montována ve vertikální poloze. Hrdlo výtlaku znehodnoceného vzduchu je osazeno přechodem z 125 mm na 160 mm, aby bylo možné připojení ohebné hadice. Na hrdlech směřujících do exteriéru jsou osazeny uzavírací klapky.

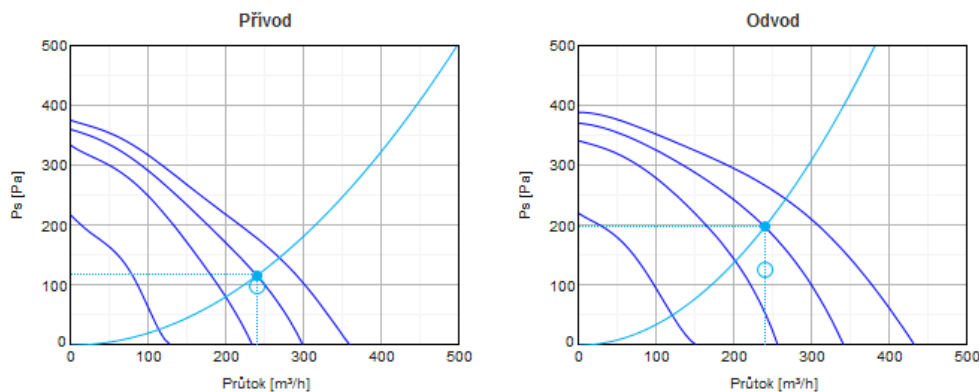
Vstupní parametry pro návrh VZT jednotky:

Interiér	teplota	t_i [°C]	21
	relativní vlhkost	φ_i [%]	30
Exteriér	teplota	t_e [°C]	-12
	relativní vlhkost	φ_e [%]	30
Přívod vzduchu	objemový průtok	V_p [m ³ /h]	240
	externí tl. ztráta	Δp_p [Pa]	100
Odvod vzduchu	objemový průtok	V_o [m ³ /h]	240
	externí tl. ztráta	Δp_o [Pa]	126

Tab. 16: Vstupní parametry pro návrh zařízení

Návrh VZT jednotky na nominální průtok vzduchu

Návrh ventilátorů je proveden pro průtok vzduchu 240 m³/h a vypočtenou externí tlakovou ztrátu. Pracovní bod se nachází na charakteristice nejbližšího vyššího výkonového stupně při zadaném průtoku. Rozdíl v externí tlakové ztrátě je nutné zaregulovat. Pro určení parametrů ventilátorů při útlumovém režimu je zvolen nižší výkonový stupeň a z charakteristiky potrubní sítě určena externí tlaková ztráta.



User

Jednotky	Přívod	Odvod
<input type="radio"/> Požadovaný průtok vzduchu	240	240 m³/h
<input checked="" type="radio"/> Průtok vzduchu	240	240 m³/h
<input type="radio"/> Požadovaná tlaková ztráta	100	126 Pa
<input checked="" type="radio"/> Tlaková ztráta	116	198 Pa
Příkon	89.5	87.9 W
Otáčky	2438	2446 ot/min
SFP čisté filtry	2.66	kW/m³/s

Obr. 35: Parametry ventilátorů při nominálním průtoku

Celkovou účinnost není možné z podkladů výrobce určit. Nenachází se zde informace o tlakové ztrátě komponentů případně VZT jednotky jako celku. Srovnávacím faktorem bude posouzení měrného příkonu ventilátoru podle EN 13779. Příkon přívodního ventilátoru je 89,5 W a odvodního 87,9 W.

Specifický výkon přívodního ventilátoru při návrhovém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 89,5 / (240 / 3600) = \underline{1\,343 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

P.....příkon ventilátoru [kW]

q_v.....objemový průtok vzduchu [m³/s]

Specifický výkon odvodního ventilátoru při návrhovém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 87,9 / (240 / 3600) = \underline{1\,319 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

Hladina akustického výkonu		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Celk.
Přívod	dB(A)	57	62	60	59	62	60	55	50	68
Přívod - sání	dB(A)	46	50	55	51	44	39	28	17	58
Odvod - výtlač	dB(A)	57	61	55	58	63	59	54	48	68
Odvod	dB(A)	42	46	52	50	44	38	30	21	56
Okolí	dB(A)	35	42	42	45	42	37	27	20	49

Rekuperace tepla		Přívod	Odvod
Teplota vstupního vzduchu		-12	21 °C
Teplota výstupního vzduchu		7	1 °C
Vlhkost vstupního vzduchu		95	30 %
Vlhkost výstupního vzduchu		21	100 %
Tlaková ztráta vzduchu		28	26 Pa
Condensate			0,00 l/min
Výkon rekuperátoru			1.59 kW
Teplotní účinnost			56 %
Teplotní činnost dle EN 308*			57 %
Typ výměníku			Deskový

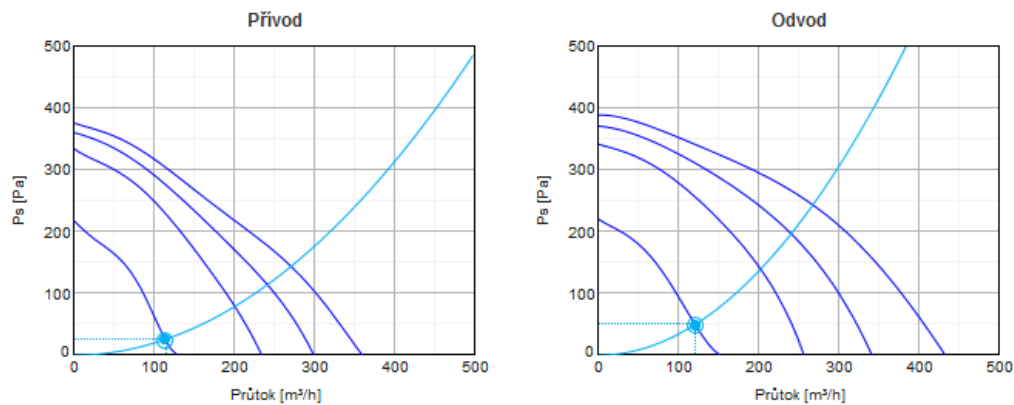
Obr. 36 Akustické výkony a parametry rekuperátoru

Elektrický ohřivač	
Teplota výstupního vzduchu	15 °C
Vlhkost výstupního vzduchu	12 %
Topný výkon	1.67 kW
Využitý výkon	42.7 %
Potřebný dohřev	0 kW

Obr. 37: Parametry ohřivače vzduchu

Návrh VZT jednotky při sníženém průtoku vzduchu

Útlumový režim je řešen přepnutím na nejnižší výkonový stupeň. Charakteristice sítě potom odpovídají pracovní body na charakteristikách přívodního a odvodního ventilátoru při nižším výkonovém stupni. Průtok vzduchu je přibližně poloviční oproti návrhovému.



User

Jednotky	Přívod	Odvod
<input type="radio"/> Požadovaný průtok vzduchu	114	121 m³/h
<input checked="" type="radio"/> Průtok vzduchu	114	121 m³/h
<input type="radio"/> Požadovaná tlaková ztráta	25	48 Pa
<input checked="" type="radio"/> Tlaková ztráta	25.5	49.7 Pa
Příkon	46.5	47.7 W
Otáčky	1374	1277 ot/min
SFP čisté filtry		2.8 kW/m³/s
Teplota přívodního vzduchu	15	°C

Obr. 38: Parametry ventilátorů při sníženém průtoku

Při prvním výkonovém stupni pro útlumový režim má přívodní ventilátor příkon 46,5 W a odvodní 47,7 W.

Specifický výkon přívodního ventilátoru při útlumovém průtoku vzduchu:

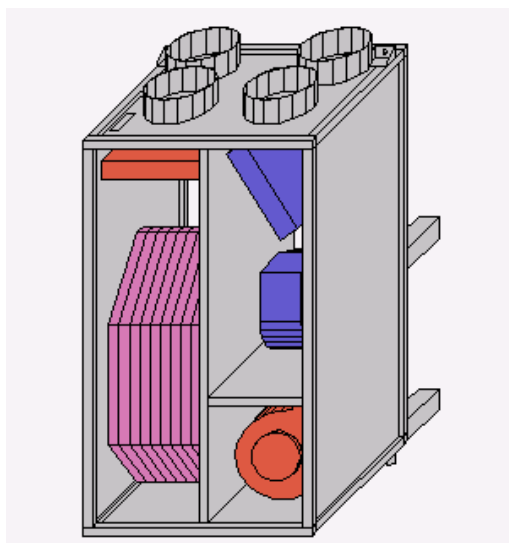
$$SPF = P / q_v = 46,5 / (114 / 3600) = \underline{1\,468 \text{ W}/(m^3 / s)}$$

Specifický výkon odvodního ventilátoru při útlumovém průtoku vzduchu:

$$SPF = P / q_v = 47,7 / (121 / 3600) = \underline{1\,419 \text{ W}/(m^3 / s)}$$

1.5.3 Návrh decentrální VZT jednotky s EC motory

Navržena je vzduchotechnická jednotka Atrea Duplex ECV4 390. Jednotka je montována ve vertikální poloze a obsahuje EC ventilátory na přívodu a odvodu, protiproudý rekuperační výměník pro zpětné získávání tepla a vzduchové filtry třídy F7 a G4. Hrdla pro připojení potrubí mají průmět 160 mm. Návrhový průtok vzduchu je 240 m³/h a při útlumovém režimu bude průtok poloviční.



Obr. 39: Rekuperační VZT jednotka Duplex

Vstupní parametry pro návrh VZT jednotky:

Interiér	teplota	t_i [°C]	21
	relativní vlhkost	φ_i [%]	30
Exteriér	teplota	t_e [°C]	-12
	relativní vlhkost	φ_e [%]	30
Přívod vzduchu	objemový průtok	V_p [m ³ /h]	240
	externí tl. ztráta	Δp_p [Pa]	100
Odvod vzduchu	objemový průtok	V_o [m ³ /h]	240
	externí tl. ztráta	Δp_o [Pa]	126

Tab. 17: Vstupní parametry pro návrh zařízení

Návrh VZT jednotky na nominální průtok vzduchu

Návrh ventilátorů je proveden pro průtok vzduchu 240 m³/h a vypočtenou externí tlakovou ztrátu. Díky plynulé regulaci EC motorů není nutné dodržovat charakteristiky na konkrétních výkonových stupních. Pro návrh vzduchotechnické jednotky byl použit návrhový software Atrea Duplex.

Název pozice
Jednotka 1

Varianta
[]

Počet kusů
1 ks

Způsob regulace
 digitální RD4 analogová RA4

Požadované hodnoty
Způsob zadání a výpočtu
 přímo zadané hodnoty výpočet po místnostech - [zadávací tabulka](#)

Přívod

	Zimní provoz		Letní provoz		
	Požad.	Skutečný	Požad.	Skutečný	
Průtok vzduchu	240	240	240	240	m ³ /h
Externí statický tlak	100	100	100	100	Pa

Zemní výměník tepla
neosazen

Předehřívání
předehřívání není

Ohřev
ohřev není

Teplota venkovního vzduchu: -12,0 / 30,0 °C
Vlhkost venkovního vzduchu: 95 / 37 %
Teplota přiváděného vzduchu: 17,3 / 27,3 °C

Filtrace
 G4 F7 (formou náhradní tkaniny)
 Doplnková filtrační tkanina - uhlíková

Klapky
 By-passová klapka

Odvod

	Požad.		Skutečný		
	Požad.	Skutečný	Požad.	Skutečný	
Průtok vzduchu	240	240	240	240	m ³ /h
Externí statický tlak	126	126	126	126	Pa
Teplota odsávaného vzduchu	21,0	26,0	21,0	26,0	°C
Vlhkost odsávaného vzduchu	30	60	30	60	%

Filtrace
 G4 F7 (formou náhradní tkaniny)

[Zvolit vhodnou jednotku](#)

Charakteristika jednotky

Jednotka
Skřín
VENTILÁTOR PŘIVODNÍ
230 V 50 Hz 52 W
VENTILÁTOR ODVODNÍ
230 V 50 Hz 59 W
REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍK
87,3 % 2,4 kW

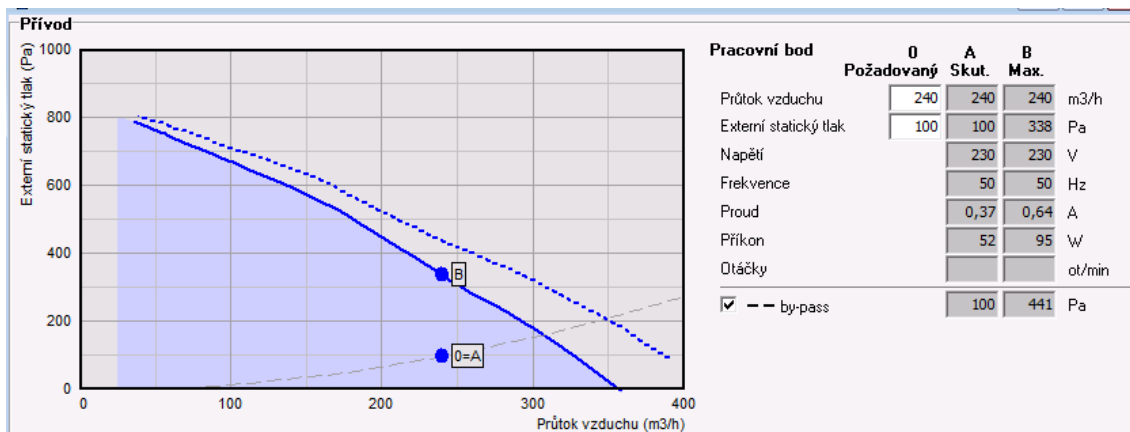
Náhradní filtrační kazety
 typ G4 - 1 balení = 1 ks
 typ F7 - 1 balení = 1 ks

Doplnková filtrační tkanina - uhlíková
 typ FTU - 1 balení = 10 ks

Náhradní filtrační tkaniny
 typ G4 - 1 balení = 10 ks
 typ F7 - 1 balení = 10 ks

Obr. 40: Návrh vzduchotechnické jednotky

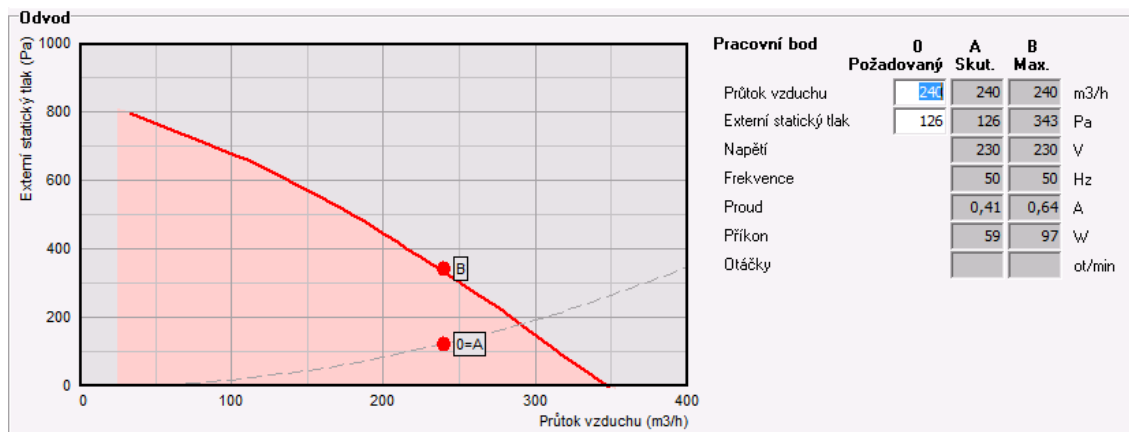
Požadavým parametrům zařízení odpovídá rekuperační jednotka Duplex 390 ECV4. U ventilátorů není uváděn celkový dopravní tlak, a proto je posouzen měrný příkon ventilátorů obdobně jako u jednotky s AC motory. Příkon přívodního ventilátoru je 52 W a odvodního 59 W při návrhovém průtoku vzduchu.



Obr. 41: Návrh přívodního ventilátoru při nominálním průtoku

Měrný příkon přívodního ventilátoru při průtoku 240 m³/h:

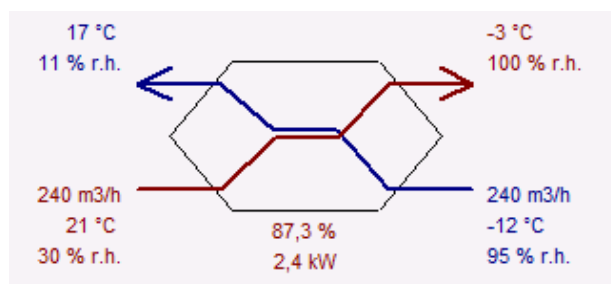
$$SPF = P / q_v = 52 / (240 / 3600) = \underline{780 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$



Obr. 42: Návrh odvodního ventilátoru při nominálním průtoku

Měrný příkon odvodního ventilátoru při průtoku 240 m³/h:

$$SPF = P / q_v = 59 / (240 / 3600) = \underline{885 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

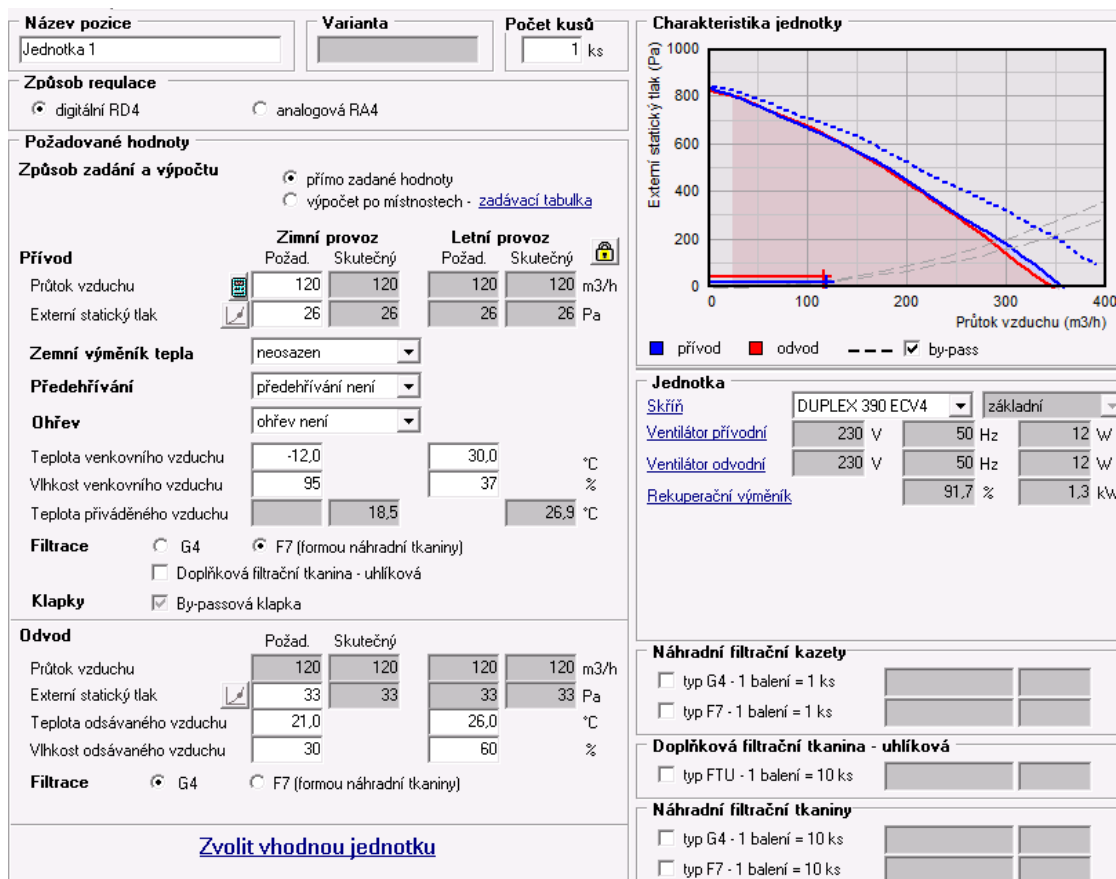


Obr. 43: Parametry rekuperátoru při průtoku 240 m³/h

Při průtoku vzduchu 240 m³/h a zadaným parametrům vzduchu v exteriéru a interiéru, dosahuje protiproudý rekuperátor účinnosti 87 %. Tepelný výkon rekuperace je 2,4 kW a teplota přívodního vzduchu do místností je 17 °C, a proto není nutné vzduchotechnické zařízení doplnit ohřivačem vzduchu.

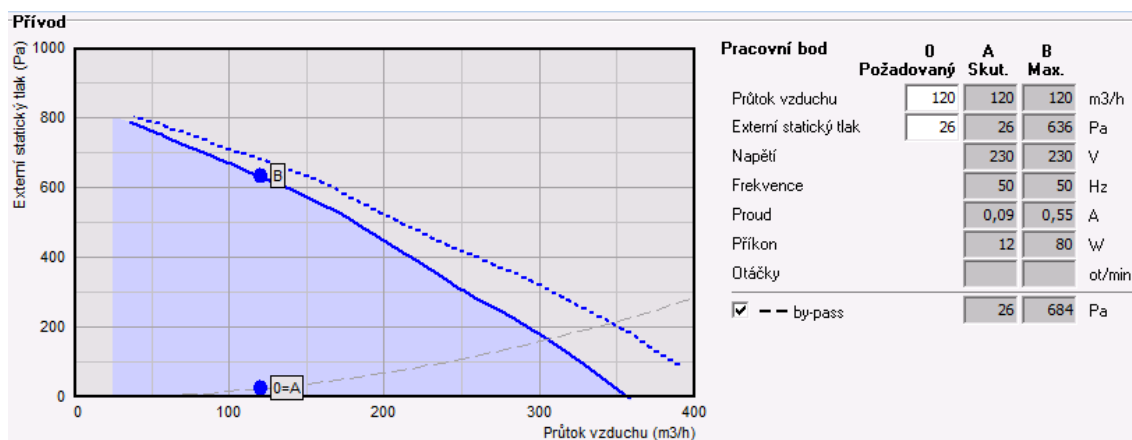
Návrh VZT jednotky při útlumovém režimu

Pro určení parametrů ventilátorů při útlumovém režimu je nastaven poloviční objemový průtok vzduchu 120 m³/h. Z charakteristiky sítě z návrhu nominálního průtoku je určena externí tlaková ztráta pro poloviční průtok vzduchu. V průřezu určené externí tlakové ztráty a průtoku vzduchu 120 m³/h se nachází pracovní bod útlumového režimu, kterému odpovídají sledované hodnoty prvků rekuperační jednotky.



Obr. 44: Návrh jednotky pro útlumový režim

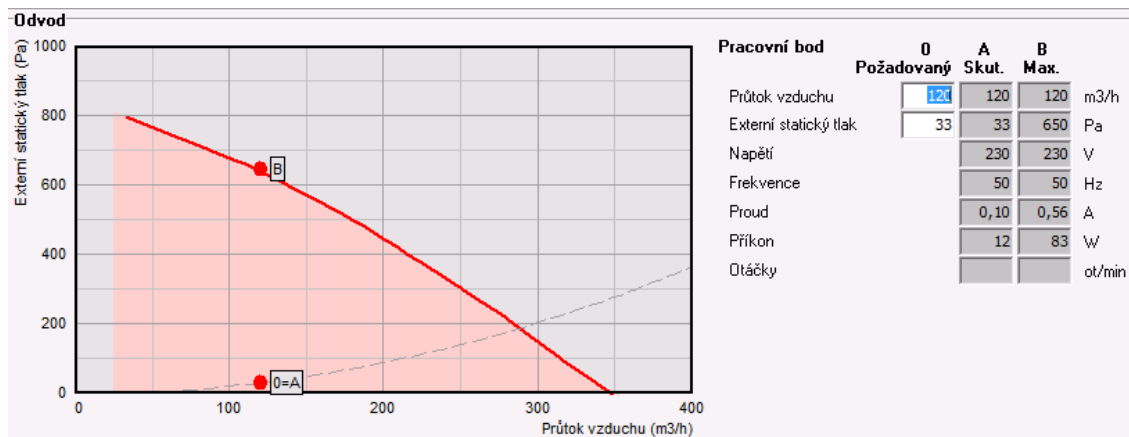
Při útlumovém režimu je objemový průtok vzduchu 120 m³/h. Charakteristice potrubní sítě odpovídá externí tlaková ztráta 26 Pa na přívodním a 33 Pa na odvodním potrubí. Při útlumovém režimu je příkon odvodního i přívodního ventilátoru 12 W. Snížení průtoku vzduchu na polovinu sníží u daného EC ventilátoru příkon víc než čtyřnásobně.



Obr. 45: Parametry přívodního ventilátoru při snížení průtoku

Měrný příkon přívodního ventilátoru při průtoku 120 m³/h:

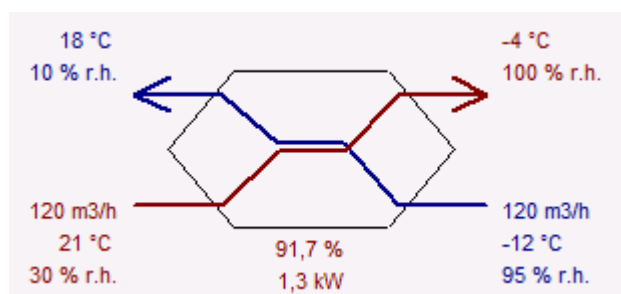
$$SPF = P / q_v = 12 / (120 / 3600) = \underline{360 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$



Obr. 46: Parametry odvodního ventilátoru při snížení průtoku vzduchu

Měrný příkon odvodního ventilátoru při průtoku 120 m³/h:

$$SPF = P / q_v = 12 / (120 / 3600) = \underline{360 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$



Obr. 47: Parametry rekuperátoru při průtoku 120 m³/h

Při průtoku vzduchu 120 m³/h a zadaným parametrům vzduchu v exteriéru a interiéru, dosahuje protiproudý rekuperátor účinnosti 92 %. Tepelný výkon rekuperace je 1,3 kW a teplota přívodního vzduchu do místností je 18 °C.

Akustické výkony rekuperační jednotky s EC ventilátory

Hlukové parametry zařízení [dB]									
Okt. Pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	celkový výkon
Přívod - sání	27	25	38	33	34	30	25	25	41
Přívod - výtlač	36	45	55	59	65	59	53	38	67
Odvod - sání	27	25	38	34	35	31	25	25	42
Odvod - výtlač	37	45	55	60	65	59	53	39	68
Okolí	37	36	45	52	45	44	31	25	54

Tab. 18: Akustické výkony rekuperační jednotky s EC motory

1.5.4 Srovnání bytové VZT jednotky s AC a EC motory

Srovnání bytové vzduchotechnické jednotky s plynulou regulací a pohonem elektronicky kumutovanými motory se vzduchotechnickou jednotkou se stupňovitou regulací výkonu a pohonem asynchronními motory je provedeno pomocí specifického výkonu ventilátoru (SFP). Klasifikace specifického výkonu podle EN 13779 ventilátory řadí ventilátory do sedmi kategorií účinnosti. Pro zatřídění se vychází z objemového průtoku vzduchu a elektrického příkonu ventilátoru.

Vzduchotechnická jednotka	Pohon ventilátoru	Směr proudění	Průtok vzduchu	Příkon motoru	SFP	Třída SFP
-	-	-	[m ³ /h]	[W]	[W/(m ³ /s)]	-
Systemair VX 400 E	AC motor	přívod	240	90	1 343	SFP 4
	AC motor	odvod	240	88	1 319	SFP 4
Atrea Duplex 390 ECV4	EC motor	přívod	240	52	780	SFP 3
	EC motor	odvod	240	59	885	SFP 3

Tab. 19: Specifický výkon ventilátorů při nominálním průtoku vzduchu

Vzduchotechnická jednotka Duplex s EC motory má oproti vzduchotechnické jednotce s AC motory při stejném vzduchovém výkonu téměř dvakrát menší specifický výkon.

Vzduchotechnická jednotka	Pohon ventilátoru	Směr proudění	Průtok vzduchu	Příkon motoru	SFP	Třída SFP
-	-	-	[m ³ /h]	[W]	[W/(m ³ /s)]	-
Systemair VX 400 E	AC motor	přívod	114	47	1 468	SFP 4
	AC motor	odvod	121	48	1 419	SFP 4
Atrea Duplex 390 ECV4	EC motor	přívod	120	12	360	SFP 1
	EC motor	odvod	120	12	360	SFP 1

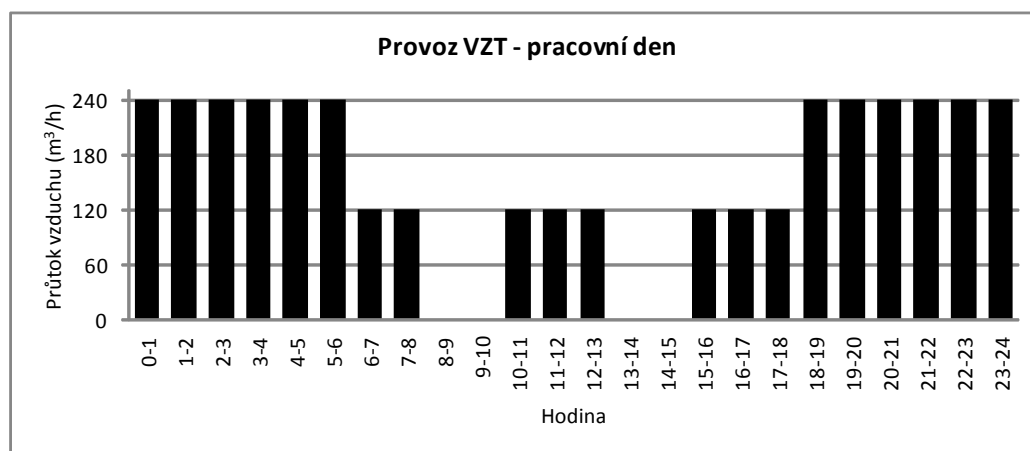
Tab. 20: Specifický výkon ventilátoru při sníženém průtoku vzduchu

Úsporný ventilátor s EC motorem má nižší spotřebu energie na dopravu vzduchu při útlumu než při návrhovém průtoku vzduchu. U jednotky s AC motory je specifický výkon ventilátoru obdobný jako při návrhovém průtoku vzduchu. Rozdíl mezi pohonem AC a EC motory je při útlumovém režimu velmi výrazný.

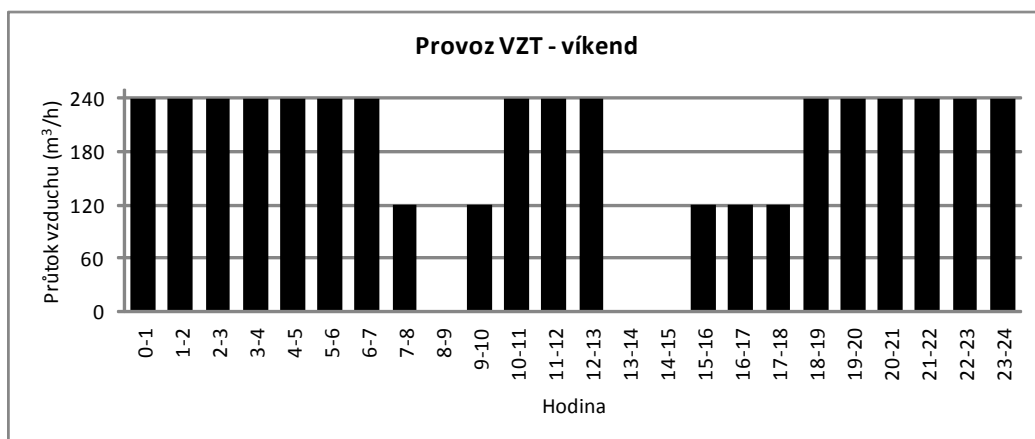
1.5.5 Výměna bytové VZT jednotky jako úsporné opatření

Na základě předchozího zjištění parametrů ventilátorů poháněných AC nebo EC motory je možné dopočítat roční náklady na elektrickou energii pro pohon ventilátorů. Srovnáním nákladů na provoz ventilátorů v obou typech bytových rekuperačních jednotek je možné určit roční úsporu za elektrickou energii. Pokud zvažujeme výměnu stávající VZT jednotky s AC motory za novou s EC ventilátory, můžeme vyčíslit investiční prostředky pro zadanou dobu návratnosti, které nám toto úsporné opatření přinese. Údaj o spotřebě elektrické energie ventilátory může být také vodítkem při výběru nového vzduchotechnického zařízení.

Uvedené provozní profily VZT zařízení vychází z předpokladu, že v bytovém domě se zdržují osoby převážně ve večerních a nočních hodinách. Rozdílný provoz je v pracovní a nepracovní dny.



Obr. 48: Provoz VZT – pracovní dny



Obr. 49: Provoz VZT – víkendy, svátky

Náklady na provoz ventilátorů a roční úspora

Počty pracovních a nepracovních dní jsou uvedeny pro rok 2015. Cena elektrické energie je stanovena pro distribuční sazbu D02d a jistič odpovídající bytovému příkonu.

VX 400E (AC motory)

Provoz	Režim	Provoz VZT jednotky	Provoz VZT jednotky	Celkem provoz	Příkon Přivodní v.	Příkon odvodní v.	Celkem příkon	Spotřeba el. energie	Cena el. energie	Cena celkem
-	-	[hod./den]	[dny]	[hod/rok]	[kW]	[kW]	[kW]	[kWh/rok]	[Kč/kWh]	[Kč/rok]
Pracovní dny	komfort	12	251	3 012	0,090	0,088	0,178	536,14	4,85	2 600
	útlum	8	251	2 008	0,047	0,048	0,095	190,76	4,85	925
Víkendy, svátky	komfort	16	114	1 824	0,090	0,088	0,178	324,67	4,85	1 575
	útlum	5	114	570	0,047	0,048	0,095	54,15	4,85	263
celkem								1 106	-	5 363

Tab. 21: Roční náklady na provoz AC ventilátorů

Duplex 390 ECV4 (EC motory)

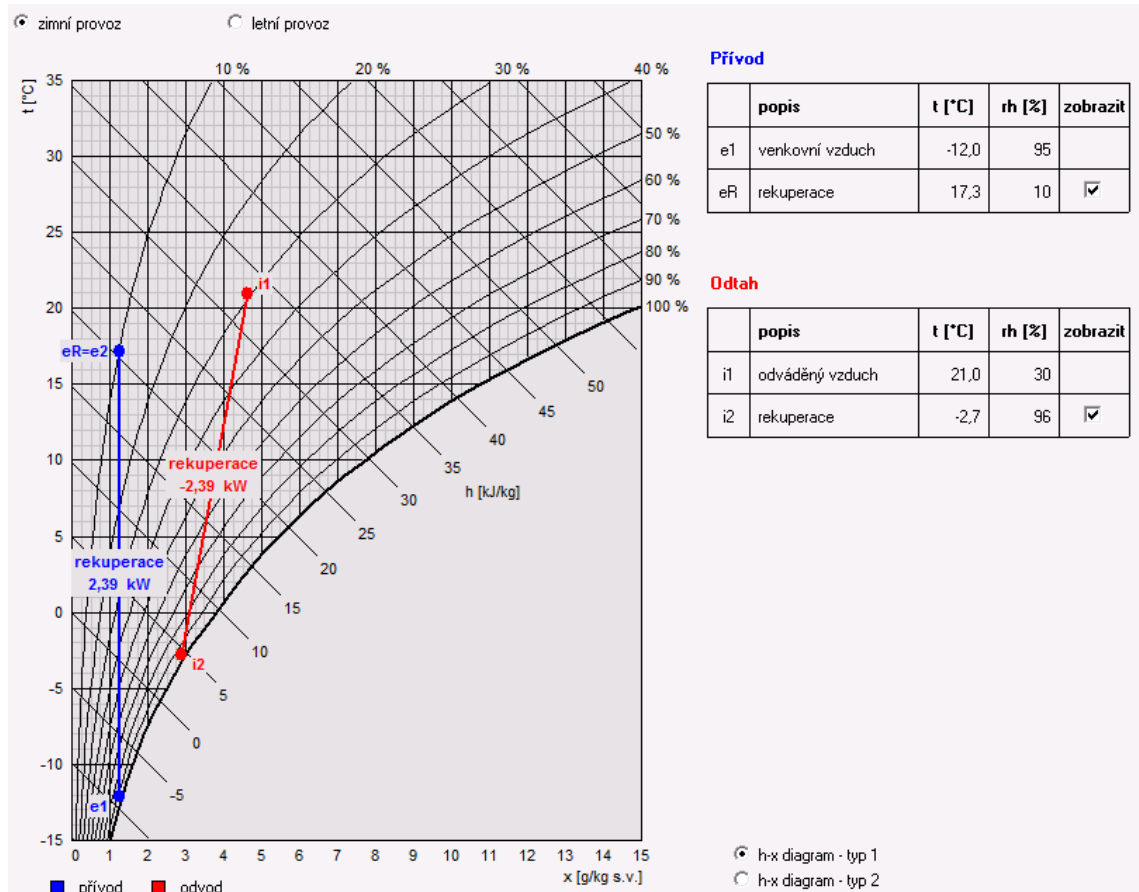
Provoz	Režim	Provoz VZT jednotky	Provoz VZT jednotky	Celkem provoz	Příkon Přivodní v.	Příkon odvodní v.	Celkem příkon	Spotřeba el. energie	Cena el. energie	Cena celkem
-	-	[hod./den]	[dny]	[hod/rok]	[kW]	[kW]	[kW]	[kWh/rok]	[Kč/kWh]	[Kč/rok]
Pracovní dny	komfort	12	251	3 012	0,052	0,059	0,111	334,33	4,85	1 622
	útlum	8	251	2 008	0,012	0,012	0,024	48,19	4,85	234
Víkendy, svátky	komfort	16	114	1 824	0,052	0,059	0,111	202,46	4,85	982
	útlum	5	114	570	0,012	0,012	0,024	13,68	4,85	66
celkem								599	-	2 904
úspora								507		2 459

Tab. 22: roční náklady na provoz EC ventilátorů

Při zadaném profilu užívání v pracovní a nepracovní dny je při porovnání jednotky s AC motory s jednotkou s EC motory dosaženo úspory elektrické energie 507 kWh za rok. Při ceně elektřiny 4,85 Kč/kWh (odpovídá sazbě D02d pro domácnosti) je roční úspora 2 459 Kč. Tato úspora přináší možnost investice 24 590 Kč s desetiletou návratností, pokud hodnotíme výměnu stávající VZT jednotky za novou s EC motory.

Na pokrytí investičních nákladů na pořízení VZT jednotky při uvažované době návratnosti investice deset let tato úspora nestačí. Další náklady se uspoří za elektřinu, kterou spotřebuje elektrický ohřívač vzduchu v rekuperační jednotce s AC motory. Ve VZT jednotce s EC motory díky účinnější rekuperaci elektrický ohřívač není osazen. Účinnější rekuperátor také zajistí úsporu na části tepla, které je nutné na dohřev vzduchu v místnosti otopnou soustavou.

1.5.6 Úpravy vzduchu



Obr. 50: úpravy vzduchu v zimním období

Přívodní vzduch je pouze ohříván v rekuperačním výměníku. Při zadaných teplotách interiéru a exteriéru je teplota přiváděného vzduchu 17,3 °C. Tepelná ztráta způsobená větracím vzduchem je kompenzována otopnou soustavou.

$$\Delta Q_v = m * c_v * \Delta t = \frac{240 * 1,2}{3600} * 1010 * (21 - 17,3) = \underline{299 \text{ W}}$$

ΔQ_v tepelná ztráta větracím vzduchem [W]

m hmotnostní průtok vzduchu [kg/s]

c_v tepelná kapacita vzduchu [J/kg*K]

Δt rozdíl teplot přívodního vzduchu a místnosti [°C]

1.5.7 Útlum hluku

Hlukové parametry zařízení jsou posouzeny podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Pro obytné místnosti je v nočních hodinách maximální povolená hodnota akustického tlaku 30 dB a v denních hodinách 40 dB.

Útlum hluku je posouzen pro VZT jednotku Systemair s AC motory, která má vyšší akustické výkony. Vzduchotechnická jednotka s EC motory, která má nižší akustické výkony, při navržených protihlukových opatřeních posudku vyhoví.

Hlukové parametry zařízení [dB]									
Okt. Pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	celkový výkon
Přívod - sání	46	50	55	51	44	39	28	17	58
Přívod - výtlak	57	62	60	59	62	60	55	50	68
Odvod - sání	42	46	52	50	44	38	30	21	56
Odvod - výtlak	57	61	55	58	63	59	54	48	68
Okolí	35	42	42	45	42	37	27	20	49

Tab. 23: Hlukové parametry bytové jednotky s AC motory

Útlum hluku je řešen zvukově izolačním ohebným potrubím. Toto potrubí je připojeno na všechny hrdla vzduchotechnické jednotky a pro připojení distribučních elementů. Na snížení hluku se projevuje i přirozený útlum. Ohebné zvukově izolační potrubí zároveň zabraňuje šíření hluku mezi jednotlivými místnostmi bytu prostřednictvím vzduchovodů. Délka použitého ohebného potrubí pro připojení jednotky nebo distribučního prvku je vždy minimálně 1 m.

Útlum ohebným potrubím Sonoflex MI [dB/m]								
Průměr potrubí	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
102 mm	13	21	27	23	18	13	17	10
127 mm	12	19	25	21	16	12	15	9
160 mm	11	18	23	19	15	11	14	9

Tab. 24: Útlum hluku ohebným potrubím Sonoflex MI

Přívodní potrubí výtlač (ložnice)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech [dB]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč.
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč.
Zdroj hluku									
Přívodní ventilátor - výtlač	57	62	60	59	62	60	55	50	68
Přirozený útlum									
Odbočka	3	3	3	3	3	3	3	3	
Koleno 90°	0	0	0	0	1	2	3	3	
Koncový odraz	19	14	10	6	2	0	0	0	
Útlumové prvky									
ohebné potrubí 160 mm (1,5 m)	16	26	35	29	23	17	21	13	
ohebné potrubí 102 mm (1 m)	13	21	27	23	18	13	17	10	
Hladina ak. výkonu ve výústce	7	0	0	0	16	26	12	21	26
Hladina ak. výkonu výústky									15
Korekce na počet výústek						počet:		1	0
Hladina ak. výkonu součtová									26
směrový činitel									8
vzdálenost k posluchači (m)									1
pohltivá plocha místnosti (m ²)					74	pohltivost (-)		0,4	30
Hladina ak. tlaku v místě posl.									25
Předepsaná hladina ak. tlaku									30

Tab. 25: Posouzení hluku – přívodní potrubí (výtlač)

Hladina akustického tlaku v pobytové zóně je 25 dB. Hodnota vyhovuje požadavku nařízení vlády na maximální hladinu akustického tlaku 30 dB pro noční hodiny.

Odvodní potrubí sání (obývací p.)	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech [dB]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Odvodní ventilátor - sání	42	46	52	50	44	38	30	21	55,4
Přirozený útlum									
Odbočka 1	2	2	2	2	2	2	2	2	
Koleno 90°	0	0	0	0	1	2	3	3	
Koncový odraz	16	11	7	3	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
ohebné potrubí 160 mm (1 m)	11	18	23	19	15	11	14	9	
ohebné potrubí 160 mm (1 m)	11	18	23	19	15	11	14	9	
Hladina ak. výkonu ve výústce	3	0	0	7	11	12	0	0	16
Hladina ak. výkonu výústky									15
Korekce na počet výústek						počet:		1	0
Hladina ak. výkonu součtová									18
směrový činitel									4
vzdálenost k posluchači (m)									1
pohltivá plocha místnosti (m ²)					128	pohltivost (-)		0,4	51
Hladina ak. tlaku v místě posl.									14
Předepsaná hladina ak. tlaku									30

Tab. 26: Posouzení hluku – odvodní potrubí (sání)

Posudek odvodního potrubí je proveden pro obývací pokoj. Hladina akustického tlaku v pobytové zóně je 14 dB. Hodnota vyhovuje požadavku nařízení vlády na maximální hladinu akustického tlaku 30 dB pro noční hodiny.

Přívodní potrubí sání	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových								
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Přívodní ventilátor - sání	46	50	55	51	44	39	28	17	57,9
Přirozený útlum									
Koleno 90°	0	0	0	1	2	3	3	3	
Koncový odraz	12	8	3	0	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
ohebné potrubí 160 mm (1 m)	11	18	23	19	15	11	14	9	
Hladina ak. výkonu v žaluzii	24	25	29	31	27	25	11	6	35
směrový činitel									2
vzdálenost k okraji střechy (m)									6
Hladina ak. tlaku (okraj st.)									11
Předepsaná hladina ak. tlaku									40

Tab. 27: Posouzení hluku – přívodní potrubí (sání)

Odvodní potrubí výtlak	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových								
frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Souč. hl.
Zdroj hluku									
Odvodní ventilátor - výtlak	57	61	55	58	63	59	54	48	67,6
Přirozený útlum									
Koleno 90° (1x)	0	0	0	1	2	3	3	3	
Koncový odraz	12	8	3	0	0	0	0	0	
Útlumové prvky									
ohebné potrubí 160 mm (1 m)	11	18	23	19	15	11	14	9	
Hladina ak. výkonu v žaluzii	35	36	29	38	46	45	37	37	49
směrový činitel									2
vzdálenost k okraji střechy (m)									6
Hladina ak. tlaku (okraj st.)									26
Předepsaná hladina ak. tlaku									40

Tab. 28: Posouzení hluku – odvodní potrubí (výtlak)

Součtová hladina akustického tlaku na okraji střechy:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{sp}} + 10^{0,1 \cdot L_{so}}) =$$

$$= 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 11} + 10^{0,1 \cdot 26}) = \underline{26 \text{ dB}}$$

L_{sp} hladina akustického tlaku od sání přívodního ventilátoru [dB]

L_{so} hladina akustického tlaku od výtlaku odvodního ventilátoru [dB]

Na střeše se projevuje hluk od sání a výfuku vzduchu. Posuzované místo se nachází nad lícem střechy objektu. Součtová hladina akustického tlaku 26 dB vyhovuje požadované hodnotě 40 dB.

Hladina akustického výkonu jednotky do okolí je 49 dB(A). VZT jednotka je umístěná ve skříni v prostoru šatny. Tím je zajištěn dostatečný útlum hluku, který by mohl mít vliv na okolní místnosti. Pro snížení akustického tlaku do okolí jednotky je možné skříň pro umístění VZT jednotky obložit z vnitřní strany zvukovou izolací.

1.6 Srovnání centrální a decentrální VZT

Srovnání varianty s jednou centrální vzduchotechnickou jednotkou a varianty, kdy má každý byt svou rekuperační větrací jednotku, je proveden z hlediska příkonu ventilátorů při návrhovém průtoku vzduchu a při útlumovém režimu.

Systém	VZT jednotka	Příkon - přívodní ventilátor	Počet - přívodní ventilátory	Příkon - odvodní ventilátor	Počet - odvodní ventilátory	Příkon celkem
-	-	[kW]	-	[kW]	-	[kW]
Centrální	Aeromaster XP 10	2,280	1	1,650	1	3,930
Decentrální	VX 400E (AC)	0,090	24	0,088	24	4,258
	Duplex ECV4 390 (EC)	0,052	24	0,059	24	2,664

Obr. 51: Srovnání příkonu při návrhovém průtoku vzduchu

Systém	VZT jednotka	Příkon - přívodní ventilátor	Počet - přívodní ventilátory	Příkon - odvodní ventilátor	Počet - odvodní ventilátory	Příkon celkem
-	-	[kW]	-	[kW]	-	[kW]
Centrální	Aeromaster XP 10	0,680	1	0,500	1	1,180
Decentrální	VX 400E (AC)	0,047	24	0,048	24	2,261
	Duplex ECV4 390 (EC)	0,012	24	0,012	24	0,576

Obr. 52: Srovnání příkonu při útlumovém režimu

Nejvyšší spotřeby elektrické energie dosahuje varianta s bytovými rekuperačními jednotkami s pohonem ventilátorů AC motory. Při návrhovém průtoku vzduchu je jejich celkový příkon 4,26 kW a při útlumovém režimu 2,26 kW.

Při návrhovém průtoku vzduchu má centrální VZT zařízení jen o 8 % nižší příkon než decentrální jednotky s AC motory, při útlumu je rozdíl 48 %.

Nejúspornější provoz z hlediska provozu ventilátorů má bytová jednotka s pohonem EC motory. Spotřeba elektrické energie je téměř poloviční než u zbylých dvou variant. Při útlumovém režimu má spotřebu nižší o 51 % oproti centrálnímu zařízení a o 75 % nižší než bytové jednotky s AC motory.

Režim	Systém	VZT jednotka	Celkový příkon ventilátorů	Průtok vzduchu	SFP	Třída SFP
-	-	-	[W]	[m ³ /h]	[W/(m ³ /s)]	-
Návrhový průtok vzduchu	Centrální	Aeromaster XP 10	3 930	5760	2456	SFP5
	Decentrální	VX 400E (AC)	4 258	5760	2661	SFP5
		Duplex ECV4 390 (EC)	2 664	5760	1665	SFP4
Útlumový režim	Centrální	Aeromaster XP 10	1 180	3800	1118	SFP5
	Decentrální	VX 400E (AC)	2 261	2904	2803	SFP4
		Duplex ECV4 390 (EC)	576	2880	720	SFP2

Tab. 29: Srovnání SFP navržených variant

Výše uvedená tabulka uvádí třídy specifického výkonu ventilátorů pro navržené varianty v nominálním a útlumovém režimu. Příkon ventilátorů je součtem všech příkonů v dané variantě. Průtok vzduchu je vyšší z hodnot přívod /odvod. Jako nejúspornější vychází varianta decentrálních jednotek s EC pohonem.

Posuzovaný parametr	Decentrální systém		Centrální systém
	Bytová jednotka s AC motory	Bytová jednotka s úspornými EC motory	Centrální VZT jednotka
Hlučnost v interiéru	-	+	++
Řízení výkonu	+	++	-
Úprava vzduchu	-	-	++
Stavební úpravy	+/-	+/-	+/-

Tab. 30: Srovnání provozních parametrů navržených systémů

Výhody centrální VZT jednotky

- Nižší hlučnost ve vnitřním prostředí.
- Přívod tepelně i vlhkovně upraveného vzduchu.
- Servis zařízení nezávisle na uživateli.

Nevýhody centrální VZT jednotky

- Náklady na ohřev a případné vlhčení vzduchu.
- Rozdílné požadavky uživatelů na provoz.

Výhody decentrální VZT jednotky

- Individuální nastavení provozu zařízení.
- Nehrozí přenos zvuku vzduchovody mezi jednotlivými byty.

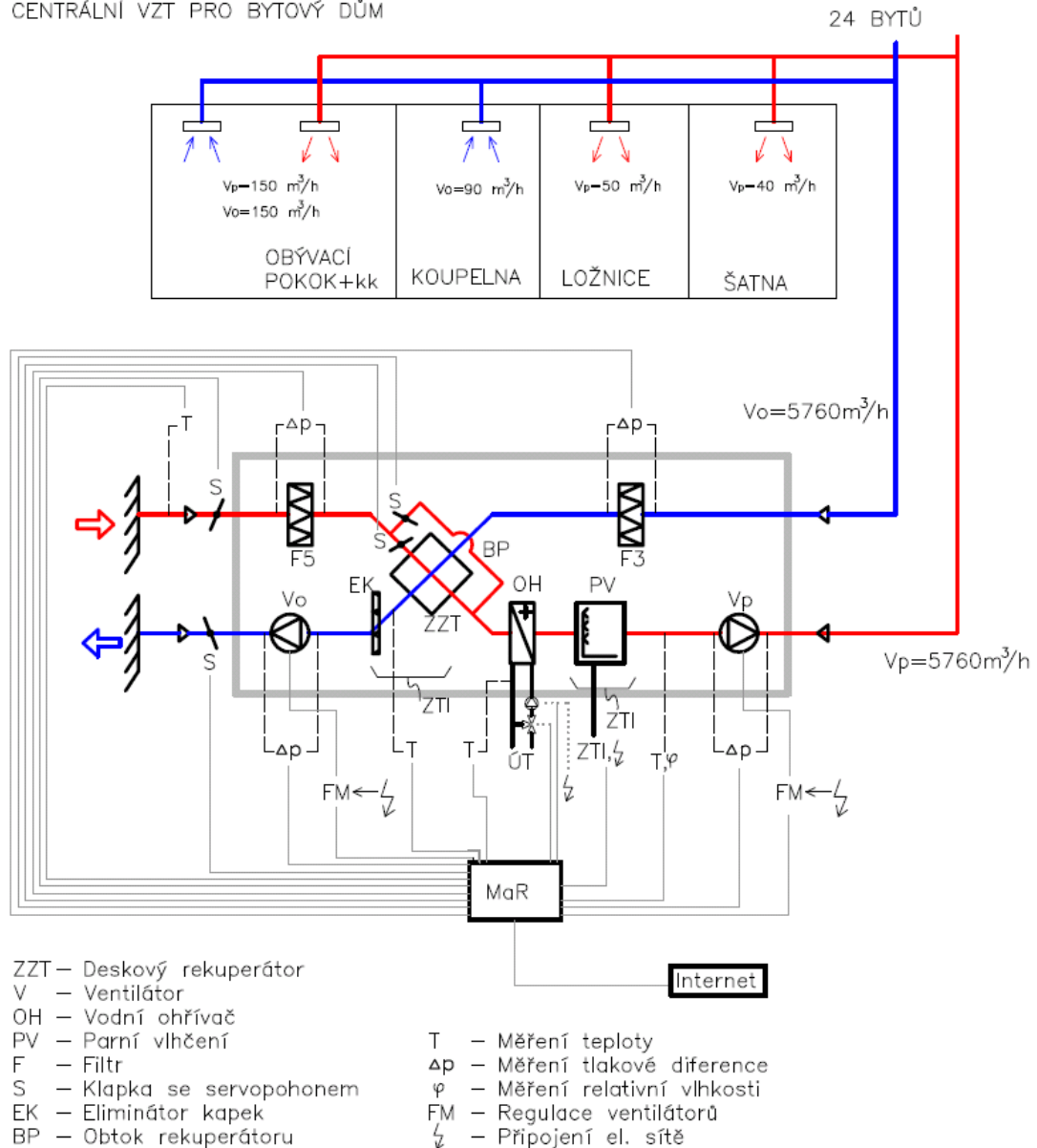
Nevýhody decentrální VZT jednotky

- Servis a údržba závislá na uživateli.
- Vzduch upravován pouze zpětným získáváním tepla.

1.7 Regulační schémata

REGULAČNÍ SCHÉMA

CENTRÁLNÍ VZT PRO BYTOVÝ DŮM



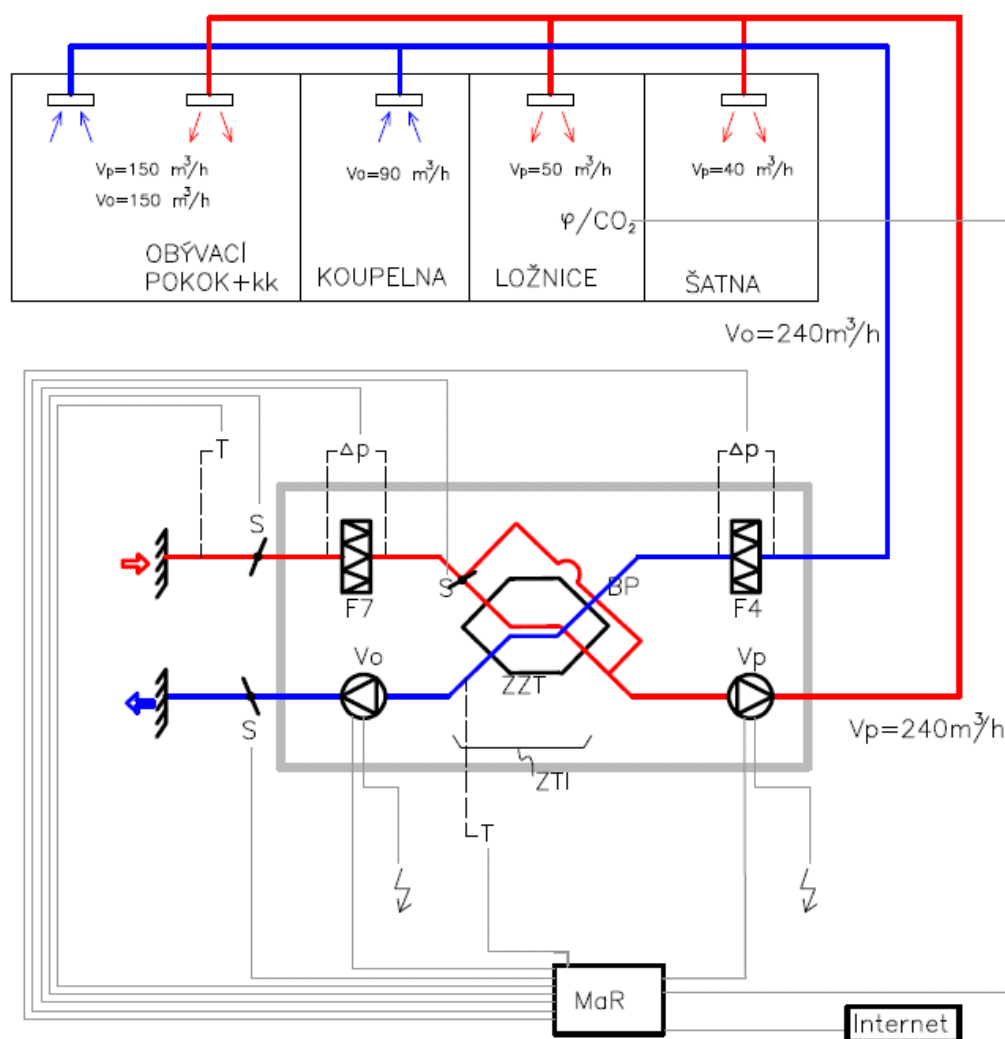
Regulované veličiny jsou teplota přivodního vzduchu, vlhkost přivodního vzduchu a otáčky ventilátorů. Dále je regulována teplota topné vody do ohřivače vzduchu.

Akční veličiny jsou ovládány signály regulátoru ovládacím členům. Řídí se

otevření klapek, otevření směšovacích ventilů, příkon parního zvlhčovače, chod čerpadla a ventilátorů

REGULAČNÍ SCHÉMA

DECENTRÁLNÍ VZT PRO BYTOVÝ DŮM



ZZT – Rekuperační výměník
 V – Ventilátor
 F – Filtř
 S – Klapka se servopohonem
 BP – Obtok rekuperátoru

T – Měření teploty
 Δp – Měření tlakové difference
 φ – Měření relativní vlhkosti
 LT – Připojení el. sítě

1.8 Technická zpráva – centrální VZT

1.8.1 Úvod

Předmětem této projektové dokumentace je návrh centrálního vzduchotechnického zařízení pro čtyřpodlažní bytový dům v Brně. Cílem návrhu zařízení je zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí.

Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování jsou výkresy zadaného objektu. Součástí podkladů jsou příslušné zákony, prováděcí vyhlášky a technické normy.

- Nařízení vlády 272/2011 Sb. O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- ČSN 73 0802 – Požadavky na větrání obytných budov
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb
- ČSN EN 15 665 – Požadavky na větrání obytných budov
- ČSN 73 0872 - ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Dále jsou pro návrh použity podklady výrobců vzduchotechnických zařízení. Použity jsou katalogy výrobků a návrhové programy:

Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Objekt se nachází ve městě Brně v nadmořské výšce 250 m.n.m.. Zimní návrhová venkovní teplota je -12 °C a relativní vlhkost 95 %. Letní návrhová venkovní teplota je 30 °C a měrná entalpie 56 kJ/kg s.v.

Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Požadovaná teplota vnitřního prostředí je 21 °C s relativní vlhkostí minimálně 30 %. Maximální hladina akustického tlaku v místnostech je 30 dB/A, která odpovídá požadavkům na obytné místnosti staveb pro bydlení v nočních hodinách. Maximální hladina akustického tlaku ve venkovním prostředí je 40 dB/A.

Požadavky na nucené větrání

Množství větracího vzduchu vychází z doporučených hodnot ČSN EN 15 665. Dávka čerstvého vzduchu na jednu osobu je 25 m³/h. Množství vzduchu pro větrání

koupelny je 90 m³/h a kuchyně 150 m³/h. Toto množství vzduchu zajistí dostatečnou výměnu vzduchu v místnostech.

Energetické zdroje

Elektrická energie je využívána pro pohon ventilátorů, parního zvlhčovače, čerpadla topné vody a ovládacích prvků.

Pro ohřev vzduchu ve výměníku VZT jednotky je použita topná voda o teplotě 70 °C.

1.8.2 Popis technického řešení

Koncepce VZT zařízení

Centrální vzduchotechnická jednotka umístěná na střeše objektu zajišťuje rovnotlaké větrání bytového domu. Vzduchotechnická jednotka je sestavena z jednotlivých komponentů. Na přívodu obsahuje filtr třídy M5, vodní ohřívač, parní zvlhčovač a ventilátor se spirální skříní. Na odvodu obsahuje filtr třídy G3 a ventilátor se spirální skříní. Dále je vzduchotechnická jednotka vybavena deskovým výměníkem zpětného získávání tepla s eliminátorem kapek a obtokem, uzavíracími klapkami na straně exteriéru a pružnými manžetami pro připojení vzduchotechnického potrubí. Jednotka je umístěna na základovém rámu.

Vzduchotechnická jednotka je umístěna na střeše objektu na plošině s obslužným prostorem na servisní straně VZT jednotky. Sání a výfuk vzduchu je na straně exteriéru zakončeno protidešťovými žaluziemi s ochrannou sítí. Jednotka je dopravována na střechu po jednotlivých komorách a následně sestavena.

Doprava vzduchu je zajištěna čtyřhranným vzduchotechnickým potrubím z pozinkovaného plechu. Potrubí odbočující do bytů je kruhové a pro připojení distribučních prvků je použito ohebné potrubí. Potrubí je vedeno v podhledech a instalační šachtě.

1.8.3 Měření a regulace

Navržené systémy VZT budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace – profese MaR:

- ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu vodního výměníku
- protimrazová ochrana deskového výměníku obtokovou klapkou
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce servopohony

- protimrazová ochrana teplovodního výměníku – měření na straně vody i vzduchu. Při poklesu teploty: 1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapky, 3) otevření třicestného ventilu, 4) spuštění čerpadla
- signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace
- připojení regulace a signalizace stavu všech zařízení na centrální stanoviště

1.8.4 Nároky na související profese

Stavební úpravy

- Zřízení ocelové konstrukce s obslužnou plochou pro umístění VZT jednotky na střeše objektu.
- Otvory pro vedení vzduchovodů ve svislých a vodorovných stavebních konstrukcích.
- Obložení a utěsnění prostupů VZT
- Zřízení revizních otvorů pro přístup k ovládacím prvkům.

Silnoproud

- Připojení a spínání jednotlivých prvků podle platných předpisů.

Vytápění

- Připojení ohřívače VZT jednotky včetně regulačních armatur.

Zdravotně technické instalace

- Odvod kondenzátu z VZT jednotky.
- Připojení parního zvlhčovače.

1.8.5 Protihluková a protiotřesová opatření

Proti šíření hluku vzduchotechnickým potrubím od VZT jednotky jsou osazeny tlumiče hluku, umístěné na potrubí směrem od jednotky do místnosti i od jednotky do venkovního prostředí. Použity jsou kulísové tlumiče hluku.

Veškeré prvky, které způsobují otřesy jsou pružně uloženy, aby se minimalizovalo šíření vibrací. Potrubí je k jednotkám připojeno pomocí pružných tlumících vložek. Všechny prostupy potrubí stavebními konstrukcemi jsou obloženy a dotěsněny izolací. Distribuční elementy jsou připojeny ohebným zvukově izolačním potrubím.

1.8.6 Izolace a nátěry

Navržena je tepelná izolace z minerální vlny na hliníkové folii. Tepelně izolováno je přívodní a odvodní potrubí v exteriéru do, aby zabránilo tepelným ztrátám a vzniku kondenzace. Tepelná izolace má tloušťku 80 mm. Izolace potrubí v exteriéru oplechovány pozinkovaným plechem.

1.8.7 Protipožární opatření

U prostupů vzduchotechnického potrubí o průměru 160 mm stěnami do jednotlivých bytů není nutné žádné protipožární opatření. Norma ČSN 73 0802 Požární bezpečnost stavem (nevýrobní objekty) umožňuje provedení požárně neuzavřených prostupů o ploše $<40\,000\text{ mm}^2$, pokud jsou od sebe vzdáleny minimálně 500 mm a jejich celková plocha nepřesáhne 1/100 plochy dělicí konstrukce.

1.8.8 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- Montáž vzduchotechnického potrubí se provádí před ostatními instalacemi z důvodu prostorových nároků.
- Při osazování regulačních klapek je zajištěn přístupový prostor.
- Montáž vzduchotechnických zařízení zajišťuje odborná montážní firma podle montážních předpisů jednotlivých prvků.
- Při montáži jsou dodržována bezpečnostní opatření podle platných předpisů.
- Po montáži musí být všechna zařízení vyzkoušena a zaregulována.
- Zaregulování probíhá současně s profesí MaR.
- Uživatel je seznámen funkcí, provozem a údržbou zařízení.
- Vzduchotechnická zařízení obsluhují pouze řádně zaškolení pracovníci dle provozních předpisů.
- Požadavky pro bezpečnou práci jsou uvedeny v provozním řádu.
- Vypracování provozního řádu a zaškolení obsluhy zajišťuje dodavatel.
- Vzduchotechnická zařízení jsou pravidelně kontrolována, čištěna a udržována

v provozuschopném stavu.

- Zařízení mají dostatečný a snadno přístupný obslužný prostor
- O kontrolách a údržbě musí být veden záznam. Jejich frekvence je stanovena provozním řádem, který zajistí dodavatel.
- Výměna prvků vzduchotechnických zařízení a následné nakládání s nimi bude prováděno podle předpisů jednotlivých výrobků.
- Řízení a regulace zařízení je zajištěno samostatným systémem MaR.

1.8.9 Závěr

Vzduchotechnické zařízení je navrženo tak, aby celoročně zajistilo požadovaný stav a kvalitu vnitřního prostředí obsluhovaných prostor. Zohledněny jsou také provozní a ekonomické aspekty.

1.9 Technická zpráva – decentralní VZT

1.9.1 Úvod

Předmětem této projektové dokumentace je návrh decentralního vzduchotechnického zařízení pro čtyřpodlažní bytový dům v Brně. Cílem návrhu zařízení je zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí.

Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování jsou výkresy zadaného objektu. Součástí podkladů jsou příslušné zákony, prováděcí vyhlášky a technické normy. Podklady jsou shodné s technickou zprávou centrálního zařízení.

Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Objekt se nachází ve městě Brně v nadmořské výšce 250 m.n.m.. Zimní návrhová venkovní teplota je -12 °C a relativní vlhkost 95 %. Letní návrhová venkovní teplota je 30 °C a měrná entalpie 56 kJ/kg s.v.

Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Požadovaná teplota vnitřního prostředí je 21 °C s relativní vlhkostí minimálně 30 %. Maximální hladina akustického tlaku v místnostech je 30 dB/A, která odpovídá požadavkům na obytné místnosti staveb pro bydlení v nočních hodinách. Maximální hladina akustického tlaku ve venkovním prostředí je 40 dB/A.

Požadavky na nucené větrání

Množství větracího vzduchu vychází z doporučených hodnot ČSN EN 15 665. Dávka čerstvého vzduchu na jednu osobu je 25 m³/h. Množství vzduchu pro větrání koupelny je 90 m³/h a kuchyně 150 m³/h. Toto množství vzduchu zajistí dostatečnou výměnu vzduchu v místnostech.

Energetické zdroje

Elektrická energie je využívána pro pohon ventilátorů a ovládacích prvků.

1.9.2 Popis technického řešení

Koncepce VZT zařízení

Bytová vzduchotechnická jednotka je umístěná ve skříni v prostoru a zajišťuje rovnotlaké větrání bytu. Vzduchotechnická jednotka je dodávána jako celek. Obsahuje filtr třídy F7 na přívodu a G4 na odvodu. Vzduchotechnická jednotka vybavena protiproudým rekuperátorem pro zpětné získávání tepla s obtokovou klapkou. VZT jednotka má čtyři hrdla průměru 160 mm pro připojení potrubí. Pro dopravu přívodního a odvodního vzduchu slouží radiální ventilátory s volným oběžným kolem poháněné EC motory. Jednotka je pružně umístěna na podpěrné konstrukci. Sání a výfuk vzduchu je na straně exteriéru zakončeno protidešťovými žaluziemi s ochrannou sítí.

Doprava vzduchu je zajištěna kruhovým vzduchotechnickým potrubím z pozinkovaného plechu. Pro napojení vzt jednotky a pro připojení distribučních prvků je použito ohebné potrubí. Potrubí je vedeno v podhledech.

1.9.3 Měření a regulace

Ovládací a regulační prvky jsou dodávány jako příslušenství VZT jednotky.

- ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- protimrazová ochrana deskového výměníku regulací množství přiváděného vzduchu, případně obtokovou klapkou
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce servopohony
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace
- možná regulace výkonu zařízení externími čidly CO₂ a rel. vlhkosti

1.9.4 Nároky na související profese

Stavební úpravy

- Umístění podpěrné konstrukce v prostoru šatny
- Otvory pro vedení vzduchovodů ve svislých stavebních konstrukcích.
- Obložení a utěsnění prostupů VZT
- Zřízení revizních otvorů pro přístup k ovládacím prvkům.

Silnoproud a ZTI

- Připojení a spínání jednotlivých prvků podle platných předpisů.
- Odvod kondenzátu z VZT jednotky.

1.9.5 Protihluková a protiořesová opatření

Proti šíření ořesů je VZT jednotka pružně podepřena. Šíření hluku vzduchotechnickým potrubím od VZT jednotky je snižováno připojením ohebného, zvukově izolačního potrubí. Všechny prostupy potrubí stavebními konstrukcemi jsou obloženy a dotěsněny izolací. Distribuční elementy jsou připojeny ohebným zvukově izolačním potrubím.

1.9.6 Izolace a nátěry

Navržena je tepelná izolace z minerální vlny na hliníkové folii. Tepelně izolováno je přírodní potrubí z exteriéru do jednotky, které je umístěné v šachtě, a odvodní potrubí v exteriéru, aby se zabránilo vzniku kondenzace. Tepelná izolace má tloušťku 50 mm. Izolace v exteriéru oplechovány pozinkovaným plechem.

1.9.7 Protipožární opatření

V případě jednopodlažních požárních úseků by bylo nutné na svislém vzduchotechnickém potrubí procházejícím stropními konstrukcemi osadit protipožární klapky. Vzdálenost a plocha prostupů neumožňuje řešení bez protipožárních opatření. V případě vícepodlažních požárních úseků není nutné protipožární klapky v místě prostupu stropní konstrukcí osazovat. Posouzení počtu podlaží v jednom požárním úseku je provedeno podle ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty.

Výpočtové požární zatížení:

$$p_v = p * a * b * c = 50 * 0,98 * 0,773 * 1 = \underline{\underline{37,9 \text{ kg} / \text{m}^2}}$$

- p požární zatížení [kg/m^2]
 a součinitel rychlosti odhořívání dle látek [-]
 b součinitel rychlosti odhořívání dle stavebních podmínek [-]
 c součinitel vlivu bezpečnostních opatření [-]

Výpočet požárního zatížení:

$$p = p_n + p_s = 40 + 10 = \underline{50 \text{ kg/m}^2}$$

- p_n nahodilé požární zatížení [kg/m^2] (příloha A ČSN 73 0802-pro byty)
 p_s stálé požární zatížení [kg/m^2]

Výpočet stálého požárního zatížení: (pro plochy $<500 \text{ m}^2$)

$$p_s = p_{so} + p_{sd} + p_{sp} = 3 + 2 + 5 = \underline{10 \text{ kg/m}^2}$$

- p_{so} stálé požární zatížení oken [kg/m^2]
 p_{sd} stálé požární zatížení dveří [kg/m^2]
 p_{sp} stálé požární zatížení podlah [kg/m^2]

Výpočet součinitele a :

$$a = \frac{p_n * a_n + p_s * a_s}{p_n + p_s} = \frac{40 * 1 + 10 * 0,9}{40 + 10} = \underline{0,98 [-]}$$

- a_n součinitel pro stálé zatížení [-] (příloha A ČSN 73 0802)
 a_s součinitel pro stálé požární zatížení ($a_s = 0,9$)

Výpočet součinitele b : (0,5;1,7)

$$b = \frac{S * k}{S_o * \sqrt{h_o}} = \frac{172,8 * 0,112}{19,5 * \sqrt{1,65}} = \underline{0,773 [-]}$$

- S plocha požárního úseku [m^2]
 S_o plocha otvorů [m^2]
 h_o výška otvorů [m]

k součinitel pro výpočet b [-]

Výpočet výšky otvorů h_o :

$$h_o = \frac{\sum S_{oi} * h_{oi}}{\sum S_{oi}} = \frac{2 * 2 + 4,5 * 1,5}{6,5} = \underline{1,65 [m]}$$

S_{oi} plochy otvorů [m^2]

h_{oi} výšky otvorů [m]

Pomocná hodnota n: (podle přílohy D ČSN 730802, vychází z poměrů h_o/h_s ; S_o/S)

$$n = \underline{0,078[-]}$$

Součinitel k: (podle přílohy E ČSN 730802, vychází z plochy místností a souč. n)

$$k = \underline{0,112[-]}$$

S_{oi} plochy otvorů [m^2]

h_{oi} výšky otvorů [m]

Výpočet součinitele c:

$$c = 1 \text{ (nejsou prvky pro navýšení požární bezpečnosti)}$$

Výpočet počtu podlaží požárního úseku: (nehořlavý konstrukční systém)

$$z_1 = \frac{180 \text{ kg} / \text{m}^2}{p_v} = \frac{180}{37,9} = \underline{5 \text{ podlaží}}$$

Parametry objektu umožňují podle výpočtu ČSN 73 0802 variantu, aby byty ve třech podlažích ležících nad sebou tvořili jeden požární úsek. Není tedy nutné osazení protipožárních klapků v místě prostupů vzduchotechnického potrubí stropní konstrukcí.

1.9.8 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

- Montáž vzduchotechnického potrubí se provádí před ostatními instalacemi z důvodu prostorových nároků.
- Montáž, zkoušku a zaregulování vzduchotechnického zařízení zajišťuje odborná montážní firma podle montážních předpisů jednotlivých prvků.
- Při montáži jsou dodržována bezpečnostní opatření podle platných předpisů.

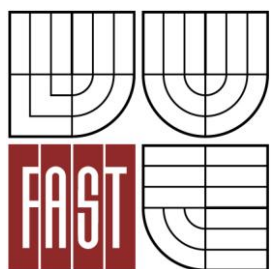
- Uživatel je seznámen funkcí, provozem a údržbou zařízení.
- Požadavky pro bezpečnou práci jsou uvedeny v provozním řádu.
- Vzduchotechnická zařízení jsou pravidelně kontrolována, čištěna a udržována v provozuschopném stavu. Pokyny pro údržbu uvádí výrobce.
- Zařízení mají dostatečný a snadno přístupný obslužný prostor

1.9.9 Závěr

Vzduchotechnické zařízení je navrženo tak, aby celoročně zajistilo požadovaný stav a kvalitu vnitřního prostředí obsluhovaných prostor. Zohledněny jsou také provozní a ekonomické aspekty.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ÚSPORNÉ VENTILÁTORY V TECHNICE PROSTŘEDÍ

SAVING FANS IN HVAC SYSTEMS

C. EXPETIMENTÁLNÍ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN KLÜGL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016

1 Měření vlastností ventilátorů

1.1 Měření diagonálního ventilátoru

Cílem měření je zjištění vlastností diagonálního ventilátoru TD 800/200. Z naměřených hodnot se určí charakteristika ventilátoru a jeho účinnost. Současně se posoudí regulovatelnost ventilátoru vzhledem ke zjištěné charakteristice. Výsledky se zhodnotí podle nařízení komise EU 327/2011 na ekodesign ventilátorů.

1.1.1 Fyzický model a sledované veličiny

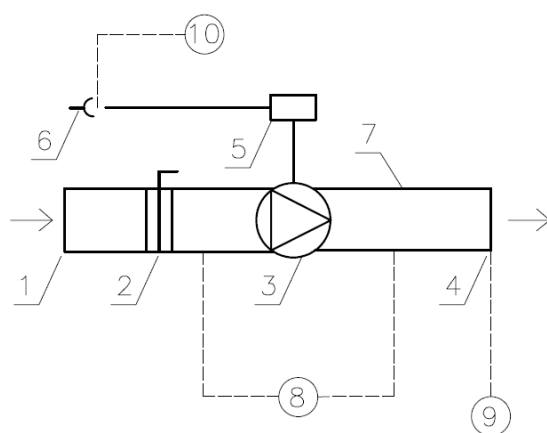
Měření je provedeno v laboratoři na ústavu Technických zařízení budov VUT v Brně. Měřicí trasa je sestavena z kruhového potrubí o průměru 200 mm, na kterém je osazen ventilátor. V potrubí je osazena kruhová klapka pro regulování průtoku vzduchu.

Použité přístroje

- Almemo 2890-9 - měřicí ústředna
- Testo 435-4 - snímač tlakové difference
- anemometrické čidlo FDAD15-SMA1
- Wattmetr FTH 999
- konektor pro anemometr

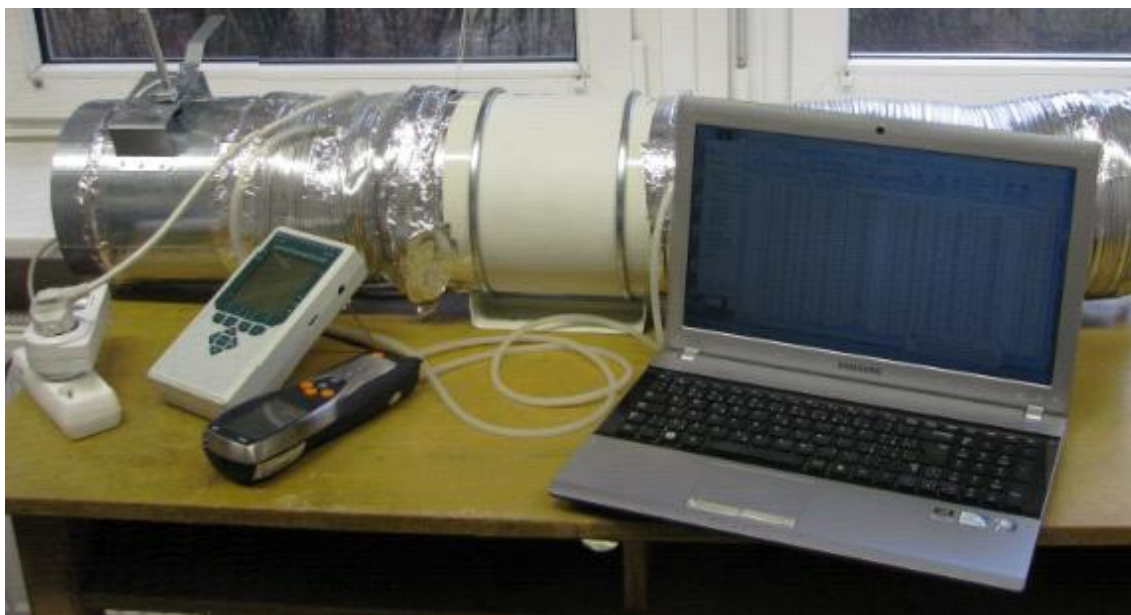
Prvky měřicí trasy

- ventilátor TD 800/200 s regulátorem otáček
- kruhové potrubí průměru 200 mm
- kruhová regulační klapka průmětu 200 mm s ručním ovládním
- lepicí hliníková páska s ochrannou fólií



Obr. 53: Schéma fyzického modelu měření ventilátoru

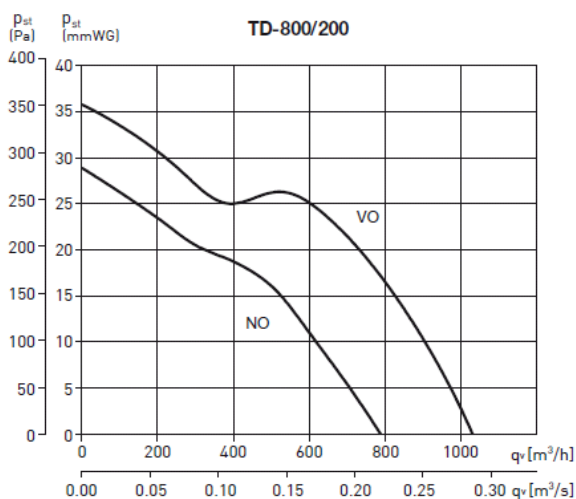
- 1 sání vzduchu
- 2 kruhová regulační klapka
- 3 ventilátor
- 4 výtlak vzduchu
- 5 regulátor otáček
- 6 síťové napájení
- 7 kruhové potrubí
- 8 snímání tlakové difference
- 9 měření rychlosti proudění vzduchu
- 10 měření příkonu ventilátoru



Obr. 54: měření ventilátoru v laboratoři

Ventilátor TD 800/200

V experimentu je měřen diagonální ventilátor TD 800/200 od firmy Elektrodesign. Ventilátor je vyroben z plastu a skládá se z motorové části a sacího a výtlačného hrdla. Oběžné lopátkové kolo je také z plastu. Pohonem ventilátoru je asynchronní motor s kotvou nakrátko. Ventilátor je doplněn elektronickým regulátorem REB, který umožňuje plynulou regulaci na základě změny napětí.



Obr. 55: Charakteristika ventilátoru uváděná výrobcem [16]

Měřené veličiny

Rychlost proudění ...v [m/s]

PříkonP [W]

Diferenční tlak..... Δp [Pa]

1.1.2 Postup měření

Sestavení měřicí trasy

- Stabilní usazení ventilátoru.
- Připojení kruhového potrubí na sací i výtlačné hrdlo ventilátoru.
- Osazení regulační klapky na kruhové potrubí.
- Neprodyšné zalepení všech spojů potrubí s ventilátorem a klapkou hliníkovou lepící páskou.

Připojení a příprava měřících přístrojů

- Umístění hadiček pro snímání diferenčního tlaku do sacího i výtlačného potrubí přibližně do třetiny průřezu tak, aby nedošlo k jejich zachycení ventilátorem.
- Připojení plastových hadiček ke snímači tlakové difference.
- Umístění lopatkového anemometrického čidla do výtlačného potrubí a zajištění jeho polohy.
- Připojení konektoru anemometrického čidla do měřicí ústředny.
- Zapojení měřiče příkonu do zásuvky síťového napájení 230 V 50 Hz.
- Připojení síťového kabelu ventilátoru do měřiče příkonu.

Vlastní měření

- Nastavení měřicí ústředny na měření rychlosti.
- Vynulování měřiče tlakové difference.
- Zapnutí ventilátoru a nastavení regulátoru otáček na výkonový stupeň 10.
- Zapsání hodnot tlakové difference, příkonu ventilátoru a rychlosti proudění vzduchu při plném uzavření regulační klapky.
- Zapisování hodnot tlakové difference, příkonu ventilátoru a rychlosti proudění vzduchu při postupném otevírání regulační klapky až do plného otevření.
- Provedení měření na výkonovém stupni 5 a výkonovém stupni 1.

1.1.3 Použité přístroje

Pro experimentální měření byly použity měřicí přístroje z laboratoře Ústavu technických zařízení budov Stavební fakulty VUT v Brně. Jednotlivé použité komponenty pro sestavení fyzického modelu byly rovněž z této laboratoře.

Měřicí ústředna Almemo 2890-9

Kombinovaný univerzální ruční měřicí přístroj s 9 univerzálními vstupy a 2 výstupy (RS232, analog, Centronics a d.) a vnitřní paměti pro uložení až 100 000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu. K přístroji lze pomocí speciálních programovatelných ALMENO konektorů připojit jakékoli čidlo pro měření fyzikálních, elektrických a chemických veličin. Velký grafický displej. Přístroj s českým menu a kolečkem rychlé volby.[17]

Počet vstupů	9
Počet kanálů	36 + 4 interní
Display	LCD, grafický, 128x128 bodů, 16 řádků, poosvětlený
A/D převodník	24 bit
Frekvence měření	2, 5, 10, 50 M/s 100m/s na SD kartu
Přesnost	±0,02 % z měřené hodnoty, ±1 digit
Paměť	100 000 hodnot max/min
Analogový výstup ...	0,1 mV/digit
Rozhraní	USB, RS232, ethernet, bluetooth
Napájení	akupack 1,6 Ah, síťový adaptér
Čas, datum.....	ano
Rozměry	204 x 109 x 44 mm

Testo 435-4

Měřicí přístroj Testo 435-4 umožňuje snímání diferenčního tlaku. Přístroj je kompatibilní s násuvnými i rádiovými sondami. Přístroj může dále měřit teplotu, rychlost proudění, vlhkost a intenzitu osvětlení v závislosti na použité sondě. Paměť přístroje umožňuje uložení 10 000 naměřených hodnot.

Provozní teplota.....	-20 až (+)50 °C
-----------------------	-----------------

Dětské clonky ano

Max. čas záznamu ... 999 hodin

Záložní akumulátor . 3,6 V, 40 mAh, NiMH (knoflíková baterie 3x1,2 V)

Rozsah spotřeby el .. 0 – 999 kWh

Rozměry 220 x 74 x 46 mm

1.1.4 Výsledky měření

Měření bylo provedeno na nejvyšším, středním a nejnižším výkonovém stupni. Na výkonovém stupni 10 (nejvyšší) bylo provedeno 400 měření. Na výkonovém stupni 1 a 5 bylo provedeno 200 měření pro vykreslení charakteristiky ventilátoru. Ke každému měření byl dopočítán objemový průtok vzduchu a účinnost ventilátoru.

Objemový průtok vzduchu:

$$V_v = S * v = \pi * r^2 * v * 3600 = \pi * 0,1^2 * 0,84 * 3600 = \underline{95 \text{ m}^3/\text{h}}$$

V_v objemový průtok vzduchu [m^3/h]

S průřezová plocha potrubí [m^2]

r poloměr potrubí [m]

v rychlost proudění vzduchu [m/s]

Účinnost ventilátoru:

$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((95 / 3600) * 321) / 79 = \underline{10,72 \%}$$

η účinnost ventilátoru [%]

V_v objemový průtok vzduchu [m^3/h]

Δp tlakový rozdíl [Pa]

P příkon ventilátoru [W]

V následujících tabulkách jsou zobrazeny první hodnoty měření pro každé nastavení regulátoru. Ostatní naměřené hodnoty se nachází v příloze P5, P6 a P7.

Výkonový stupeň 10					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]	P [W]	η [%]
1	0,84	321	95,0	79	10,72 %
2	0,85	317	96,1	79	10,72 %
3	0,83	327	93,9	79	10,79 %
4	0,86	320	97,3	79	10,94 %
5	0,85	318	96,1	79	10,75 %
6	0,86	324	97,3	79	11,08 %
7	0,87	321	98,4	79	11,11 %
8	0,84	320	95,0	79	10,69 %
9	0,88	323	99,5	79	11,30 %
10	0,90	323	101,8	79	11,56 %

Tab. 31: Nejvyšší výkonový stupeň

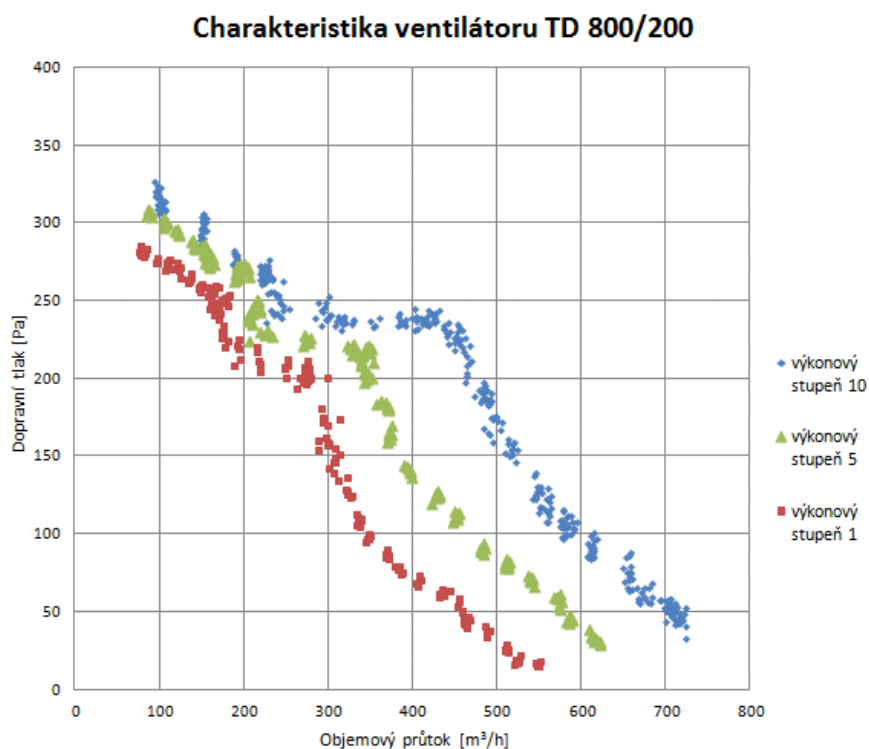
Výkonový stupeň 5					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]	P [W]	η [%]
1	0,79	305	89,3	73	10,37 %
2	0,77	307	87,1	73	10,17 %
3	0,78	306	88,2	73	10,27 %
4	0,79	308	89,3	73	10,47 %
5	0,76	310	86,0	73	10,14 %
6	0,74	306	83,7	73	9,74 %
7	0,92	304	104,0	73	12,04 %
8	0,93	300	105,2	73	12,01 %
9	0,92	298	104,0	73	11,80 %
10	0,96	302	108,6	73	12,48 %

Tab. 32: Střední výkonový stupeň

Výkonový stupeň 1					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]	P [W]	η [%]
1	0,69	286	78,0	72	8,61 %
2	0,67	282	75,8	72	8,24 %
3	0,68	285	76,9	72	8,46 %
4	0,69	280	78,0	72	8,43 %
5	0,68	285	76,9	72	8,46 %
6	0,73	281	82,6	72	8,95 %
7	0,71	283	80,3	72	8,77 %
8	0,72	279	81,4	72	8,77 %
9	0,75	284	84,8	72	9,29 %
10	0,70	280	79,2	72	8,55 %

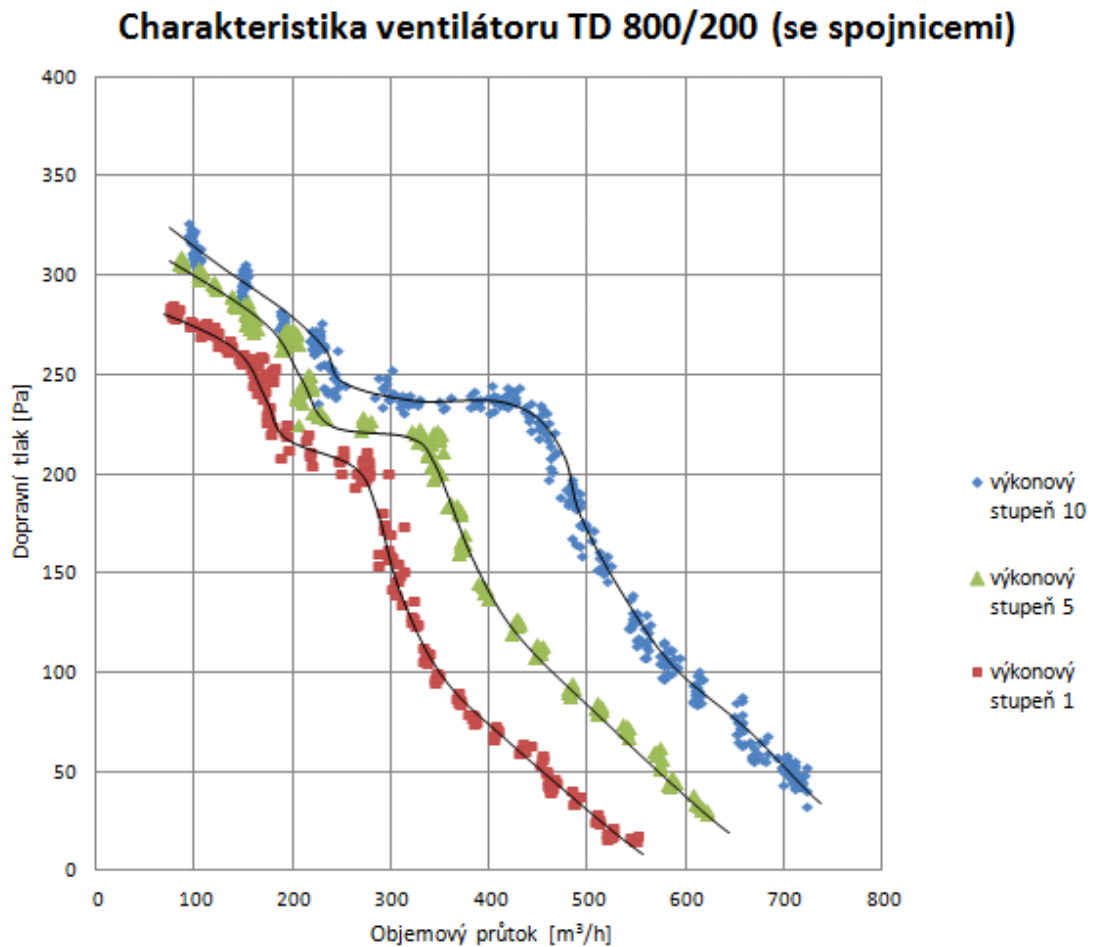
Tab. 33: Nejnižší výkonový stupeň

Následující graf zobrazuje naměřené hodnoty objemových průtoků vzduchu a tlakových diferencí pro jednotlivé výkonové stupně. Maximální naměřený průtok vzduchu byl 723,8 m³/h při tlakovém rozdílu 53 Pa. Maximální naměřený tlakový rozdíl byl 327 Pa při objemovém průtoku 93,9 m³/h.



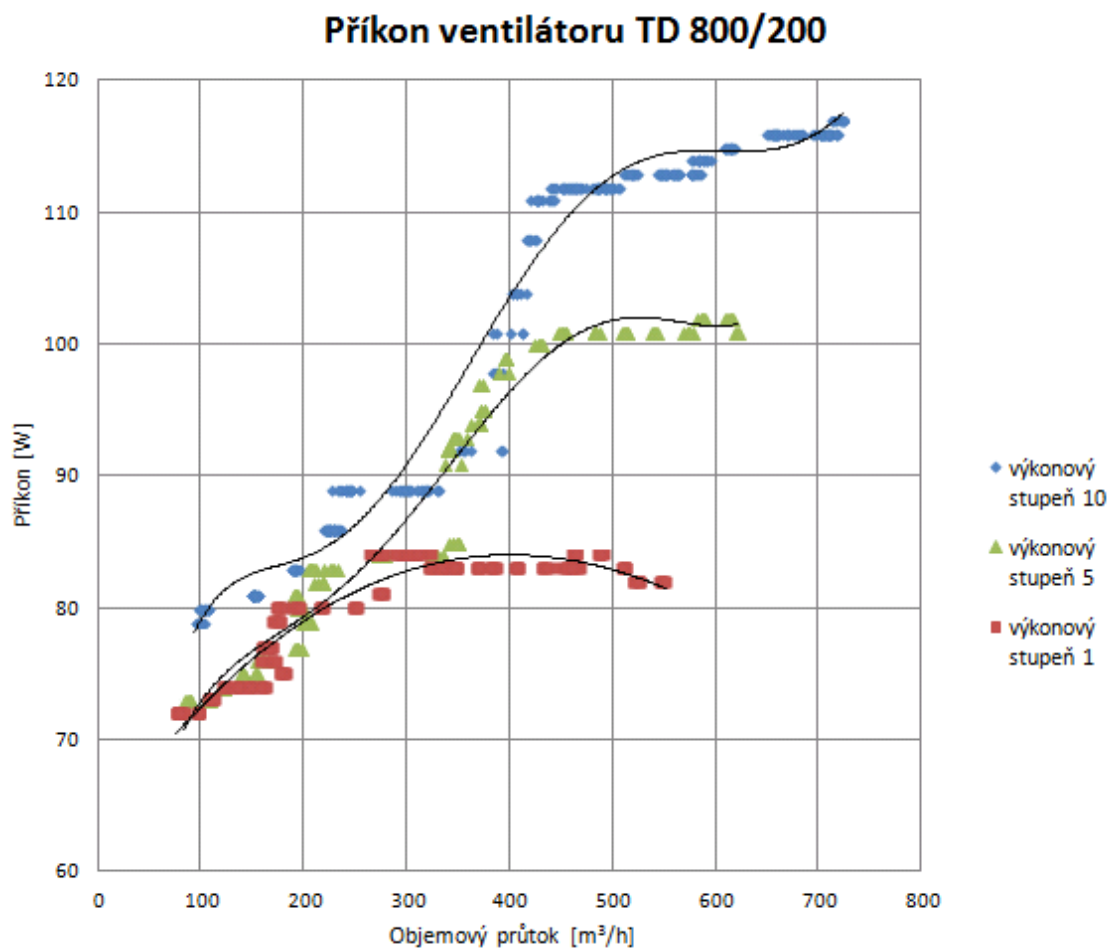
Obr. 56: Graf naměřených hodnot objemového průtoku a tlakové diference

Z grafu naměřených hodnot je patrný průběh charakteristiky ventilátoru. Díky velkému počtu měřících bodů se snižuje vliv jednotlivých odchylek měření.



Obr. 57: Graf charakteristiky ventilátoru

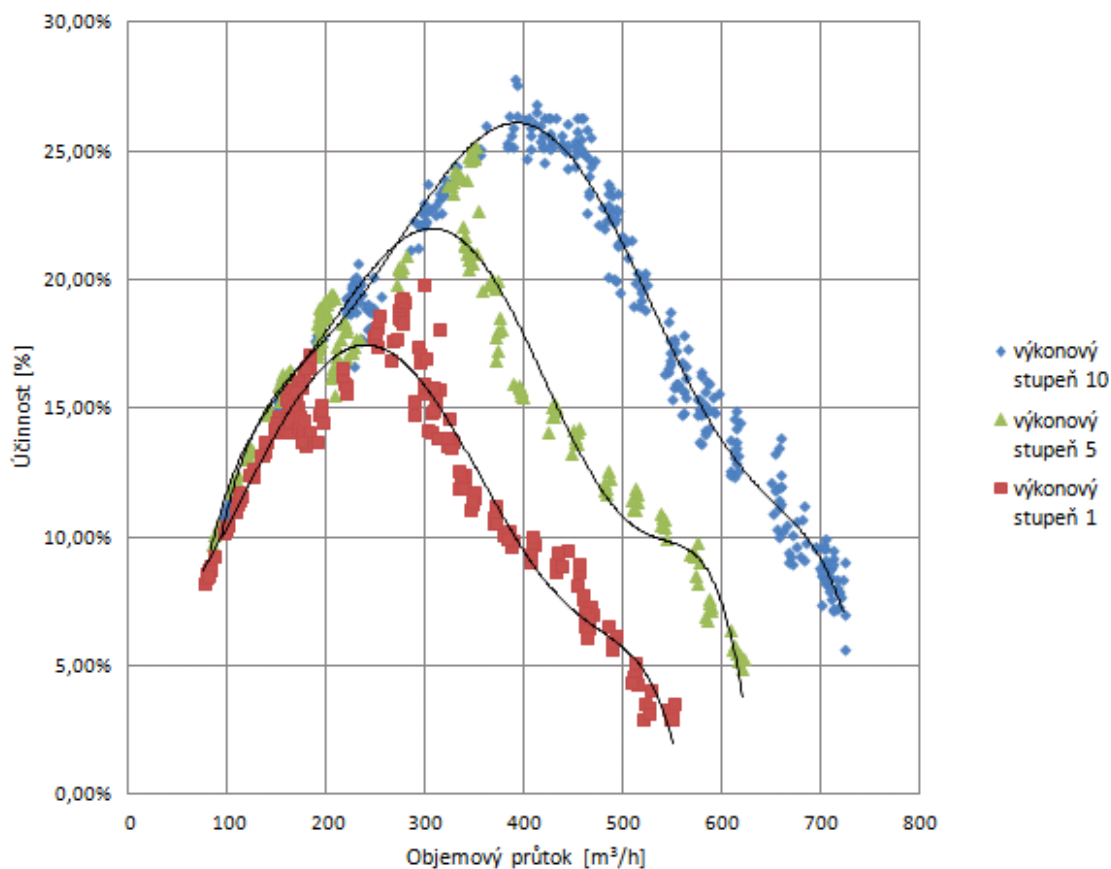
Z naměřených hodnot je zřejmé, že určitá oblast charakteristiky ventilátoru není regulovatelná. Při nepatrných rozdílech v hodnotách tlakové diference dochází ke značným změnám průtoku vzduchu. V této oblasti bylo komplikované i zapisování hodnot rychlosti proudění vzduchu, protože i bez změny nastavení regulační klapky docházelo ke kolísání.



Obr. 58: Graf příkonu ventilátoru v závislosti na průtoku vzduchu

Současně s tlakovou diferencí a rychlostí proudění vzduchu byl měřen i zapisován i aktuální příkon ventilátoru. S rostoucím průtokem vzduchu se zvyšoval i příkon ventilátoru. Při nízkých objemových průtocích vzduchu se příkon na jednotlivých stupních regulace příliš nelišil. S rostoucím průtokem vzduchu se zvyšují i rozdíly v příkonu na jednotlivých regulačních stupních.

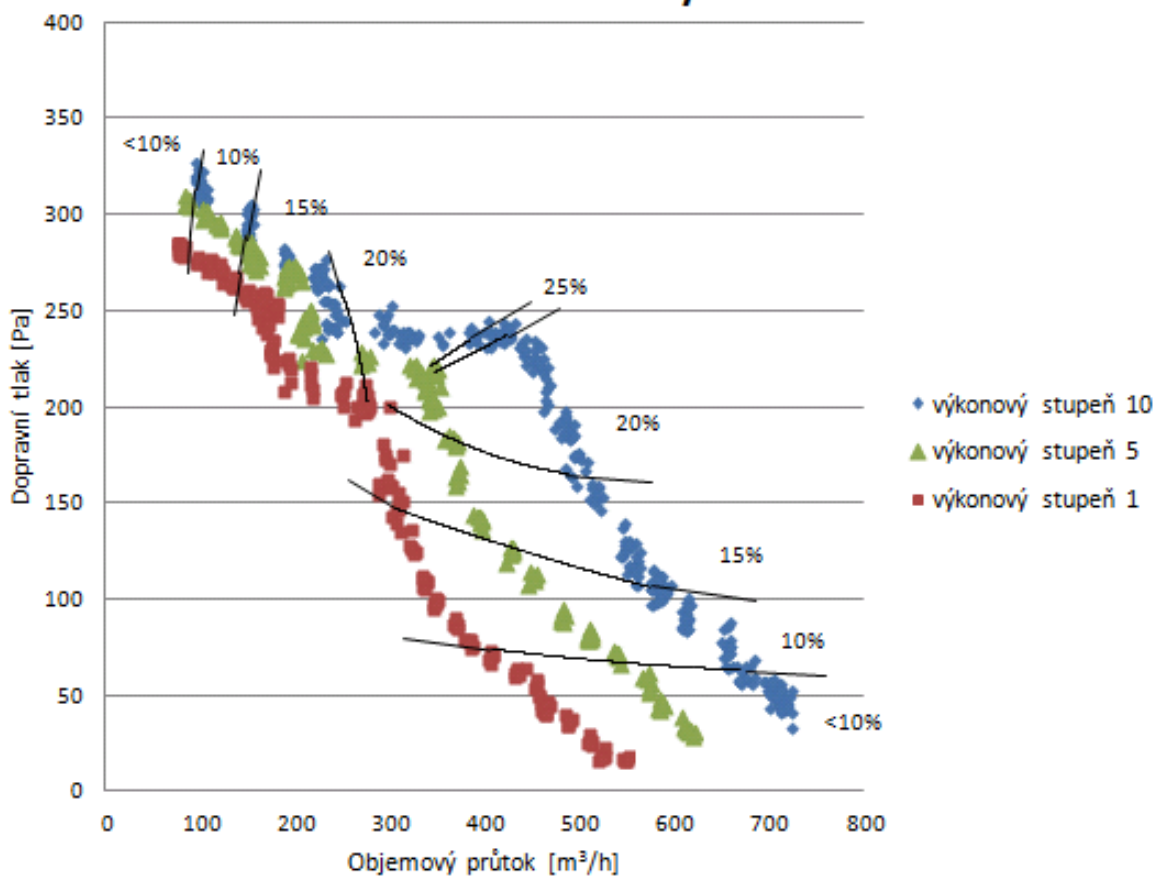
Účinnost ventilátoru TD 800/200



Obr. 59: Graf účinnosti ventilátoru

V grafu jsou vykresleny dopočtené hodnoty účinnosti ventilátoru. Maximální hodnoty se pohybují okolo 27 %. Minimální hodnoty účinnosti klesají pod 5 %. Při nastavení vyššího výkonového stupně na regulátoru se zvyšuje i dosahovaná účinnost. Nejvyšší účinnosti je dosahováno při středním průtoku vzduchu, kde se nachází těžko regulovatelná oblast.

Charakteristika ventilátoru s vyznačením účinnosti



Obr. 60: Oblasti účinnosti v charakteristice ventilátoru

V následující tabulce jsou vedeny naměřené hodnoty v bodech, které byly vybrány pro přibližné určení oblastí účinnosti v intervalu 5 %. Hodnoty byly použity z tří měřených výkonových stupňů. Oblast s účinností nad 25 % zaujímá pouze malý úsek charakteristiky, protože málo měřených bodů této účinnosti dosáhlo. Nejvyšší účinnosti je dosahováno v neregulovatelné oblasti.

Účinnost	Výkonový stupeň 1		Výkonový stupeň 5		Výkonový stupeň 10	
	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	Rozdíl tlaku	Objemový průtok
	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]	ΔP [Pa]	V_v [m ³ /h]
10	275	96,1	305	89,3	321	95,0
15	255	159,5	284	142,5	293	149,3
20	203	277,1	222	270,3	263	245,4
25	-	-	221	343,8	235	385,7
25	-	-	218	348,3	237	424,1
20	201	298,6	182	372,1	165	489,7
15	147	306,5	127	427,5	106	575,7
10	74	407,2	67	542,9	63	670,7

Tab. 34: Hodnoty pro určení oblastí účinnosti

1.1.5 Srovnání s požadavky na ekodesign ventilátorů

Ventilátor svým maximálním naměřeným výkonem 117 W nenáleží do kategorie ventilátorů, na které se vztahuje nařízení komise Evropské unie č. 327/2011, kterým se provádí směrnice parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ventilátorů poháněných elektromotory s příkonem v rozmezí od 125 W do 500 kW. Ventilátory TD se vyrábí i ve větších a výkonnějších provedeních, které už mají příkon vyšší než 125 W, než zkoušený ventilátor TD 800/200, a proto je při předpokladu podobných vlastností u větších ventilátorů této výrobní řady provést porovnání s požadavky na ekodesign podle směrnice EU.

Podle směrnice byla použita kategorie měření D, kdy je na sací i výtlačné straně ventilátoru namontováno potrubí. Od kategorie měření se odvíjí požadavky na hodnotu účinnosti ventilátoru.

Cílová účinnost ventilátoru

- Typ ventilátoru: radiální s dopředu zahnutými lopatkami a radiální ventilátor s rovnými lopatkami.
- Kategorie měření: D
- Kategorie účinnosti: celková
- Kategorie příkonu: 0,125 – 10 kW
- Příkon ventilátoru: 117 W
- Třída účinnosti: 44 (požadavek od roku 2015)

- Cílová energetická účinnost:

$$\eta_{cl} = 2,74 * \ln(P) - 6,33 + N = 2,74 * \ln(0,117) - 6,33 + 44 = \underline{31,8 \%}$$

P..... příkon ventilátoru [kW]

N..... třída účinnosti [%]

Výpočet účinnosti ventilátoru dle směrnice EU

Pro výpočet jsou použity hodnoty v bodu měření, ve kterém bylo dosaženo nejvyšší účinnosti (27,8 %) podle výpočtu uvedeného ve výsledcích měření.

Plynový výkon ventilátoru:

Plynový výkon ventilátoru je součin objemového průtoku plynu a rozdílu tlaku před a za ventilátorem. Plynový výkon ventilátoru se určuje při optimální hodnotě energetické účinnosti.

$$P_u = q * p_f * k_p = (390,2/3600) * 236 * 1 = \underline{0,0256 kW}$$

q..... objemový průtok plynu [m³/s]

p_f..... tlakový rozdíl [Pa]

k_p..... koeficient stlačitelnosti plynu [-]

(vzhledem k nízké hodnotě tlakového rozdílu míru stlačitelnosti vzduchu zanedbáváme)

Účinnost ventilátoru:

$$\eta_c = P_u / P_{ed} * C_c = 0,0256 / 0,092 * 1,095 = \underline{30,5 \%}$$

P_u..... plynový výkon ventilátoru [kW]

P_{ed}..... příkon ventilátoru při optimální účinnosti [kW]

C_c..... kompenzační koeficient částečného zatížení [-]

Pro ventilátor s pohonem s proměnnými otáčkami o příkonu menším než 5 kW se určí kompenzační koeficient podle následujícího vztahu:

$$C_c = -0,03 * \ln(P_{ed}) + 1,088 = -0,03 * \ln(0,092) + 1,088 = \underline{1,095}$$

Vypočtená cílová účinnost ventilátoru 31,8 % je vyšší než dle směrnice dopočtená účinnost ventilátoru 30,5 %.

1.1.6 Klasifikace dle normy EN 13779

Při posouzení podle této normy se hodnotí specifický výkon ventilátoru (SPF). Používá se pro stanovení energetické účinnosti ventilátorů při energetickém hodnocení budov. Specifický výkon ventilátoru SPF je možné určit následujícím vztahem:

$$SPF = P / q_v \quad [W / (m^3 / s)]$$

P..... příkon ventilátoru [W]

q_v..... objemový průtok vzduchu [m³/s]

Posouzení měřeného ventilátoru TD 800/200 je provedeno pro bod s maximální účinností, který byl použit i pro posouzení podle požadavků na ekodesign.

$$SPF = P / q_v = 92 / (390,2 / 3600 = \underline{849 W / (m^3 / s)})$$

Podle klasifikace EN 13779 patří ventilátor TD 800/200 do kategorie účinnosti SPF 3, která zahrnuje ventilátory se specifickým výkonem 750 – 1250 W/(m³/s).

1.1.7 Závěr

Z naměřených hodnot objemového průtoku vzduchu, tlakové difference a příkonu ventilátoru TD 800/200 byla určena charakteristika ventilátoru na třech výkonových stupních a dopočtena účinnost ventilátoru. Nejvyšší dosažená účinnost byla 27,8 % při objemovém průtoku vzduchu 390,2 m³/h, tlakové diferenci 236 Pa a současném příkonu motoru 92 W. Ventilátor je těžko regulovatelný v oblasti středních průtoků vzduchu. Při minimálních rozdílech tlakové difference dochází ke značným změnám průtoku vzduchu. Současně je v této části charakteristiky dosahováno nejvyšší účinnosti. Části charakteristiky při nízkých a naopak vysokých průtocích vzduchu jsou snáze regulovatelné, ale dosahovaná účinnost je nižší.

Výkonový stupeň	Maximální účinnost	Účinnost ecodesign	SFP	Třída SFP	naměřené hodnoty		
					Rozdíl tlaků	Průtok vzduchu	Příkon
-	[%]	[%]	[W/(m ³ /s)]	-	[Pa]	[m ³ /h]	[W]
1	19,8%	23,1%	1 013	SFP 3	201	298,6	84
5	25,2%	29,3%	872	SFP 3	220	350,6	85
10	27,8%	30,5%	849	SFP 3	236	390,2	92

Tab. 35: Účinnosti ventilátoru při měřených výkonových stupních

Evropská unie zvažuje zavést od roku 2020 novou směrnicí, která by obsahovala požadavky na ekodesign i u ventilátorů o příkonu menším než 125 W. Toto nařízení by se vztahovalo i na zkoušený ventilátor TD 800/200. Dá se předpokládat, že v kategorii

ventilátorů s příkonem menším než 0,125 kW budou požadavky na účinnost méně přísné než u posuzované kategorie 0,125 – 10 kW. Pokud je tento předpoklad správný, mohl by při experimentem naměřených hodnotách těmto požadavkům na účinnost ventilátor TD 800/200 vyhovět. Při posouzení podle kategorie ventilátorů s příkonem od 125 W do 500 kW je požadovaná celková účinnost 31,8 %. S účinností 30,5% ventilátor tomuto požadavku nevyhovuje.

1.2 Měření axiálního ventilátoru

Cílem měření je určení charakteristiky a účinnosti axiálního ventilátoru FE2owlet-ECblue. Výsledky se zhodnotí podle nařízení komise EU 327/2011 na ekodesign ventilátorů.

1.2.1 Fyzický model a sledované veličiny

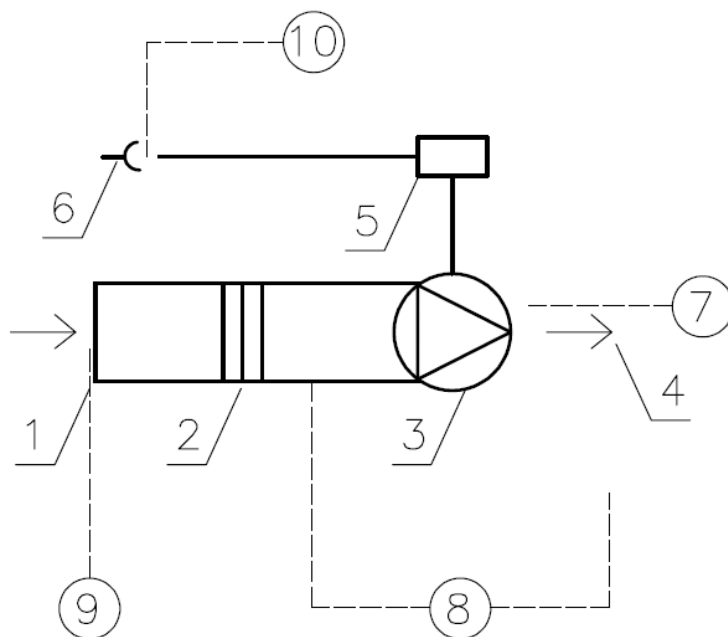
Měření je provedeno v laboratoři na ústavu Technických zařízení budov VUT v Brně. Axiální ventilátor je sací stranou osazen na čtyřhranné potrubí. Výtlačná strana ventilátoru je volná.

Použité přístroje

- Almemo 2890-9 - měřicí ústředna
- Testo 435-4 - snímač tlakové difference
- Voltcraft DT-10L – měřič otáček
- anemometrické čidlo FDAD15-SMA1
- Wattmetr FTH 999
- konektor pro anemometr

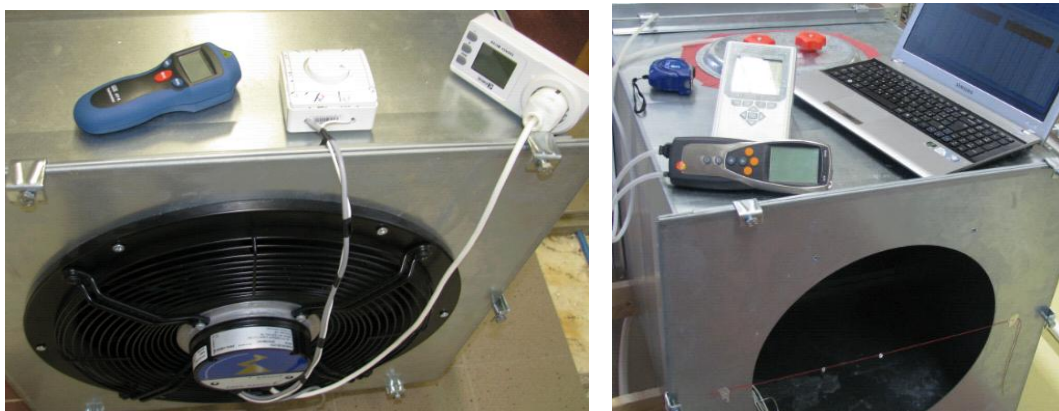
Prvky měřící trasy

- ventilátor FE2owlet-ECblue FN040 s regulátorem otáček
- čtyřhranné potrubí s kruhovým otvorem na zaslepení
- výměník ve funkci škrťacího prvku s potrubní trase



Obr. 61: Schéma fyzického modelu měření ventilátoru

- 1 sání vzduchu
- 2 výměník využívaný pro škrcení průtoku
- 3 ventilátor
- 4 výtlak vzduchu
- 5 regulátor otáček
- 6 síťové napájení
- 7 měření otáček
- 8 snímání tlakové diference
- 9 měření rychlosti proudění vzduchu
- 10 měření příkonu ventilátoru



Obr. 62: Měření axiálního ventilátoru v laboratoři

Ventilátor FE2owlet-ECblue FN040

Axiální ventilátor určený pro použití jako komponent do VZT zařízení. Pro pohon ventilátoru slouží elektronicky komutované (EC) motory s permanentními magnety. Otáčky ventilátoru jsou regulovány integrovaným ovladačem, který je možné doplnit komunikačními senzory. Oběžné kolo má 7 lopatek, které mají profil leteckého křídla. Lopatkové kolo je z plechu s práškovým lakováním.

Měřené veličiny

Rychlost proudění ... v [m/s]

Otáčky n [ot./min]

Příkon P [W]

Diferenční tlak Δp [Pa]

1.2.2 Použité přístroje

Pro experimentální měření byly použity měřicí přístroje z laboratoře Ústavu technických zařízení budov Stavební fakulty VUT v Brně. Jednotlivé použité komponenty pro sestavení fyzického modelu byly rovněž z této laboratoře. Podrobný popis přístrojů je uveden u předchozího měření. Navíc je zde použit přístroj pro měření otáček Voltcraft DT-10L.

Voltcraft DT-10L

Jedná se o přístroj pro měření otáček. Rotující objekt je bezdotykově snímán laserovou jednotkou. Měření je možné i při denním světle. Na displeji se zobrazuje hodnota otáček za minutu. Přístroj také umožňuje ukládat do paměti minimální a maximální naměřené hodnoty.

Přesnost $\pm 0,05$ % + 1 digit
Rozlišení otáček0,1
Vzdálenost měření...5 cm – 50 cm
Rozsah měření2 – 99 999 ot./min
Typ baterie..... alkalické, 9V
Hmotnost 151 g
Teplotní rozsah.....0 – 50 °C
Rozměry 160 x 58 x 39 mm
Zobrazení.....LCD displej

Měřicí ústředna Almemo 2890-9

Kombinovaný univerzální ruční měřicí přístroj s 9 univerzálními vstupy a 2 výstupy (RS232, analog, Centronics a d.) a vnitřní paměti pro uložení až 100 000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu. K přístroji lze pomocí speciálních programovatelných ALMENO konektorů připojit jakékoli čidlo pro měření fyzikálních, elektrických a chemických veličin. Velký grafický displej. Přístroj s českým menu a kolečkem rychlé volby.[18]

Testo 435-4

Měřicí přístroj Testo 435-4 umožňuje snímání diferenčního tlaku. Přístroj je kompatibilní s násuvnými i rádiovými sondami. Přístroj může dále měřit teplotu, rychlost proudění, vlhkost a intenzitu osvětlení v závislosti na použité sondě. Paměť přístroje umožňuje uložení 10 000 naměřených hodnot.

Anemometrické čidlo FVAD15-SMA1

Vrtulková sonda pro měření rychlosti proudění vzduchu.

Konektor pro anemometr

Almemo konektor pro mA-signály. Lze programovat na ZA9601FS1 pro rozsah ± 32 mA a ZA9601FS2 pro rozsah 4-20 mA.

Wattmetr FTH 999

Přístroj měří aktuální příkon zapojeného spotřebiče a umožňuje záznam spotřeby elektrické energie do paměti. Přístroj má LED indikaci přetížení.

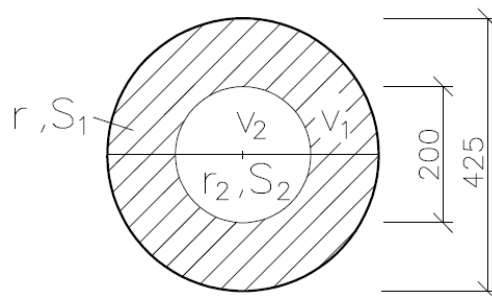
1.2.3 Postup měření

Připojení a příprava měřících přístrojů

- Zavedení hadičky pro snímání diferenčního tlaku do sacího potrubí tak, aby nedošlo k jejich zachycení ventilátorem. Umístění druhé hadičky vně sestavy prvků.
- Připojení plastových hadiček ke snímači tlakové difference.
- Vyznačení míst pro měření rychlosti na provázku napnutém středem sacího potrubí.
- Připojení konektoru anemometrického čidla do měřící ústředny.
- Zapojení měřiče příkonu do zásuvky síťového napájení 230 V 50 Hz.
- Připojení síťového kabelu ventilátoru do měřiče příkonu.
- Přilepení reflexního prvku na lopatky ventilátoru pro měření otáček laserovým přístrojem.

Vlastní měření

- Nastavení měřící ústředny na měření rychlosti.
- Vynulování měřiče tlakové difference.
- Zapnutí axiálního ventilátoru.
- Nastavení otáček ventilátoru pomocí regulátoru otáček a měřiče otáček na hodnotu 1800 ot./min, která odpovídá nejvyššímu stupni podle charakteristiky výrobce.
- Měření a zaznamenávání údajů o rychlosti proudění vzduchu ve dvou měřených bodech na sací straně, tlakové difference a příkonu ventilátoru.



Obr. 63: Vyznačení ploch pro měření rychlosti

- Vyšší tlakové ztráty je dosahováno postupným cloněním výměníku, který se nachází v sestavě prvků. Po každé změně tlakové ztráty jsou zaznamenávány údaje o rychlosti proudění vzduchu, tlakové diferenci a příkonu ventilátoru.
- Měření se dále provádí při otáčkách 1440 a 1080 ot./min

1.2.4 Výsledky měření

Měření bylo provedeno při otáčkách ventilátoru 1440 a 1080 ot./min. Měření na nejvyšším stupni otáček (1800 ot./min) nebylo provedeno z důvodu příliš velkého proudění vzduchu v laboratoři, kdy by mohly být negativně ovlivněny i jiná probíhající měření. Rychlost proudění vzduchu byla měřena ve dvou plochách. Z těchto údajů byl dopočítáván objemový průtok vzduchu. Současně byly zapisovány hodnoty tlakové difference a příkonu ventilátoru, ze kterých byla dopočítána účinnost.

Plocha sacího potrubí S_1 a S_2 :

$$S_2 = \pi * r_2^2 = \pi * 0,1^2 = \underline{0,0314 \text{ m}^2}$$

$$S_1 = S - S_2 = \pi * r^2 - S_2 = \pi * 0,213^2 - 0,0314 = \underline{0,110 \text{ m}^2}$$

Objemový průtok vzduchu:

$$\begin{aligned} V_v &= (S_1 * v_1 + S_2 * v_2) * 3600 = \\ &= (0,110 * 6,3 + 0,0314 * 6,05) = \underline{3189 \text{ m}^3/\text{h}} \end{aligned}$$

V_v objemový průtok vzduchu [m^3/h]

S celková průřezová plocha potrubí [m^2]

S_1, S_2 průřezová plocha vnitřní a vnější části potrubí [m^2]

r poloměr potrubí celkový [m]

r_2 poloměr vnitřní části potrubí [m]

v_1, v_2 rychlost proudění vzduchu ve vnitřní a vnější ploše [m/s]

Účinnost ventilátoru:

$$\eta = ((V_v / 3600) * \Delta p) / P = ((3189 / 3600) * 113) / 215 = \underline{46,56 \%}$$

η účinnost ventilátoru [%]

V_v objemový průtok vzduchu [m^3/h]

Δp tlakový rozdíl [Pa]

P příkon ventilátoru [W]

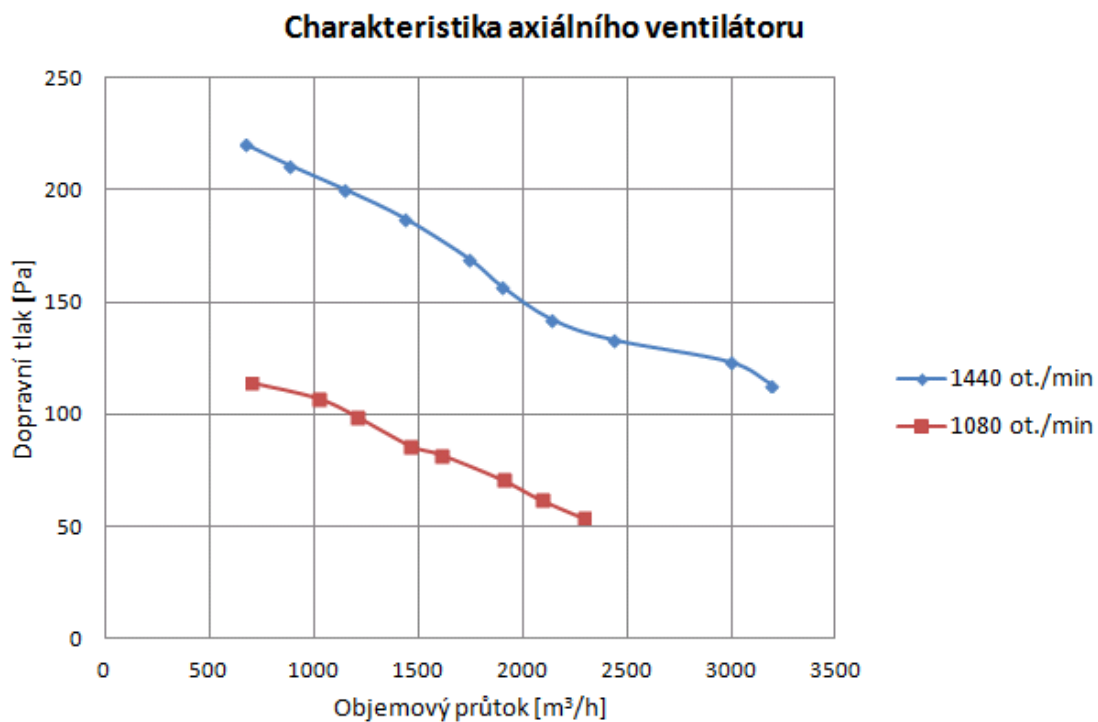
Otáčky 1440/min						
Měření	Rychlost proudění	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	ΔP [Pa]	V_v [m^3/h]	P [W]	%
1	6,30	6,05	113	3 189	215	46,56 %
2	5,95	5,55	123	2 993	217	47,13 %
3	4,80	4,60	133	2 429	224	40,06 %
4	4,25	3,95	142	2 137	230	36,64 %
5	3,80	3,40	157	1 895	238	34,73 %
6	3,50	3,10	169	1 742	247	33,11 %
7	2,90	2,50	187	1 436	256	29,13 %
8	2,30	2,05	200	1 146	261	24,40 %
9	1,75	1,60	211	877	263	19,54 %
10	1,35	1,20	220	672	269	15,28 %

Tab. 36: Naměřené hodnoty při 1440 ot./min

Otáčky 1080/min						
Měření	Rychlost proudění	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	ΔP [Pa]	V_v [m^3/h]	P [W]	%
1	4,65	3,90	54	2 290	97	35,41 %
2	4,20	3,70	62	2 088	99	36,33 %
3	3,80	3,45	71	1 901	102	36,76 %
4	3,25	2,80	82	1 608	106	34,57 %
5	2,95	2,55	86	1 461	110	31,74 %
6	2,40	2,20	99	1 203	114	29,02 %
7	2,05	1,80	107	1 018	116	26,10 %
8	1,40	1,25	114	698	119	18,57 %

Tab. 37: Naměřené hodnoty při 1080 ot./min

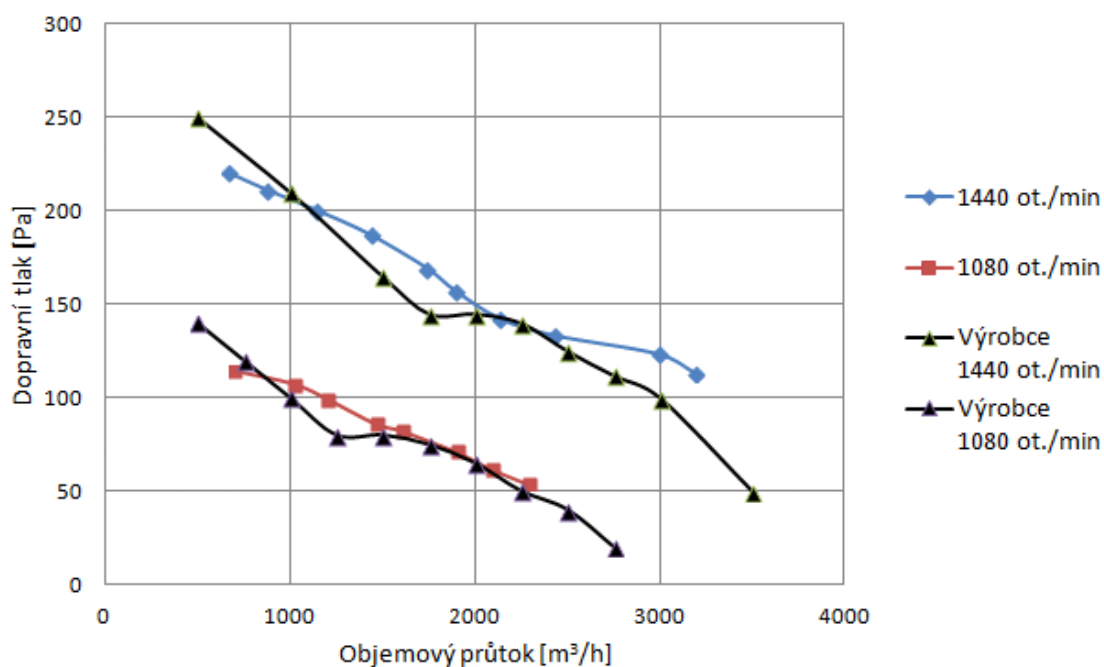
Následující graf zobrazuje naměřené hodnoty objemových průtoků vzduchu a tlakových diferencí pro nastavení 1440 a 1080 ot./min. Maximální naměřený průtok vzduchu byl $3189 \text{ m}^3/\text{h}$ při tlakovém rozdílu 113 Pa. Maximální naměřený tlakový rozdíl byl 220 Pa při objemovém průtoku $672 \text{ m}^3/\text{h}$.



Obr. 64: Naměřená charakteristika axiálního ventilátoru

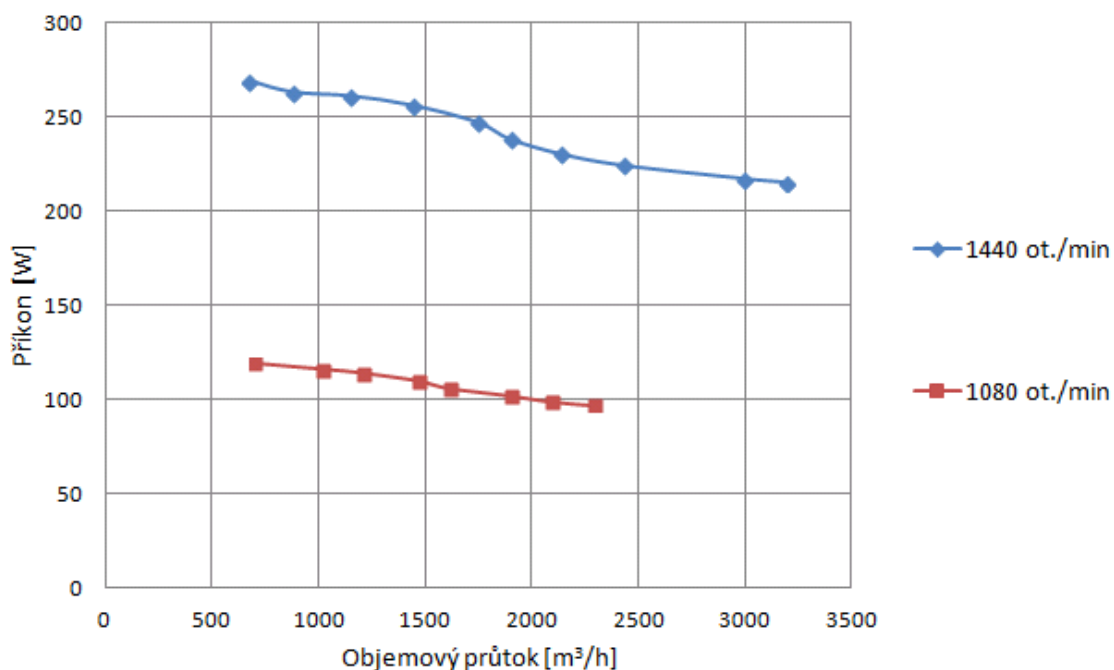
Naměřené charakteristiky ventilátoru přibližně odpovídají údajům výrobce. Naměřená charakteristika je rovnoměrná a neprojevuje se v ní oblast se změnou průtoku vzduchu bez rozdílu v dopravním tlaku.

Charakteristika axiálního ventilátoru - srovnání s výrobcem



Obr. 65: Srovnání naměřené charakteristiky s výrobcem

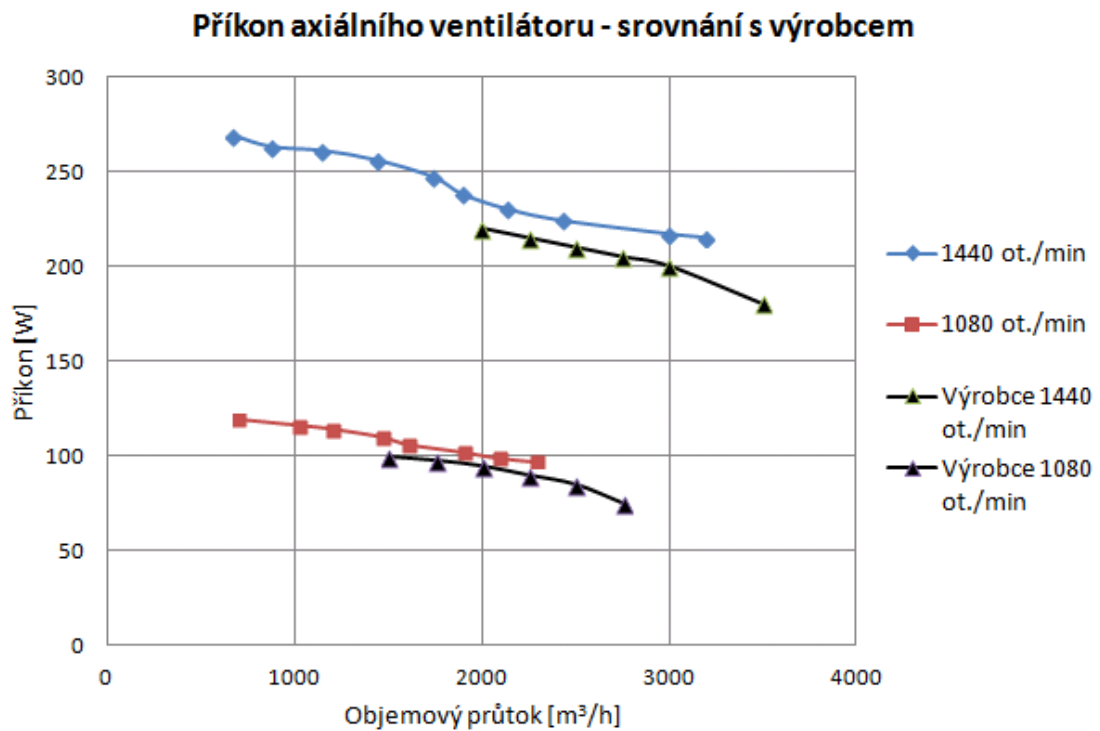
Příkon axiálního ventilátoru



Obr. 66: Příkon axiálního ventilátoru

Příkon ventilátoru narůstá se zvyšující se tlakovou ztrátou. Nejvyšší naměřená hodnota je 269 W při objemovém průtoku vzduchu 672 m³/h a dopravním tlaku 220 Pa.

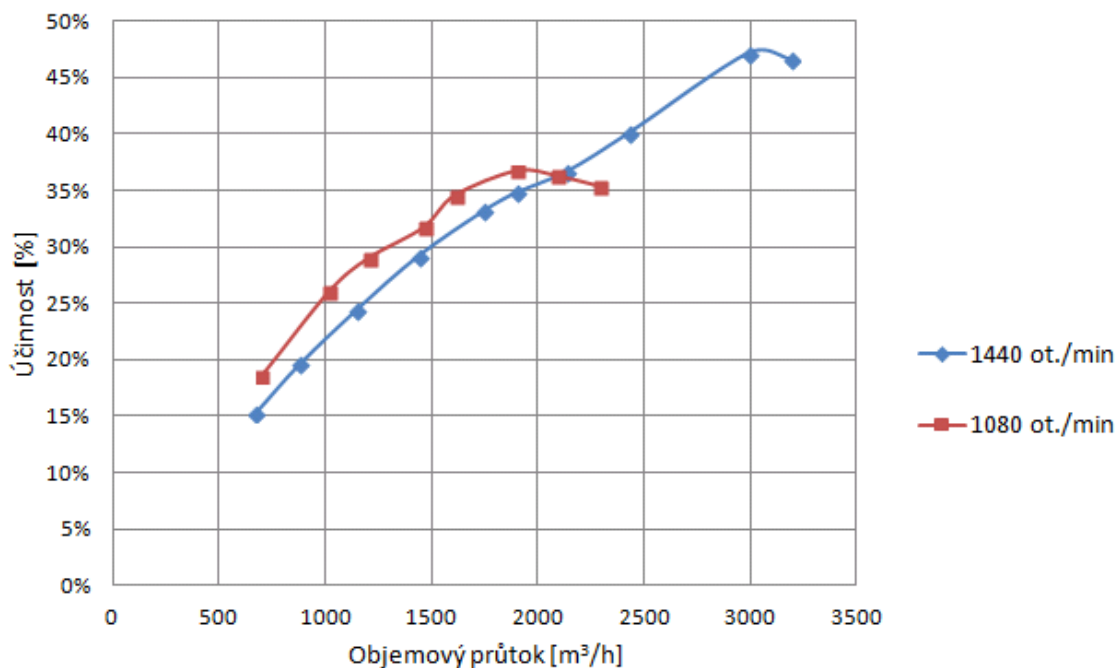
Nejnižší naměřený příkon je 97 W při objemovém průtoku vzduchu 2290 m³/h a dopravním tlaku 54 Pa.



Obr. 67: Naměřený příkon srovnaný s údaji výrobce

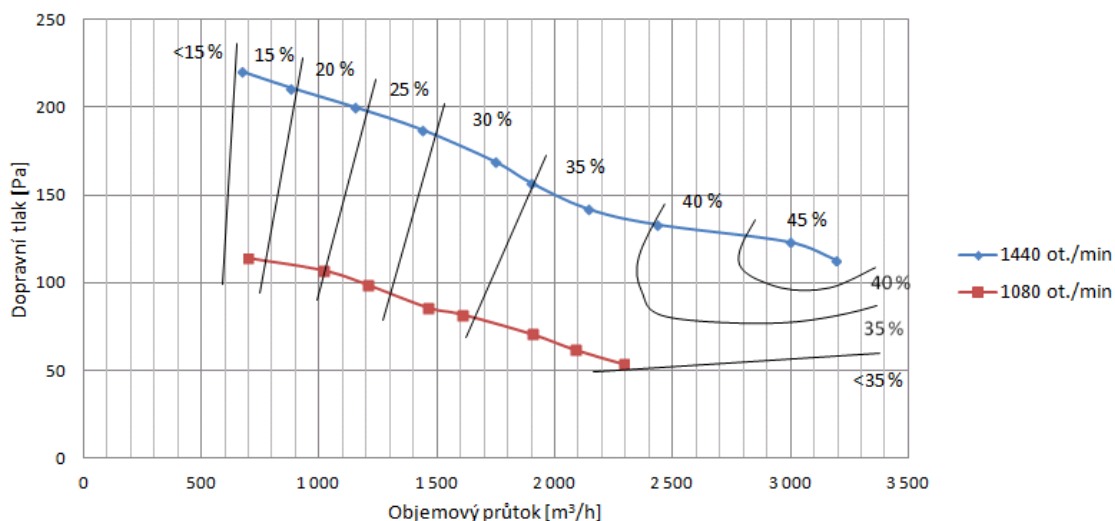
Naměřená hodnota příkonu je nepatrně vyšší než údaje udávané výrobcem pro jednotlivé stupně otáček.

Účinnost axiálního ventilátoru



Dopočtená účinnost ventilátoru je nejvyšší při velkých objemových průtocích vzduchu. Při malých průtocích, kde jsou nejvyšší dopravní tlaky, je účinnost nejnižší. Maximální účinnost je při 1440 ot./min 47,13 % při objemovém průtoku vzduchu 2993 m³/h, tlakové diferencii 123 Pa a příkonu 217 W. Při nastavení 1080 otáček za minutu bylo dosaženo maximální účinnosti 36,76 % při objemovém průtoku vzduchu 1901 m³/h, tlakové diferencii 71 Pa a příkonu 102 W.

Charakteristika axiálního ventilátoru - oblasti účinnosti



Obr. 68: Oblasti účinnosti v charakteristice axiálního ventilátoru

Určení oblastí účinnosti vychází z dopočítané účinnosti v měřených bodech pro

1440 a 1080 ot./min. Vzhledem k tomu, že se nepodařilo získat data při vysokých průtocích vzduchu a minimálních tlakových diferencích, je tato oblast určena spíše teoreticky, ale zohledňuje vývoj účinnosti vzhledem k průtoku vzduchu. U obou stupňů otáček byly získány maximální hodnoty účinnosti, kdy u dalších bodů měření směrem k vyšším průtokům vzduchu dochází k poklesu účinnosti. Díky tomu bylo možné přibližně určit oblast s nejvyšší účinností nad 45 %. Neznámý tak zůstává sklon křivek s účinnostmi 40, 35 a 30 % při vysokých objemových průtocích vzduchu.

1.2.5 Srovnání s požadavky na ekodesign ventilátorů

V bodě s nejvyšší dosaženou účinností se srovnává cílová účinnost podle nařízení 327/2011 s dosaženou účinností.

Podle směrnice byla použita kategorie měření C, kdy je na sací straně ventilátoru namontováno potrubí a výtlačná strana je volná. Od kategorie měření se odvíjí požadavky na hodnotu účinnosti ventilátoru.

Cílová účinnost ventilátoru

- Typ ventilátoru: axiální
- Kategorie měření: C
- Kategorie účinnosti: statická
- Kategorie příkonu: 0,125 – 10 kW
- Příkon ventilátoru: 217 W
- Třída účinnosti: 40 (požadavek od roku 2015)
- Cílová energetická účinnost:

$$\eta_{cil} = 2,74 * \ln(P) - 6,33 + N = 2,74 * \ln(0,217) - 6,33 + 40 = \underline{29,5 \%}$$

P..... příkon ventilátoru [kW]

N..... třída účinnosti [%]

Výpočet účinnosti ventilátoru dle směrnice EU

Pro výpočet jsou použity hodnoty v bodu měření při 1440 ot./min, ve kterém bylo dosaženo nejvyšší účinnosti (47,13 %) podle výpočtu uvedeného ve výsledcích měření.

Plynový výkon ventilátoru:

Plynový výkon ventilátoru je součin objemového průtoku plynu a rozdílu tlaku

před a za ventilátorem. Plynový výkon ventilátoru se určuje při optimální hodnotě energetické účinnosti.

$$P_u = q * p_f * k_p = (2993/3600) * 123 * 1 = \underline{0,102 \text{ kW}}$$

q..... objemový průtok plynu [m³/s]

p_f..... tlakový rozdíl [Pa]

k_p..... koeficient stlačitelnosti plynu [-]

(vzhledem k nízké hodnotě tlakového rozdílu míru stlačitelnosti vzduchu zanedbáváme)

Účinnost ventilátoru:

$$\eta_c = P_u / P_{ed} * C_c = 0,102 / 0,217 * 1,1338 = \underline{53,4 \%}$$

P_u..... plynový výkon ventilátoru [kW]

P_{ed}..... příkon ventilátoru při optimální účinnosti [kW]

C_c..... kompenzační koeficient částečného zatížení [-]

Pro ventilátor s pohonem s proměnnými otáčkami o příkonu menším než 5 kW se určí kompenzační koeficient podle následujícího vztahu:

$$C_c = -0,03 * \ln(P_{ed}) + 1,088 = -0,03 * \ln(0,217) + 1,088 = \underline{1,1338}$$

Vypočtená účinnost ventilátoru podle nařízení EU 327/2011 je s hodnotou 53,4 % výrazně vyšší než cílová energetická účinnost 29,5 %.

1.2.6 Klasifikace dle normy EN 13779

Při posouzení podle této normy se hodnotí specifický výkon ventilátoru (SPF). Používá se pro stanovení energetické účinnosti ventilátorů při energetickém hodnocení budov. Specifický výkon ventilátoru SPF je možné určit následujícím vztahem:

$$SPF = P / q_v \text{ [W / (m}^3 \text{ / s)]}$$

P..... příkon ventilátoru [W]

q_v..... objemový průtok vzduchu [m³/s]

Účinnost axiálního ventilátoru FE2owlet-ECblue podle EN 13779 byla posouzena v bodě s nejvyšší dosaženou účinností z měřených hodnot při 1440 ot./min. Lze předpokládat, že při nejvyšším stupni otáček by byla účinnost ještě vyšší.

$$SPF = P / q_v = 217 / (2993 / 3600) = \underline{261 \text{ W} / (\text{m}^3 / \text{s})}$$

Podle klasifikace EN 13779 spadá axiální ventilátor do nejušpornější kategorie účinnosti SPF 1, která zahrnuje ventilátory se specifickým výkonem <500 W/(m³/s). Tento výsledek je ovlivněn částečně tím, že tento axiální ventilátor dosahuje optimální účinnosti při vysokém objemovém průtoku vzduchu, ale malém dopravním tlaku.

1.2.7 Závěr

Měřením průtoku vzduchu, dopravního tlaku a příkonu byla určena charakteristika axiálního ventilátoru FE2owlet-ECblue FN040 a dopočtena účinnost při stupni otáček 1440 a 1080 ot./min. Nejvyšší dosažená účinnost byla při 1440 ot./min 47,13 % při objemovém průtoku vzduchu 2993 m³/h, tlakové diferenci 123 Pa a současném příkonu motoru 217 W. Charakteristika ventilátoru je rovnoměrná a ventilátor je tedy možné plynule regulovat. Ventilátor nedosahuje příliš vysokých dopravních tlaků. Nejvyšší účinnosti dosahuje při vysokém průtoku vzduchu a malé tlakové diferenci. Vzhledem ke zjištěným hodnotám účinnosti při 1080 a 1440 ot./min lze na nevyšším stupni otáček (1800 ot./min) předpokládat ještě vyšší účinnost.

Otáčky	Maximální účinnost	Účinnost ecodesign	SFP	Třída SFP	naměřené hodnoty		
					Rozdíl tlaků	Průtok vzduchu	Příkon
[ot./min]	[%]	[%]	[W/(m ³ /s)]	-	[Pa]	[m ³ /h]	[W]
1080	36,8%	42,0%	374	SFP 1	62	2 088	99
1440	47,1%	53,4%	261	SFP 1	123	2 993	217

Tab. 38: Účinnosti axiálního ventilátoru při měřených otáčkách

Při posouzení s nařízením komise EU 327/2011 o požadavcích na ekodesign ventilátorů poháněných elektromotory zkoušený ventilátor vyhověl. Dosažená účinnost pro posouzení byla 53,4 % oproti požadované cílové účinnosti 29,5 %. Při klasifikaci podle normy EN 13779 se ventilátor při optimální účinnosti řadí do nejušpornější kategorie SPF1.

1.3 Srovnání axiálního a diagonálního ventilátoru

Diagonální ventilátor TD 800/200 poháněný AC motorem dosáhl při měření maximální účinnosti 27,8 %. Axiální ventilátor FE2owlet-ECblue FN040 s EC pohonem dosáhl účinnosti 47,1 %. Ventilátory jsou posouzeny podle nařízení komise EU č. 327/2011, kterým se upravují požadavky na ecodesign ventilátorů. Posuzovaným parametrem je celková účinnost ventilátoru. Dále jsou ventilátory klasifikovány podle Normy EN 13779, kde je určujícím parametrem specifický příkon ventilátoru (SFP).

Ventilátor	Maximální účinnost	Účinnost ecodesign	Požadavek ecodesign	Hodnocení	SFP	Třída SFP
-	[%]	[%]	[%]	-	[W/(m ³ /s)]	-
Diagonální ventilátor TD 800/200	27,8%	30,5%	31,8%	nevyhovuje	849	SFP 3
Axiální ventilátor FE2owlet FN040	47,1%	53,4%	29,5%	vyhovuje	261	SFP 1

Tab. 39: Srovnání požadavků na účinnost měřených ventilátorů

Požadované hodnoty účinnosti podle požadavků na ekodesign ventilátorů vychází z hodnot platných od 1. Ledna 2015.

Závěr

V bytovém domě bylo navrženo v první variantě centrální vzduchotechnické zařízení. Centrální vzduchotechnická jednotka přináší komfort v nízké hlučnosti v obsluhovaných prostorách, což je v budově pro bydlení zásadní otázka. Sestavná VZT jednotka umožňuje více úprav vzduchu. V řešené variantě je uvažováno s ohřevem a parním vlhčením, ale bylo by možné doplnit i další komponenty. Nevýhodou je provoz bez ohledu na individuální požadavky jednotlivých bytů. Druhou navrženou variantou jsou decentrální vzduchotechnické zařízení umístěné v jednotlivých bytech. Tato varianta umožňuje individuální nastavení provozu podle požadavků uživatelů bytů a to je hlavní výhoda oproti centrálnímu VZT zařízení.

Při experimentálním měření byl v laboratoři měřen axiální ventilátor poháněný úsporným EC motorem a diagonální ventilátor poháněný asynchronním motorem. Z naměřených hodnot dopravního tlaku, objemového průtoku vzduchu a elektrického příkonu byly vyneseny charakteristiky ventilátoru. U zjištěných charakteristik byla zhodnocena regulovatelnost ventilátorů, kdy se u diagonálního ventilátoru projevila poměrně výrazná oblast charakteristiky, ve které není možné ventilátor správně regulovat. Z naměřených údajů byla dopočtena celková účinnost ventilátorů. Výsledky byly srovnány s aktuálními požadavky na ekodesign ventilátorů poháněných elektromotory. Axiální ventilátor s EC pohonem dosáhl velmi dobrých výsledků a požadavkům na účinnost vyhověl. Diagonální ventilátor dosáhl nižší celkové účinnosti a požadavku při zahrnutí do hodnocené kategorie ventilátorů nevyhověl.

Správný návrh ventilátoru může výrazně přispět k celkové regulovatelnosti vzduchotechnického zařízení a zajistit energeticky úsporný provoz. Ventilátory se stupňovitou regulací poháněné AC motory byly ve srovnání s ventilátory poháněnými EC motory značně neúsporné. Tento rozdíl ve spotřebě energie při provozu vychází jednak z regulovatelnosti obou systémů pohonu, ale i ze samotné technologie konstrukce EC motorů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Elish, s.r.o.*: popis výrobku [online]. 2015-12-9 [cit. 2015-12-6]. Dostupné z: <http://www.elisch.cz/portfolio/ventilatory/>
- [3] CIHELKA, Jaromír. *Vytápění, větrání a klimatizace*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL, 1985, 648 s.
- [2] NOVÝ, Richard. *Ventilátory*. Praha: ČVUT, 1993, 101 s. ISBN 80-01-02385-0.
- [4] *Elektrodesign, s.r.o.*: *Ventilátory*, popis výrobku [online]. ©2003-2009 [cit. 2015-12-6]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/cvtt-15-15-4-kw-radialni-ventilator-ip-55>
- [5] *Ebmpapst*: *Ventilátory*, Popis výrobku [online], 2015-12-18 [cit. 2015-12-18]. Dostupné z: http://www.ebmpapst.com/en/products/centrifugal-fans/radipac/radipacplug_fans.php
- [6] SCHILDM. P.G. *Doporučení pro měrný příkon ventilátoru (SFP) a účinnost vzduchotechnických systémů - IV* [online], 2014-5-5 [cit. 2015-12-1]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/11170-doporuceni-pro-merny-prikon-ventilatoru-sfp-a-ucinnost-vzduchotechnickych-systemu-iv>
- [7] *Klima, a.s.*: Popis výrobku [online], 2014-4-23 [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: http://www.klimacz.cz/images/Katalogy/kp_123345.pdf
- [8] *Klima, a.s.*: Popis výrobku [online], 2014-4-23 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: http://www.klimacz.cz/images/Katalogy/kp_123329.pdf
- [9] *Klima, a.s.*: Popis výrobku [online], 2014-4-23 [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: http://www.klimacz.cz/images/Katalogy/kp_123327.pdf
- [10] CHYSKÝ, Jaroslav. *Větrání a klimatizace*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [11] ZVVZ Machinery, a.s.: Katalogový list [online], 2011-4-3 [cit. 2015-12-7]. Dostupné z: <http://www.zvvz.cz/data/files/1010apb2240.pdf>
- [12] LüTZ, Hansen. *Energetická účinnost* [online], 2008-6 [cit. 2015-12-3]. Dostupné z: <https://www.centraline.com/uploads/txclbuildingexperts/paper/centraline-energy-co2-0708-cz.pdf>
- [13] Úřední věstník Evropské unie. *Narizení komise (EU) č. 327/2011* [online], 2011-3-30 [cit. 2015-12-8]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0327>
- [14] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. *Protipožární opatření vzduchotechnických systémů* [online], 2009-5-11 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.tzb->

info.cz/pozarni-ochrana/5627-norma-csn-en-15423-vetrani-budov-protipozarni-opatreni-vzduchotechnickych-systemu

- [15] *Systemair, a.s.*: údaje o výrobku [online]. 2012 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://www.systemair.com/cz/Ceska/Products/rezidenni-jednotky/jednotky-s-deskovym-vymnikem/horizontalni-pipojeni/vx/VX-400-E-12040-cscz.aspx>
- [16] *Elektrodesign, s.r.o.*: *Ventilátory*, popis výrobku [online]. ©2003-2009 [cit. 2015-12-8]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/td-800-200-ip44-dvouotackovy-ventilator>
- [17] *Ahlborn, s.r.o.*: *Měřicí technika*, popis výrobku [online]. 2015 [cit. 2015-12-16]. Dostupné z: <http://www.ahlborn.cz/pristroje/dataloggery-almemo/almemo-2890-9-datalogger-s-9-univerzalnimi-vstupy.html>

Návrhové programy:

- [18] *Remak, a.s.* *Selective and calculating program AeroCAD 6.1.32*, program pro návrh vzduchotechnických jednotek [online]. 2015 [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aerocad/>
- [19] *Atrea, s.r.o.* *Atrea Duplex 7.80.680*, program pro návrh jednotek [online]. 2015 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/navrhovy-software>
- [20] RUBINA, Aleš. *Mart, s.r.o.*: *MartAkustik*, program na výpočet útlumů tlumičů hluku [online]. 2011 [cit. 2015-12-5]. Dostupné z: <http://www.mart.cz/martakustik/>
- [21] RUBINOVÁ, Olga, Aleš RUBINA a Zdeněk TESAŘ. *TERUNA: Modelování mikroklima a navrhování vzduchotechniky*. VUT Brno, 2010, reg. číslo FAST-J-11-30]. identifikační č. 1321. Dostupné z: <http://www.technikabudov.cz/software.html>

Katalogy výrobců:

- [22] Atrea, s.r.o.
- [23] Remak, a.s.
- [24] Mandík, a.s.
- [25] Systemair, a.s.
- [26] Multivac, s.r.o
- [27] Isover, a.s.
- [28] Elektrodesign, s.r.o.
- [29] ebmpapst, s.r.o

Seznam zkratek

Zkratky:

VZT	- vzduchotechnika
ZTI	- zdravotně technické instalace
ZZT	- zpětné získávání tepla
MaR	- měření a regulace
viz.	- odkaz jinam
obr.	- obrázek
tab.	- tabulka
tl.	- tloušťka
NP	- nadzemní podlaží
č.	- číslo
OZN	- označení
Pozn.	- poznámka
AC	- asynchronní
EC	- elektronicky kumutovaný
ot.	- otáčky
SFP	- specifický výkon
Sb.	- sbírka
m.n.m.	- nadmořská výška
el.	- elektrický
přet.	- přetížení
max.	- maximální
min.	- minimální

Seznam symbolů a veličin

b	[m]	- šířka
c	[J/(kg.K)]	- měrná tepelná kapacita
C	[-]	- kompenzační koeficient
d	[m]	- průměr
D	[m ³ /h]	- dávka vzduchu
h	[m]	- výška
K	[Pa.s ² /m ⁶]	- konstanta potrubní sítě
l	[m]	- délka
L	[dB]	- hladina akustického tlaku, hladina akustického výkonu
n	[h ⁻¹]	- intenzita výměny vzduchu
	[s ⁻¹]	- otáčky
p	[Pa]	- tlak
P	[W]	- výkon
q	[m ³ /s]	- objemový průtok vzduchu
Q	[W]	- tepelný výkon
r	[m]	- poloměr
S	[m ²]	- plocha
t	[K(°C)]	- teplota
v	[m/s]	- rychlost
V	[m ³]	- objem
	[m ³ /h]	- objemový průtok
w	[m/s]	- rychlost
x	[kg/kg s.v.]	- měrná vlhkost
Z	[Pa]	- tlaková ztráta
Δ	[-]	- rozdíl dvou hodnot
η	[-]	- účinnost
λ	[W/(m.K)]	- součinitel tepelné vodivosti
	[-]	- výkonové číslo
ρ	[kg/m ³]	- objemová hmotnost, hustota
φ	[%]	- relativní vlhkost
	[-]	- průtokové číslo
Ψ	[-]	- tlakové číslo

Seznam Obrázků

Obr. 1: Schéma radiálního ventilátoru (volné oběžné kolo).....	13
Obr. 2: Schéma axiálního ventilátoru	14
Obr. 3: Schéma diagonálního ventilátoru	14
Obr. 4: Schéma diametrálního ventilátoru [2, str. 59]	15
Obr. 5: Diametrální ventilátor.....	16
Obr. 6: Charakteristika ventilátoru a potrubní sítě	17
Obr. 7: Rychlostní trojúhelníky radiálního ventilátoru.....	19
Obr. 8: Radiální ventilátor s řemenovým pohonem a spirální skříň [4].....	22
Obr. 9: Úsporný ventilátor s volným oběžným kolem a přímým EC pohonem [5]	22
Obr. 10: Paralelní zapojení dvou stejných ventilátorů.....	22
Obr. 11: Sériové zapojení dvou stejných ventilátorů.....	24
Obr. 12: Pohon ventilátoru napřímo [7].....	25
Obr. 13: Pohon Ventilátoru na spojku [8].....	26
Obr. 14: Pohon ventilátoru na řemen [9]	27
Obr. 15: Regulace ventilátoru škrcením	28
Obr. 16: Regulace změnou otáček	29
Obr. 17: Tlakové poměry a dávky vzduchu v bytě.....	39
Obr. 18: Návrh stěnové vyústky pro ložnici.....	40
Obr. 19: Návrh stěnové vyústky v obývacím pokoji	41
Obr. 20: Návrh talířového ventilu pro koupelnu	41
Obr. 21: Návrh talířového ventilu pro předsíň.....	42
Obr. 22: Dimenzační schéma.....	42
Obr. 23: Tlakové ztráty protidešťových žaluzií.....	45
Obr. 24: Centrální vzduchotechnická jednotka.....	45
Obr. 25: Návrh přívodního ventilátoru	46
Obr. 26: Přívodní ventilátor při sníženém průtoku vzduchu	47
Obr. 27: Návrh odvodního ventilátoru.....	47
Obr. 28: Odvodní ventilátor při druhém výkonovém stupni	48
Obr. 29: Úpravy vzduchu v zimním období	50
Obr. 30: Schéma VZT jednotky k úpravám vzduchu	51
Obr. 31: úpravy vzduchu v letním období.....	52

Obr. 32: Dimenzační schéma.....	57
Obr. 33: Tlakové ztráty protidešťových žaluzií.....	59
Obr. 34: Rozměry rekuperační jednotky [15].....	59
Obr. 35: Parametry ventilátorů při nominálním průtoku	61
Obr. 36 Akustické výkony a parametry rekuperátoru.....	62
Obr. 37: Parametry ohřívače vzduchu	62
Obr. 38: Parametry ventilátorů při sníženém průtoku	63
Obr. 39: Rekuperační VZT jednotka Duplex	64
Obr. 40: Návrh vzduchotechnické jednotky	65
Obr. 41: Návrh přívodního ventilátoru při nominálním průtoku.....	65
Obr. 42: Návrh odvodního ventilátoru při nominálním průtoku	66
Obr. 43: Parametry rekuperátoru při průtoku 240 m ³ /h.....	66
Obr. 44: Návrh jednotky pro útlumový režim	67
Obr. 45: Parametry přívodního ventilátoru při snížení průtoku	67
Obr. 46: Parametry odvodního ventilátoru při snížení průtoku vzduchu	68
Obr. 47: Parametry rekuperátoru při průtoku 120 m ³ /h.....	68
Obr. 48: Provoz VZT – pracovní dny	70
Obr. 49: Provoz VZT – víkendy, svátky.....	71
Obr. 50: úpravy vzduchu v zimním období	72
Obr. 51: Srovnání příkonu při návrhovém průtoku vzduchu.....	76
Obr. 52: Srovnání příkonu při útlumovém režimu	76
Obr. 53: Schéma fyzického modelu měření ventilátoru	92
Obr. 54: měření ventilátoru v laboratoři	93
Obr. 55: Charakteristika ventilátoru uváděná výrobcem [16]	93
Obr. 56: Graf naměřených hodnot objemového průtoku a tlakové difference.....	99
Obr. 57: Graf charakteristiky ventilátoru.....	100
Obr. 58: Graf příkonu ventilátoru v závislosti na průtoku vzduchu	101
Obr. 59: Graf účinnosti ventilátoru	102
Obr. 60: Oblasti účinnosti v charakteristice ventilátoru	103
Obr. 61: Schéma fyzického modelu měření ventilátoru	108
Obr. 62: Měření axiálního ventilátoru v laboratoři.....	109
Obr. 63: Vyznačení ploch pro měření rychlosti.....	111
Obr. 64: Naměřená charakteristika axiálního ventilátoru.....	114
Obr. 65: Srovnání naměřené charakteristiky s výrobcem.....	115

Obr. 66: Příkon axiálního ventilátoru	115
Obr. 67: Naměřený příkon srovnaný s údaji výrobce.....	116
Obr. 68: Oblasti účinnosti v charakteristice axiálního ventilátoru	117

Seznam tabulek

Tab. 1: Klasifikace specifického výkonu ventilátoru	31
Tab. 2: Požadavky na účinnost ventilátorů od 1. Ledna 2015 [13]	33
Tab. 3: Výměna vzduchu v místnostech bytu.....	38
Tab. 4: Dimenzování přívodního potrubí.....	43
Tab. 5: Dimenzování odvodního potrubí	43
Tab. 6: Parametry ventilátorů centrální VZT.....	48
Tab. 7: Hlukové parametry centrálního VZT zařízení.....	53
Tab. 8: Útlum hluku ohebným potrubím Sonoflex MI	54
Tab. 9: Posouzení hluku – přívodní potrubí (výtlak).....	54
Tab. 10: Posouzení hluku – odvodní potrubí (sání).....	55
Tab. 11: Posouzení hluku – přívodní potrubí (sání)	55
Tab. 12: Posouzení hluku – odvodní potrubí (výtlak)	56
Tab. 13: Posouzení hluku – jednotka do okolí.....	56
Tab. 14: Dimenzování přívodního potrubí.....	57
Tab. 15: Dimenzování odvodního potrubí	58
Tab. 16: Vstupní parametry pro návrh zařízení	60
Tab. 17: Vstupní parametry pro návrh zařízení	64
Tab. 18: Akustické výkony rekuperační jednotky s EC motory	69
Tab. 19: Specifický výkon ventilátorů při nominálním průtoku vzduchu	69
Tab. 20: Specifický výkon ventilátoru při sníženém průtoku vzduchu	69
Tab. 21: Roční náklady na provoz AC ventilátorů	71
Tab. 22: roční náklady na provoz EC ventilátorů	71
Tab. 23: Hlukové parametry bytové jednotky s AC motory.....	73
Tab. 24: Útlum hluku ohebným potrubím Sonoflex MI	73
Tab. 25: Posouzení hluku – přívodní potrubí (výtlak).....	74
Tab. 26: Posouzení hluku – odvodní potrubí (sání).....	74
Tab. 27: Posouzení hluku – přívodní potrubí (sání)	75
Tab. 28: Posouzení hluku – odvodní potrubí (výtlak)	75

Tab. 29: Srovnání SFP navržených variant.....	77
Tab. 30: Srovnání provozních parametrů navržených systémů	77
Tab. 31: Nejvyšší výkonový stupeň	98
Tab. 32: Střední výkonový stupeň	98
Tab. 33: Nejnižší výkonový stupeň.....	99
Tab. 34: Hodnoty pro určení oblastí účinnosti.....	104
Tab. 35: Účinnosti ventilátoru při měřených výkonových stupních.....	106
Tab. 36: Naměřené hodnoty při 1440 ot./min.....	113
Tab. 37: Naměřené hodnoty při 1080 ot./min.....	113
Tab. 38: Účinnosti axiálního ventilátoru při měřených otáčkách	120
Tab. 39: Srovnání požadavků na účinnost měřených ventilátorů	121

Seznam příloh

- P.1 Návrh centrální VZT jednotky **Chyba! Záložka není definována.**32
- P.2 Návrh tlumičů hluku **Chyba! Záložka není definována.**
- P.3 Tepelné izolace potrubí – centrální VZT .. **Chyba! Záložka není definována.**
- P.4 Tepelné izolace potrubí – decentrální VZT **Chyba! Záložka není definována.**
- P.5 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 10) . **Chyba! Záložka není definována.**
- P.6 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 5) ... **Chyba! Záložka není definována.**
- P.7 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 1) ... **Chyba! Záložka není definována.**

Přílohy vložené v knižní vazbě:

- P8 Výkres č. 1 : Půdorys 2NP (M 1:50)
- P9 Výkres č. 2 : Půdorys 4NP (M 1:50)
- P9 Výkres č. 3 : Půdorys střechy (m 1:50)

Přílohy

P.1 Návrh centrální VZT jednotky

STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 10	
Typ řídicího systému	Není	
Hmotnost (+/-10%)	1 445 kg	
Umístění jednotky	Vnější	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	5670 m ³ /h	5670 m ³ /h
Externí tlaková rezerva	177 Pa	156 Pa
Rychlost v průřezu	2.26 m/s	2.26 m/s
Příkon ventilátorů	2.28 kW	1.65 kW
1. stupeň filtrace	M5	G3
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	1447 W.m ⁻³ .s	

Model box AMXP3



Parametry pláště dle EN1886

Celkový příkon jednotky	22.68 kW	Mechanická stabilita	D2(M)
Napájecí napětí	3×400V+N+PE 50Hz	Netěsnost skříně	L2(M)
Celkový proud I _{max}	21 A	Termická izolace	T3(M)
		Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{AHU}	2497 W.m ⁻³ .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 -> 8.3 °C	61 %	
Ohřev	8.3 -> 22.0 °C	26.6 kW	70/33 °C, Voda, 0.6 kPa, 0.63 m ³ /h
Vlhčení	22.0 -> 22.0 °C	9 -> 30 %	25.0 kg/h, 18.8 kW

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

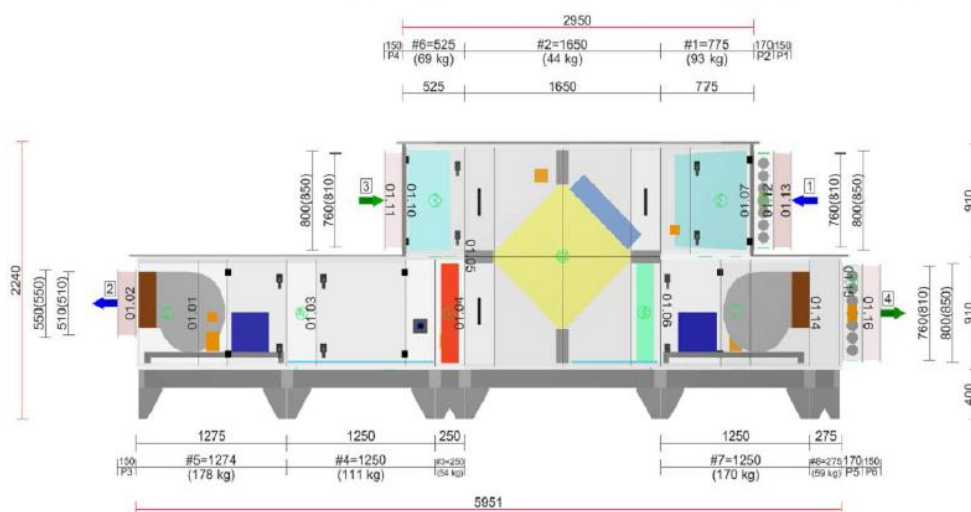
Hlukové parametry zařízení

L _{wa} [dB(A)]	**	Přívod	Odvod	
Vstup		71.5	71.9	
Výstup		81.3	83.8	
Okolí		58.3	57.7	** Celková hladina akustického výkonu

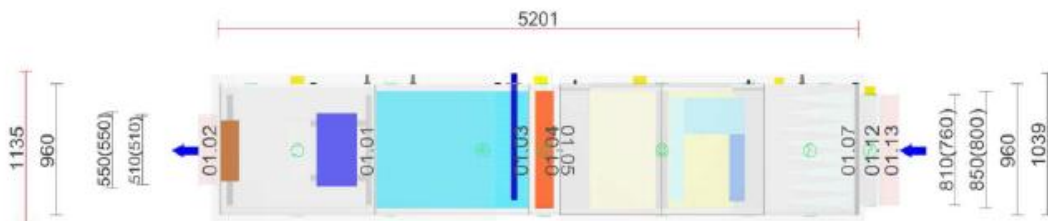
GRAFICKÉ POHLEDY

Bokorys servisní strany

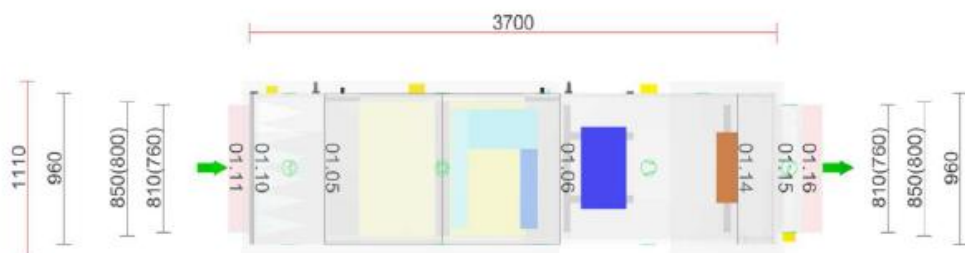
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



Půdorys přívodní větve



Půdorys odtahové větve



DETAILNÍ HLUKOVÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

	LwAokt* [dB]								LwA** [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	50.2	65.6	65.5	64.7	64.3	59.3	53.6	46.2	71.5
Přívod - výtlak	53.7	71.1	72.8	73.8	75.3	74.3	71.6	65.2	81.3
Přívod - okolí	46.2	54.5	53.4	46.7	45.6	44.1	42.3	32.0	58.3
Odvod - sání	55.4	63.6	66.9	65.7	63.7	61.5	54.7	45.3	71.9
Odvod - výtlak	60.6	68.3	72.7	76.2	80.4	77.2	69.5	61.2	83.8
Odvod - okolí	50.4	50.5	53.8	47.7	45.0	43.3	38.4	27.1	57.7

DETAILNÍ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

01.08 Tlumič vložka	Přívod	DV 810-760
Kód	VDV018176	
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h	
01.07 Filtr	Přívod	XPNH 10/5 ECOD
Kód	XPNH010-S005S	
Servisní přístup	Zprava	
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech	
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h	
Tlaková ztráta	121 Pa	
Třída filtrace	M5	
Typ filtru	Kapsový	
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	42 / 200 Pa	

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - vstup XPK 10/P, Kód: XPKO010RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 12 Pa
- Montážní sada panelu XPK 10/P (MSP), Kód: MPKO010RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové diference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

- Kód AX **11Z50041863**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 420x805x600 mm
- Třída filtrace M5
- Počet kapes v jedné vložce 4 ks
- Počet vložek v jedné filtrační sestavě **2 ks**

01.05 Deskový rekuperátor	Přívod/Odvod	XPMK 10/BP (SV - 85/R - 69,5)		
Kód	XPMK010RS0-L11P100SVER16		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	5670 / 5670 m ³ /h	Teplota / Vlhkost - Přívod		
Tlaková ztráta	184 / 196 Pa	Vstup	-12.0 °C / 95 %	30.0 °C / 37 %
Rychlost v průřezu	3.1 / 3.1 m/s	Výstup	8.3 °C / 21 %	30.0 °C / 37 %
Materiálové provedení kostky	V - Standard	Teplota / Vlhkost - Odvod		
Typ	SV - 085/R - 69,5	Vstup	21.0 °C / 30 %	26.0 °C / 60 %
		Výstup	2.9 °C / 81 %	26.0 °C / 60 %
		Účinnost	61 %	
		Výkon	37.4 kW	

01.05 Eliminátor kapek	Odvod	XPNU 10
Nominální průtok vzduchu	5670 m ³ /h	
Tlaková ztráta	27 Pa	

01.04 Vodní ohřivač	Přívod	XPNC 10/2R		
Kód	XPNC010-S02		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	5670 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	45 Pa	Vstup	8.3 °C / 21 %	30.0 °C / 37 %
Rychlost v průřezu	3.0 m/s	Výstup	22.0 °C / 9 %	30.0 °C / 37 %
Teplonosné médium	Voda			
Počet řad	2	Teplotní spád	70 / 33 °C	
Počet okruhů	1			
Rozteč lamel	2.1 mm	Výkon	26.6 kW	
Materiál				
Materiál trubek	Cu	Teplonosné médium		
Materiál lamel	Al	Průtok	0.63 m ³ /h	
Připojení		Tlaková ztráta	0.6 kPa	
Průměr připojení	1"			
Typ	8.35.CU.11.AL.21.02.0725.21.W.X.X.007.042.R 1" L			

Příslušenství vestavěné

- Směšovací uzel SUMX 1/EU (2), Kód: VSU0410B-, Počet: 1
- Protimrazové čidlo NS 130 R, Kód: XPNS130R, Počet: 1
- Doplňková protimrazová ochrana CAP 3M, Kód: XPNSCAP3, Počet: 1

01.03 Zvlhčovač parní	Přívod	CA-UE 25/60C		
Kód	CA-UE0250601C		Zima	Léto
Nominální průtok vzduchu	5670 m ³ /h	Teplota / Vlhkost		
Tlaková ztráta	10 Pa	Vstup	22.0 °C / 9 %	30.0 °C / 37 %
Systém distribuce páry	elektrodový	Výstup	22.0 °C / 30 %	30.0 °C / 37 %
Napájecí napětí zvlhčovače	3NPE 400 V, 50 Hz			
Elektrický příkon zvlhčovače	18.8 kW	Parní výkon (požadovaný)	23.5 kg/h	
Délka připojovacích hadic	3 m	Parní výkon (skutečný)	25.0 kg/h	
		Zvlhčovací dráha (minimálr)	0.4 m	

01.01 Ventilátor	Přívod	XPVA 355-224/190-3,0-J4 (IE1)		
Kód	XPVA010-S035PSQD4-30R1			
Nominální průtok vzduchu	5670 m ³ /h			
Statický tlak	549 Pa			
Jmenovitý proud	0.00 A			
Otáčky ventilátoru (n)/(nmax)	1200/0 1/min			
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %			
Výkon ventilátoru	1.84 kW			
Účinnost	60 %			
Elektrický příkon	2.28 kW			
Specifický výkon ventilátoru	1447 W.m ⁻³ .s			
Rychlost v průřezu	2.26 m/s			
Pracovní frekvence	43 Hz			
Převod	Řemenový			
Motor				
Třída účinnosti motoru	IE1			
Výkon motoru nom.	3000 W			
Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz			
Proud max.	6.39 A			
Počet pólů	4			
Jištění	Termokontakty			

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výtlač XPK 10/A, Kód: XPK0010RS-A, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 10/A (MSP), Kód: MPKO010RS-A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XPP33V, Počet: 1

01.02 Tlumicí vložka	Přívod	DV 510-510
----------------------	--------	------------

Kód	VDV015151
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h

01.11 Tlumicí vložka	Odvod	DV 810-760
----------------------	-------	------------

Kód	VDV018176
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h

01.10 Filtr	Odvod	XPNH 10/3 ECOD
-------------	-------	----------------

Kód	XPNH010-S0035
Servisní přístup	Zleva
Materiál vnitřního pláště	Pozinkovaný plech
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h
Tlaková ztráta	92 Pa
Třída filtrace	G3
Typ filtru	Kapsový
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	33 / 150 Pa

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - vstup XPK 10/P, Kód: XPKO010RS-P, Počet: 1, Tlaková ztráta: 12 Pa
- Montážní sada panelu XPK 10/P (MSP), Kód: MPKO010RS-P, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 N (30 - 500 Pa), Kód: XPP33N, Počet: 1

Skladba filtru

- Kód AX **11Z50041848**
- Rozměr vložky (délka × výška × hloubka) 420x805x350 mm
- Třída filtrace G3
- Počet kapes v jedné vložce 4 ks
- Počet vložek v jedné filtrační vestavbě **2 ks**

01.06 Ventilátor	Odvod	XPVR 355-140/100-2,2-J2 (IE1)
------------------	-------	-------------------------------

Kód	XPVR010-S035PLFD2-22R1
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h
Statický tlak	482 Pa
Jmenovitý proud	0.00 A
Otáčky ventilátoru (n)/(nmax)	2029/0 1/min
Požadované otáčky v prac. bodě	0 %
Výkon ventilátoru	1.32 kW
Účinnost	74 %
Elektrický příkon	1.65 kW
Specifický výkon ventilátoru	1051 W.m³.s
Rychlost v průřezu	2.26 m/s
Pracovní frekvence	43 Hz
Převod	Řemenový
Motor	
• Třída účinnosti motoru	IE1
• Výkon motoru nom.	2200 W
• Napájecí napětí motoru	3NPE 400 V, 50 Hz
• Proud max.	4.59 A
• Počet pólů	2
• Jištění	Termokontakty

Příslušenství vestavěné

- Panel čelní - výtlač XPK 10/A, Kód: XPKO010RS-A, Počet: 1
- Montážní sada panelu XPK 10/A (MSP), Kód: MPKO010RS-A, Počet: 1
- Snímač tlakové difference P33 V (20 - 200 Pa), Kód: XPP33V, Počet: 1

01.09 Tlumicí vložka	Odvod	DV 510-510
----------------------	-------	------------

Kód	VDV015151
Nominální průtok vzduchu	5670 m³/h

SEZNAM KOMPONENTŮ ZAŘÍZENÍ

Pozice	Název komponentu	Typové označení	ks	Hmotnost	Informace*		
					A	B	C
01.08	Tlumicí vložka	DV 810-760	1	4,0 kg			
01.07	Sekce filtru	XPHO 10/D	1	92,7 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 10/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 10/P (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 10/5 ECOD	1				x
	Snímač tlakové diference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
01.05	Sekce deskového rekuperátoru s by-passem	XPMK 10/BP (SV - 85/R - 69,5)	1	394,5 kg			
	Eliminátor kapek a vana na odvodu	XPNU 10	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOK 300	1				
01.04	Sekce ohřivače	XPTV 10	1	57,2 kg			
	Vodní ohřivač	XPNC 10/2R	1				x
	Směšovací uzel	SUMX 1/EU (2)	1				
	Protimrazové čidlo	NS 130 R	1				x
	Doplňková protimrazová ochrana	CAP 3M	1				x
01.03	Sekce zvlhčování	XPJZ 10	1	172,0 kg			
	Komplet zvlhčovacího zařízení	CA-UE 25/60C	1				x
	Souprava pro odvod kondenzátu	XPOO 300	1				
01.01	Sekce ventilátoru	XPAA 10/P	1	224,4 kg			
	Panel čelní - výtlak	XPK 10/A	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 10/A (MSP)	1				
	Ventilátor	XPVA 355-224/190-3,0-J4 (IE1)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 3.0 (IP21)	1				
	Snímač tlakové diference	P33 V (20 - 200 Pa)	1				x
01.02	Tlumicí vložka	DV 510-510	1	3,0 kg			
01.11	Tlumicí vložka	DV 810-760	1	4,0 kg			
01.10	Sekce filtru	XPHO 10/S	1	68,6 kg			
	Panel čelní - vstup	XPK 10/P	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 10/P (MSP)	1				
	Filtrační vložka	XPNH 10/3 ECOD	1				x
	Snímač tlakové diference	P33 N (30 - 500 Pa)	1				x
01.06	Sekce ventilátoru	XPAA 10/P	1	208,1 kg			
	Panel čelní - výtlak	XPK 10/A	1				x
	Montážní sada panelu	XPK 10/A (MSP)	1				
	Ventilátor	XPVR 355-140/100-2,2-J2 (IE1)	1				x
	Regulátor výkonu	XPFM 2.2 (IP21)	1				
	Snímač tlakové diference	P33 V (20 - 200 Pa)	1				x
01.09	Tlumicí vložka	DV 510-510	1	3,0 kg			
01.XX	Spojovací sada montážní	XPSS 10/M	2	11,0 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 10/1250-4	1	29,8 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 10/1250-4	1	29,8 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 10/250-4	1	17,8 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 10/1650-4	1	32,8 kg			
01.XX	Základový rám	XPR 10/1250-4	1	29,8 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1	1	3,4 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1	1	3,4 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1	1	3,4 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1	1	3,4 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-825	1	7,5 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-825	1	7,5 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-1250	1	11,8 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-500	1	5,0 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-225	1	3,2 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-500	1	5,0 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-225	1	3,2 kg			
01.XX	Stříška	XPSO 10/A1-250	1	2,7 kg			
01.XX	Spojovací lišta stříšek	XPPL 1110	9	2,8 kg			

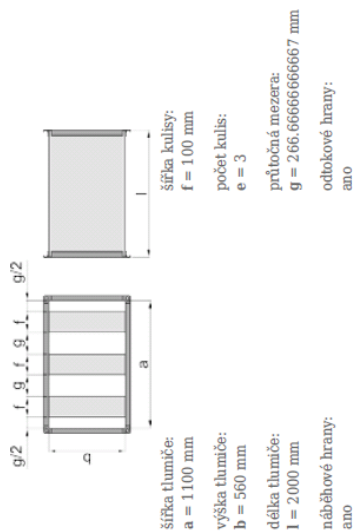


VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.1.1.

GEOMETRIE:



PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 5670 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

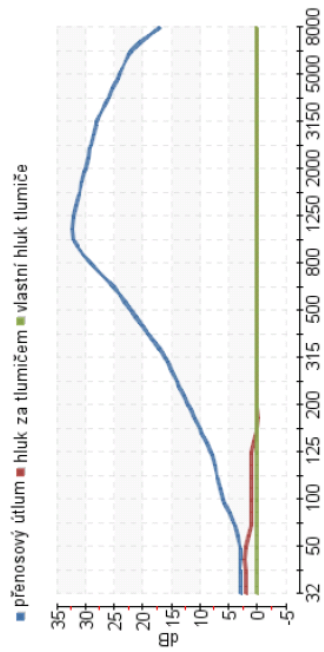
frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovým filtrem A _v [dB(A)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

KOD OBJEDNÁVKY: THKU.1100.560.2000-3.3X.KTH.1.00.560.2000

Technické řešení:
Vysoká škola Technická v Brně – Fakulta stavební – Ústav technických zařízení (Lbudoz)

VÝSLEDNÉ HODNOTY

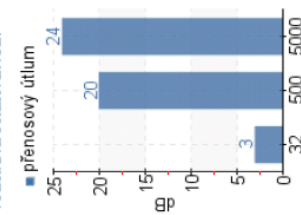
ÚTLUM HLUKU:



VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum:	3	4	8	14	22	32	30	26	17	-
vlastní hluk tlumiče:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filt. A _v :	2	1	1	0	0	0	0	0	0	10

VYBRANÉ FREKVENCE:



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	2	Pa
plocha tlumiče:	0.62	m ²

RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.6	m/s
ve volné ploše:	3.5	m/s

Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

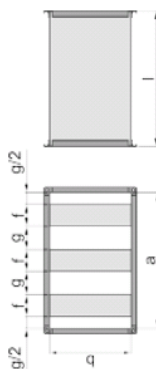


VSTUPNÍ HODNOTY

typ tlumiče:
kulisový

číslo pozice:
1.1.1.

GEOMETRIE:



šířka tlumiče:
a = 1100 mm

šířka kulisy:
f = 100 mm

výška tlumiče:
b = 560 mm

počet kulis:
e = 3

délka tlumiče:
l = 1500 mm

průtočná mezera:
g = 266.66666666667 mm

náběhové hrany:
ano

odtokové hrany:
ano

PARAMETRY PROUDĚNÍ:

průtok vzduchu:
Q = 5670 m³/h

hustota vzduchu:
ρ = 1.2 kg/m³

VYBRANÉ FREKVENCE:

frekvence: f
32 Hz 500 Hz 5000 Hz

AKUSTICKÝ VÝKON VENTILÁTORU:

frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
hl. akust. výkonu s váhovou filtrou A: [dB(A)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

KÓD OBJEDNÁVKY: THKU.1100.560.1500-3. 3X.KTH.100.560.1500



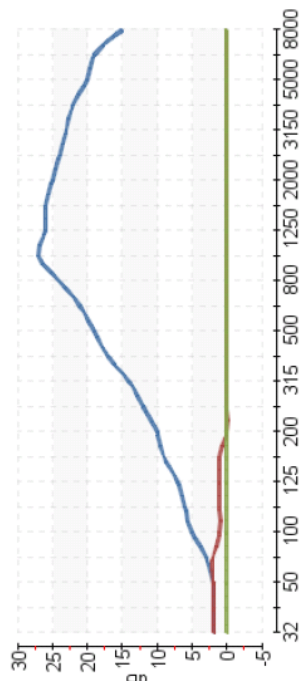
Technické řešení:
Vysoká učebna Technická v Brně - Fakulta stavební - Ústav Technických zařízení budov

Mart

VÝSLEDNÉ HODNOTY

ÚTLUM HLUKU:

■ přenosový útlum ■ hluk za tlumičem ■ vlastní hluk tlumiče

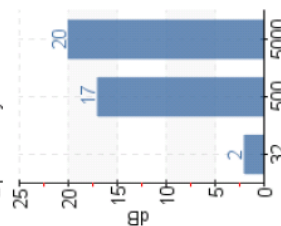


VÝSLEDNÉ HODNOTY:

frekvence:frekvence:	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
přenosový útlum:	2	3	7	12	19	27	25	22	15	-
vlastní hluk tlumiče:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
hl. akust. výkonu za tlumičem s váh. filtr. A:	2	2	1	0	0	0	0	0	0	10

VYBRANÉ FREKVENCE:

■ přenosový útlum



TLAKOVÁ ZTRÁTA TLUMIČE:

tlaková ztráta:	2 Pa
plocha tlumiče:	0.62 m ²

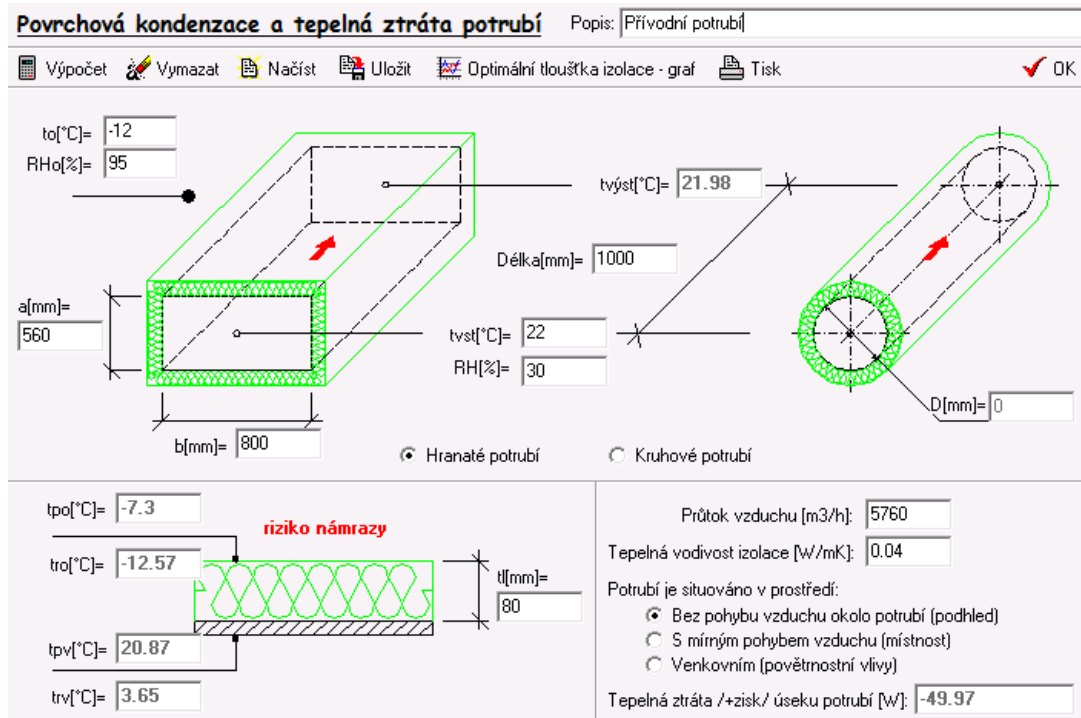
RYCHLOST PROUDĚNÍ:

v celkovém průřezu:	2.6 m/s
ve volné ploše:	3.5 m/s

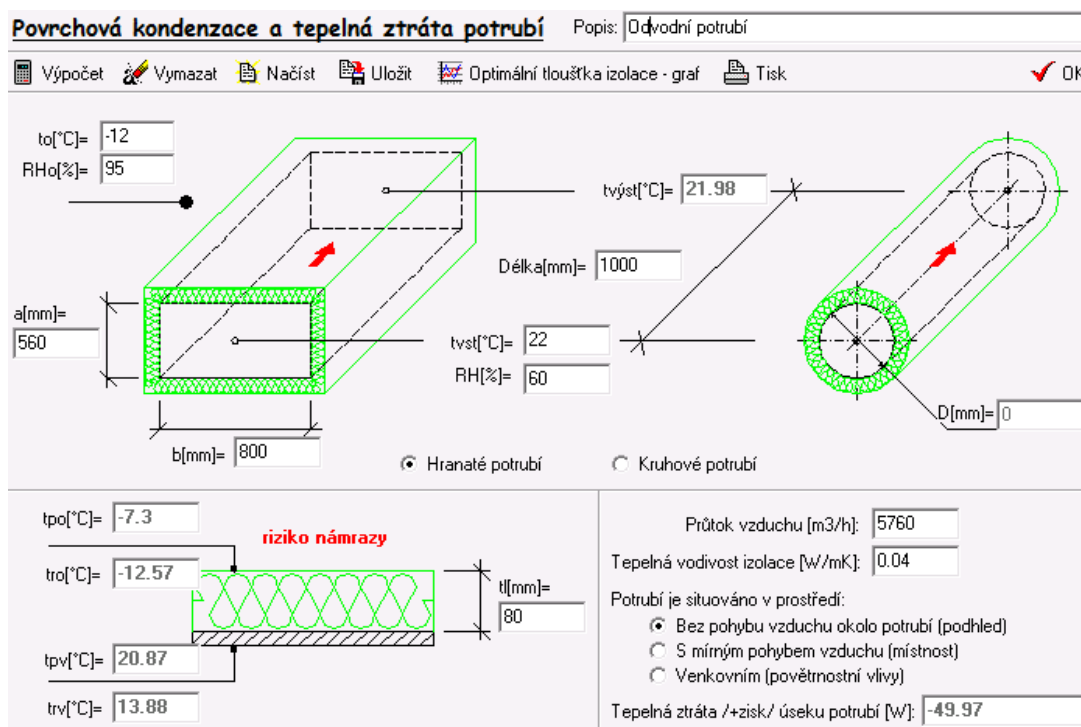
Všechny uvedené hodnoty jsou vypočteny s tolerancí ± 10%.

P.3 Tepelné izolace potrubí – centrální VZT

Tepelná izolace přívodního potrubí umístěného v exteriéru kvůli eliminaci tepelných ztrát. Navržena tloušťka izolace 80 mm.

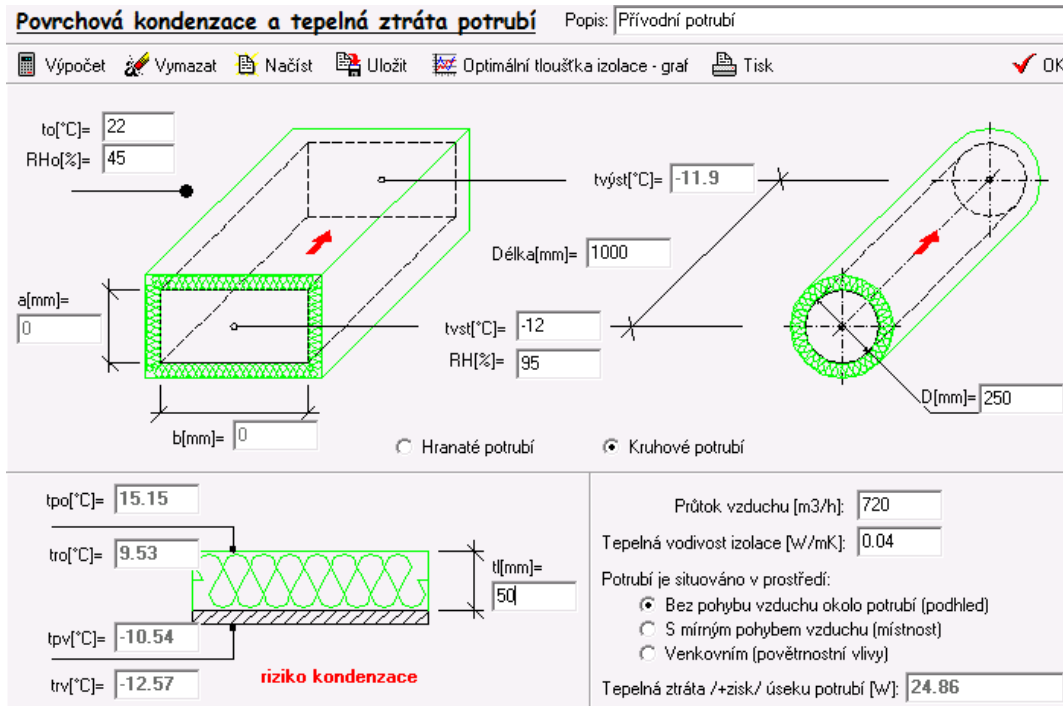


Tepelná izolace eliminaci potrubí umístěného v exteriéru kvůli eliminaci tepelných ztrát a kondenzaci. Navržena tloušťka izolace 80 mm.

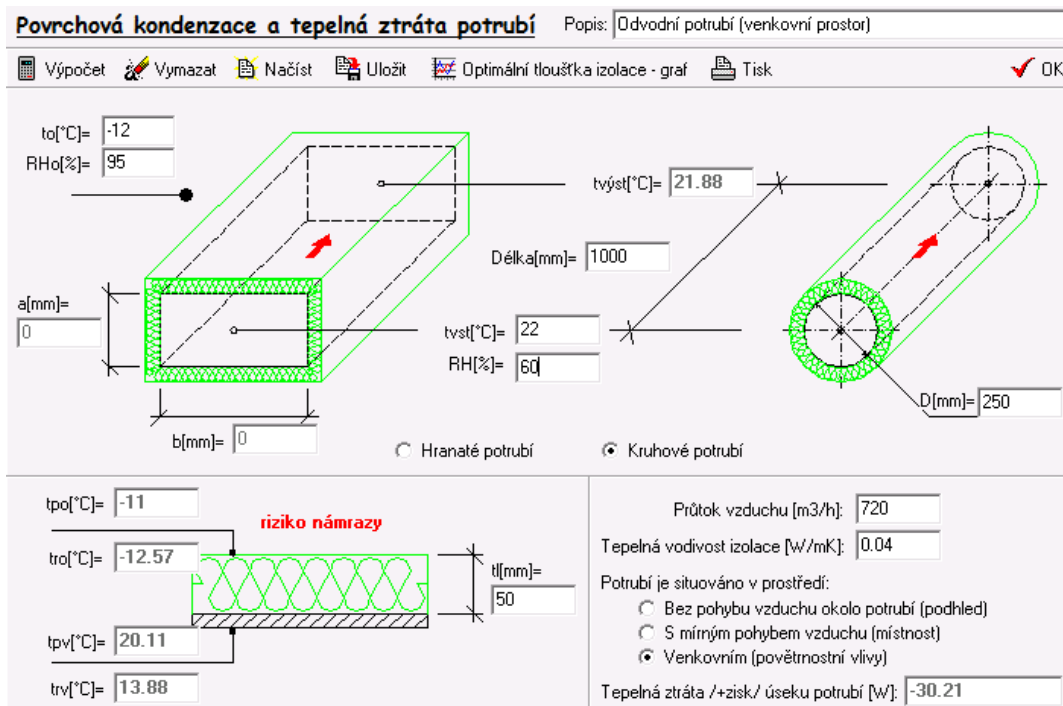


P.4 Tepelné izolace potrubí – decentrální VZT

Tepelná izolace přívodního potrubí umístěného v šachtě kvůli eliminaci vzniku kondenzace na vnějším povrchu trubky. Navržena tloušťka izolace 50 mm.



Tepelná izolace odvodního potrubí ve venkovním prostředí kvůli eliminaci vzniku kondenzace na vnitřním povrchu trubky. Navržena tloušťka izolace 50 mm.



P.5 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 10)

Výkonový stupeň 10					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
1	0,84	321	95,0	79	10,72%
2	0,85	317	96,1	79	10,72%
3	0,83	327	93,9	79	10,79%
4	0,86	320	97,3	79	10,94%
5	0,85	318	96,1	79	10,75%
6	0,86	324	97,3	79	11,08%
7	0,87	321	98,4	79	11,11%
8	0,84	320	95,0	79	10,69%
9	0,88	323	99,5	79	11,30%
10	0,90	323	101,8	79	11,56%
11	0,88	317	99,5	79	11,09%
12	0,88	318	99,5	79	11,13%
13	0,86	319	97,3	80	10,77%
14	0,88	311	99,5	80	10,75%
15	0,89	310	100,7	80	10,83%
16	0,93	307	105,2	80	11,21%
17	0,90	315	101,8	80	11,13%
18	0,94	309	106,3	80	11,41%
19	0,92	314	104,0	80	11,34%
20	0,91	310	102,9	80	11,08%
21	0,90	311	101,8	80	10,99%
22	0,87	312	98,4	80	10,66%
23	0,91	315	102,9	80	11,26%
24	0,88	306	99,5	80	10,57%
25	0,87	309	98,4	80	10,56%
26	0,94	314	106,3	80	11,59%
27	0,94	308	106,3	80	11,37%
28	1,36	300	153,8	81	15,82%
29	1,35	301	152,7	81	15,76%
30	1,33	296	150,4	81	15,27%
31	1,34	302	151,6	81	15,70%
32	1,34	303	151,6	81	15,75%
33	1,35	297	152,7	81	15,55%
34	1,34	300	151,6	81	15,59%
35	1,33	304	150,4	81	15,68%
36	1,32	301	149,3	81	15,41%
37	1,34	296	151,6	81	15,38%
38	1,34	303	151,6	81	15,75%
39	1,36	300	153,8	81	15,82%
40	1,35	306	152,7	81	16,02%
41	1,33	297	150,4	81	15,32%
42	1,34	303	151,6	81	15,75%
43	1,34	301	151,6	81	15,64%
44	1,37	303	154,9	81	16,10%
45	1,37	295	154,9	81	15,67%
46	1,33	287	150,4	81	14,80%
47	1,31	292	148,2	81	14,84%
48	1,32	291	149,3	81	14,90%
49	1,34	288	151,6	81	14,97%
50	1,33	289	150,4	81	14,91%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
51	1,34	296	151,6	81	15,38%
52	1,33	287	150,4	81	14,80%
53	1,32	285	149,3	81	14,59%
54	1,31	292	148,2	81	14,84%
55	1,31	290	148,2	81	14,73%
56	1,33	290	150,4	81	14,96%
57	1,32	295	149,3	81	15,10%
58	1,32	293	149,3	81	15,00%
59	1,33	287	150,4	81	14,80%
60	1,34	291	151,6	81	15,12%
61	1,66	281	187,7	83	17,66%
62	1,67	283	188,9	83	17,89%
63	1,65	274	186,6	83	17,11%
64	1,68	276	190,0	83	17,55%
65	1,69	274	191,1	83	17,53%
66	1,70	280	192,3	83	18,02%
67	1,69	277	191,1	83	17,72%
68	1,68	279	190,0	83	17,74%
69	1,70	278	192,3	83	17,89%
70	1,71	274	193,4	83	17,73%
71	1,68	272	190,0	83	17,30%
72	1,69	276	191,1	83	17,65%
73	1,72	273	194,5	83	17,77%
74	1,68	281	190,0	83	17,87%
75	1,66	275	187,7	83	17,28%
76	1,96	263	221,7	86	18,83%
77	1,93	268	218,3	86	18,89%
78	1,96	261	221,7	86	18,69%
79	1,99	268	225,1	86	19,48%
80	2,01	267	227,3	86	19,60%
81	1,99	262	225,1	86	19,05%
82	1,98	265	223,9	86	19,17%
83	1,95	268	220,5	86	19,09%
84	1,94	273	219,4	86	19,35%
85	1,96	270	221,7	86	19,33%
86	1,94	264	219,4	86	18,71%
87	1,98	273	223,9	86	19,75%
88	1,95	267	220,5	86	19,02%
89	1,98	272	223,9	86	19,67%
90	2,06	264	233,0	86	19,87%
91	2,01	270	227,3	86	19,82%
92	2,03	265	229,6	86	19,65%
93	2,01	273	227,3	86	20,05%
94	2,04	266	230,7	86	19,82%
95	2,06	265	233,0	86	19,94%
96	2,05	256	231,8	86	19,17%
97	2,06	264	233,0	86	19,87%
98	2,08	256	235,2	86	19,45%
99	2,01	271	227,3	86	19,90%
100	1,99	273	225,1	86	19,85%

Výkonový stupeň 10					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
101	2,00	267	226,2	86	19,51%
102	2,01	265	227,3	86	19,46%
103	1,96	272	221,7	86	19,47%
104	2,00	271	226,2	86	19,80%
105	1,98	265	223,9	86	19,17%
106	1,94	273	219,4	86	19,35%
107	1,97	269	222,8	86	19,36%
108	2,05	265	231,8	86	19,85%
109	2,01	264	227,3	86	19,38%
110	2,02	255	228,5	86	18,82%
111	2,05	266	231,8	86	19,92%
112	2,01	269	227,3	86	19,75%
113	2,04	277	230,7	86	20,64%
114	1,98	272	223,9	86	19,67%
115	1,97	267	222,8	86	19,21%
116	2,02	273	228,5	86	20,14%
117	2,08	241	235,2	89	17,69%
118	2,14	249	242,0	89	18,81%
119	2,12	242	239,8	89	18,11%
120	2,13	254	240,9	89	19,10%
121	2,07	243	234,1	89	17,76%
122	2,11	254	238,6	89	18,92%
123	2,00	236	226,2	89	16,66%
124	2,05	244	231,8	89	17,66%
125	2,12	253	239,8	89	18,93%
126	2,15	251	243,2	89	19,05%
127	2,17	263	245,4	89	20,15%
128	2,16	239	244,3	89	18,22%
129	2,17	247	245,4	89	18,92%
130	2,15	240	243,2	89	18,21%
131	2,24	245	253,3	89	19,37%
132	2,17	244	245,4	89	18,69%
133	2,62	249	296,3	89	23,03%
134	2,61	246	295,2	89	22,66%
135	2,66	253	300,8	89	23,76%
136	2,59	243	292,9	89	22,22%
137	2,58	244	291,8	89	22,22%
138	2,67	241	302,0	89	22,71%
139	2,65	239	299,7	89	22,36%
140	2,54	249	287,3	89	22,33%
141	2,65	238	299,7	89	22,26%
142	2,51	239	283,9	89	21,18%
143	2,58	234	291,8	89	21,31%
144	2,63	238	297,4	89	22,09%
145	2,68	241	303,1	89	22,80%
146	2,82	240	318,9	89	23,89%
147	2,80	239	316,7	89	23,62%
148	2,77	237	313,3	89	23,17%
149	2,81	236	317,8	89	23,41%
150	2,76	240	312,1	89	23,38%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
151	2,73	234	308,8	89	22,55%
152	2,78	231	314,4	89	22,67%
153	2,74	237	309,9	89	22,92%
154	2,80	238	316,7	89	23,52%
155	2,81	235	317,8	89	23,31%
156	2,84	236	321,2	89	23,66%
157	2,92	237	330,2	89	24,43%
158	2,90	235	328,0	89	24,06%
159	2,91	238	329,1	89	24,45%
160	3,14	234	355,1	92	25,09%
161	3,09	237	349,5	92	25,01%
162	3,13	233	354,0	92	24,90%
163	3,19	239	360,8	92	26,03%
164	3,46	234	391,3	92	27,65%
165	3,45	236	390,2	92	27,80%
166	3,42	237	386,8	98	25,98%
167	3,38	234	382,3	98	25,35%
168	3,41	235	385,7	98	25,69%
169	3,40	242	384,5	98	26,38%
170	3,46	238	391,3	98	26,40%
171	3,42	237	386,8	101	25,21%
172	3,38	240	382,3	101	25,23%
173	3,53	239	399,2	101	26,24%
174	3,63	235	410,5	101	26,53%
175	3,64	237	411,7	101	26,83%
176	3,56	245	402,6	104	26,35%
177	3,58	240	404,9	104	25,95%
178	3,55	231	401,5	104	24,77%
179	3,62	239	409,4	104	26,14%
180	3,58	237	404,9	104	25,63%
181	3,59	232	406,0	104	25,16%
182	3,67	235	415,1	104	26,05%
183	3,68	240	416,2	108	25,69%
184	3,69	235	417,3	108	25,22%
185	3,71	244	419,6	108	26,33%
186	3,76	241	425,2	108	26,36%
187	3,74	242	423,0	108	26,33%
188	3,70	234	418,5	108	25,19%
189	3,67	238	415,1	108	25,41%
190	3,86	232	436,6	111	25,35%
191	3,87	234	437,7	111	25,63%
192	3,90	227	441,1	111	25,06%
193	3,91	236	442,2	111	26,12%
194	3,77	239	426,4	111	25,50%
195	3,75	241	424,1	111	25,58%
196	3,81	244	430,9	111	26,31%
197	3,78	237	427,5	111	25,36%
198	3,76	242	425,2	111	25,75%
199	3,70	235	418,5	111	24,61%
200	3,77	236	426,4	111	25,18%

Výkonový stupeň 10					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
201	3,75	237	424,1	111	25,15%
202	3,91	222	442,2	112	24,35%
203	3,98	223	450,1	112	24,90%
204	4,05	220	458,0	112	24,99%
205	3,98	219	450,1	112	24,45%
206	4,00	235	452,4	112	26,37%
207	3,90	229	441,1	112	25,05%
208	3,87	232	437,7	112	25,18%
209	3,92	230	443,3	112	25,29%
210	4,03	233	455,8	112	26,34%
211	3,98	226	450,1	112	25,23%
212	3,99	227	451,3	112	25,41%
213	4,01	224	453,5	112	25,20%
214	4,00	230	452,4	112	25,81%
215	4,07	218	460,3	112	24,89%
216	4,03	222	455,8	112	25,10%
217	4,06	231	459,2	112	26,31%
218	4,04	225	456,9	112	25,50%
219	4,08	226	461,4	112	25,86%
220	4,10	215	463,7	112	24,73%
221	4,13	221	467,1	112	25,60%
222	4,15	212	469,4	112	24,68%
223	4,08	198	461,4	112	22,66%
224	4,13	211	467,1	112	24,44%
225	4,10	209	463,7	112	24,04%
226	4,11	202	464,8	112	23,29%
227	4,10	204	463,7	112	23,46%
228	4,35	187	492,0	112	22,82%
229	4,29	186	485,2	112	22,38%
230	4,31	193	487,4	112	23,33%
231	4,30	188	486,3	112	22,68%
232	4,26	187	481,8	112	22,35%
233	4,19	189	473,9	112	22,21%
234	4,36	191	493,1	112	23,36%
235	4,33	183	489,7	112	22,23%
236	4,35	184	492,0	112	22,45%
237	4,25	185	480,7	112	22,05%
238	4,28	191	484,1	112	22,93%
239	4,36	186	493,1	112	22,75%
240	4,27	191	482,9	112	22,88%
241	4,23	193	478,4	112	22,90%
242	4,28	195	484,1	112	23,41%
243	4,28	198	484,1	112	23,77%
244	4,29	196	485,2	112	23,59%
245	4,40	176	497,6	112	21,72%
246	4,38	175	495,4	112	21,50%
247	4,48	172	506,7	112	21,61%
248	4,43	173	501,0	112	21,50%
249	4,28	168	484,1	112	20,17%
250	4,35	164	492,0	112	20,01%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
251	4,37	174	494,2	112	21,33%
252	4,41	175	498,8	112	21,65%
253	4,46	167	504,4	112	20,89%
254	4,33	165	489,7	112	20,04%
255	4,36	175	493,1	112	21,40%
256	4,38	159	495,4	112	19,53%
257	4,57	154	516,9	113	19,57%
258	4,58	151	518,0	113	19,23%
259	4,59	158	519,1	113	20,16%
260	4,60	159	520,2	113	20,33%
261	4,63	154	523,6	113	19,82%
262	4,61	147	521,4	113	18,84%
263	4,58	155	518,0	113	19,74%
264	4,53	158	512,3	113	19,90%
265	4,54	161	513,5	113	20,32%
266	4,51	152	510,1	113	19,06%
267	4,56	150	515,7	113	19,02%
268	4,82	123	545,1	113	16,48%
269	4,81	138	544,0	113	18,45%
270	4,83	126	546,3	113	16,92%
271	4,89	127	553,0	113	17,27%
272	4,87	117	550,8	113	15,84%
273	4,84	128	547,4	113	17,22%
274	4,87	131	550,8	113	17,74%
275	4,83	125	546,3	113	16,79%
276	4,84	131	547,4	113	17,63%
277	4,86	114	549,7	113	15,40%
278	4,82	124	545,1	113	16,62%
279	4,79	123	541,7	113	16,38%
280	4,83	140	546,3	113	18,80%
281	4,88	118	551,9	113	16,01%
282	4,87	130	550,8	113	17,60%
283	4,95	114	559,8	113	15,69%
284	4,97	121	562,1	113	16,72%
285	4,93	123	557,6	113	16,86%
286	4,97	112	562,1	113	15,48%
287	4,96	108	561,0	113	14,89%
288	4,95	130	559,8	113	17,89%
289	4,91	117	555,3	113	15,97%
290	4,94	115	558,7	113	15,79%
291	4,94	108	558,7	113	14,83%
292	4,98	117	563,2	113	16,20%
293	4,99	125	564,4	113	17,34%
294	5,12	104	579,1	113	14,80%
295	5,09	109	575,7	113	15,42%
296	5,17	112	584,7	113	16,10%
297	5,08	105	574,5	113	14,83%
298	5,11	116	577,9	113	16,48%
299	5,15	104	582,5	113	14,89%
300	5,13	106	580,2	113	15,12%

Výkonový stupeň 10					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
301	5,08	109	574,5	113	15,39%
302	5,11	115	577,9	113	16,34%
303	5,09	106	575,7	113	15,00%
304	5,26	108	594,9	114	15,66%
305	5,15	100	582,5	114	14,19%
306	5,11	97	577,9	114	13,66%
307	5,19	112	587,0	114	16,02%
308	5,21	108	589,2	114	15,51%
309	5,23	103	591,5	114	14,85%
310	5,16	105	583,6	114	14,93%
311	5,09	98	575,7	114	13,75%
312	5,22	104	590,4	114	14,96%
313	5,19	100	587,0	114	14,30%
314	5,14	111	581,3	114	15,72%
315	5,15	99	582,5	114	14,05%
316	5,16	105	583,6	114	14,93%
317	5,15	107	582,5	114	15,19%
318	5,46	97	617,5	115	14,47%
319	5,44	89	615,2	115	13,23%
320	5,37	86	607,3	115	12,62%
321	5,41	99	611,9	115	14,63%
322	5,40	89	610,7	115	13,13%
323	5,37	94	607,3	115	13,79%
324	5,43	101	614,1	115	14,98%
325	5,42	93	613,0	115	13,77%
326	5,43	91	614,1	115	13,50%
327	5,41	84	611,9	115	12,41%
328	5,42	87	613,0	115	12,88%
329	5,43	96	614,1	115	14,24%
330	5,37	85	607,3	115	12,47%
331	5,40	91	610,7	115	13,42%
332	5,44	85	615,2	115	12,63%
333	5,82	79	658,2	116	12,45%
334	5,80	73	656,0	116	11,47%
335	5,79	76	654,8	116	11,92%
336	5,83	72	659,4	116	11,37%
337	5,84	65	660,5	116	10,28%
338	5,77	85	652,6	116	13,28%
339	5,78	76	653,7	116	11,90%
340	5,79	66	654,8	116	10,35%
341	5,81	86	657,1	116	13,53%
342	5,82	76	658,2	116	11,98%
343	5,76	70	651,4	116	10,92%
344	5,82	88	658,2	116	13,87%
345	5,74	78	649,2	116	12,13%
346	5,81	64	657,1	116	10,07%
347	5,82	76	658,2	116	11,98%
348	5,80	71	656,0	116	11,15%
349	5,92	56	669,5	116	8,98%
350	5,88	66	665,0	116	10,51%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
351	5,96	60	674,1	116	9,68%
352	6,01	66	679,7	116	10,74%
353	6,04	69	683,1	116	11,29%
354	6,00	57	678,6	116	9,26%
355	5,93	63	670,7	116	10,12%
356	5,90	57	667,3	116	9,11%
357	5,91	58	668,4	116	9,28%
358	6,05	60	684,2	116	9,83%
359	5,97	66	675,2	116	10,67%
360	6,03	56	682,0	116	9,15%
361	5,90	59	667,3	116	9,43%
362	6,14	58	694,4	116	9,64%
363	6,19	51	700,1	116	8,55%
364	6,13	58	693,3	116	9,63%
365	6,17	53	697,8	116	8,86%
366	6,21	54	702,3	116	9,08%
367	6,22	57	703,5	116	9,60%
368	6,19	52	700,1	116	8,72%
369	6,23	59	704,6	116	9,95%
370	6,25	52	706,9	116	8,80%
371	6,23	49	704,6	116	8,27%
372	6,23	54	704,6	116	9,11%
373	6,20	57	701,2	116	9,57%
374	6,21	58	702,3	116	9,75%
375	6,25	48	706,9	116	8,12%
376	6,26	53	708,0	116	8,99%
377	6,29	42	711,4	116	7,15%
378	6,26	47	708,0	116	7,97%
379	6,28	45	710,3	116	7,65%
380	6,29	56	711,4	116	9,54%
381	6,26	52	708,0	116	8,82%
382	6,19	44	700,1	116	7,38%
383	6,22	50	703,5	116	8,42%
384	6,35	46	718,2	116	7,91%
385	6,34	46	717,0	116	7,90%
386	6,28	50	710,3	116	8,50%
387	6,30	54	712,5	116	9,21%
388	6,26	50	708,0	116	8,48%
389	6,27	52	709,1	116	8,83%
390	6,33	47	715,9	116	8,06%
391	6,33	49	715,9	116	8,40%
392	6,30	53	712,5	117	8,97%
393	6,32	43	714,8	117	7,30%
394	6,34	43	717,0	117	7,32%
395	6,36	45	719,3	117	7,68%
396	6,30	43	712,5	117	7,27%
397	6,38	49	721,6	117	8,39%
398	6,40	41	723,8	117	7,05%
399	6,39	33	722,7	117	5,66%
400	6,40	53	723,8	117	9,11%

P.6 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 5)

Výkonový stupeň 5					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
1	0,79	305	89,3	73	10,37%
2	0,77	307	87,1	73	10,17%
3	0,78	306	88,2	73	10,27%
4	0,79	308	89,3	73	10,47%
5	0,76	310	86,0	73	10,14%
6	0,74	306	83,7	73	9,74%
7	0,92	304	104,0	73	12,04%
8	0,93	300	105,2	73	12,01%
9	0,92	298	104,0	73	11,80%
10	0,96	302	108,6	73	12,48%
11	0,94	300	106,3	73	12,14%
12	0,95	301	107,4	73	12,31%
13	1,07	297	121,0	74	13,49%
14	1,08	293	122,1	74	13,43%
15	1,04	296	117,6	74	13,07%
16	1,07	295	121,0	74	13,40%
17	1,08	294	122,1	74	13,48%
18	1,05	296	118,8	74	13,19%
19	1,23	290	139,1	75	14,94%
20	1,24	286	140,2	75	14,86%
21	1,26	284	142,5	75	14,99%
22	1,24	285	140,2	75	14,80%
23	1,22	289	138,0	75	14,77%
24	1,25	285	141,4	75	14,92%
25	1,23	289	139,1	75	14,89%
26	1,35	280	152,7	75	15,83%
27	1,36	287	153,8	75	16,35%
28	1,34	281	151,6	75	15,77%
29	1,37	282	154,9	75	16,18%
30	1,36	284	153,8	75	16,18%
31	1,33	286	150,4	75	15,93%
32	1,39	280	157,2	76	16,09%
33	1,37	278	154,9	76	15,74%
34	1,40	281	158,3	76	16,26%
35	1,39	274	157,2	76	15,74%
36	1,38	276	156,1	76	15,74%
37	1,40	278	158,3	76	16,09%
38	1,35	275	152,7	76	15,35%
39	1,41	272	159,5	76	15,85%
40	1,42	280	160,6	76	16,44%
41	1,44	278	162,9	76	16,55%
42	1,40	276	158,3	76	15,97%
43	1,45	274	164,0	76	16,42%
44	1,38	276	156,1	76	15,74%
45	1,39	275	157,2	76	15,80%
46	1,72	269	194,5	77	18,88%
47	1,74	271	196,8	77	19,24%
48	1,70	273	192,3	77	18,94%
49	1,71	272	193,4	77	18,98%
50	1,72	270	194,5	77	18,95%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
51	1,69	271	191,1	77	18,69%
52	1,68	268	190,0	77	18,37%
53	1,83	266	207,0	79	19,36%
54	1,81	271	204,7	79	19,51%
55	1,80	272	203,6	79	19,47%
56	1,79	270	202,4	79	19,22%
57	1,76	273	199,1	79	19,11%
58	1,75	271	197,9	79	18,86%
59	1,77	274	200,2	79	19,29%
60	1,76	271	199,1	80	18,73%
61	1,72	269	194,5	80	18,17%
62	1,70	273	192,3	80	18,23%
63	1,74	272	196,8	80	18,59%
64	1,71	270	193,4	80	18,13%
65	1,73	272	195,7	80	18,48%
66	1,72	274	194,5	80	18,51%
67	1,69	265	191,1	81	17,37%
68	1,70	270	192,3	81	17,80%
69	1,68	264	190,0	81	17,20%
70	1,71	266	193,4	81	17,64%
71	1,70	267	192,3	81	17,60%
72	1,67	263	188,9	81	17,03%
73	1,85	246	209,2	82	17,44%
74	1,91	251	216,0	82	18,37%
75	1,94	245	219,4	82	18,21%
76	1,92	250	217,1	82	18,39%
77	1,88	246	212,6	82	17,72%
78	1,94	243	219,4	82	18,06%
79	1,85	236	209,2	83	16,53%
80	1,83	239	207,0	83	16,55%
81	1,86	242	210,4	83	17,04%
82	1,81	240	204,7	83	16,44%
83	1,82	241	205,8	83	16,60%
84	1,81	239	204,7	83	16,37%
85	1,80	238	203,6	83	16,22%
86	1,83	225	207,0	83	15,58%
87	1,94	231	219,4	83	16,96%
88	2,02	232	228,5	83	17,74%
89	2,00	230	226,2	83	17,41%
90	1,99	229	225,1	83	17,25%
91	2,06	228	233,0	83	17,78%
92	2,39	222	270,3	84	19,84%
93	2,47	227	279,4	84	20,97%
94	2,45	224	277,1	84	20,53%
95	2,42	225	273,7	84	20,36%
96	2,41	227	272,6	84	20,46%
97	2,40	229	271,4	84	20,55%
98	2,85	222	322,3	84	23,66%
99	2,89	221	326,9	84	23,89%
100	2,91	223	329,1	84	24,27%

Výkonový stupeň 5					
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
101	2,88	220	325,7	84	23,70%
102	2,90	216	328,0	84	23,43%
103	2,95	219	333,6	84	24,16%
104	2,96	217	334,8	84	24,02%
105	3,01	215	340,4	85	23,92%
106	3,04	221	343,8	85	24,83%
107	3,09	217	349,5	85	24,78%
108	3,05	219	344,9	85	24,69%
109	3,10	220	350,6	85	25,21%
110	3,08	218	348,3	85	24,82%
111	3,07	222	347,2	85	25,19%
112	3,12	211	352,9	91	22,73%
113	2,98	215	337,0	91	22,12%
114	2,99	209	338,2	92	21,34%
115	3,00	212	339,3	92	21,72%
116	3,02	204	341,6	92	21,04%
117	2,99	210	338,2	92	21,44%
118	3,03	205	342,7	92	21,21%
119	3,03	198	342,7	92	20,49%
120	3,07	203	347,2	93	21,05%
121	3,05	205	344,9	93	21,12%
122	3,06	200	346,1	93	20,67%
123	3,04	203	343,8	93	20,85%
124	3,10	201	350,6	93	21,05%
125	3,06	204	346,1	93	21,09%
126	3,16	184	357,4	93	19,64%
127	3,27	181	369,8	94	19,78%
128	3,29	182	372,1	94	20,01%
129	3,20	186	361,9	94	19,89%
130	3,28	180	371,0	94	19,73%
131	3,26	183	368,7	94	19,94%
132	3,25	185	367,6	94	20,09%
133	3,31	170	374,4	95	18,61%
134	3,29	166	372,1	95	18,06%
135	3,28	164	371,0	95	17,79%
136	3,32	165	375,5	95	18,12%
137	3,30	162	373,2	97	17,31%
138	3,27	160	369,8	97	16,95%
139	3,44	145	389,1	98	15,99%
140	3,52	137	398,1	98	15,46%
141	3,51	142	397,0	99	15,82%
142	3,50	140	395,8	99	15,55%
143	3,51	141	397,0	99	15,71%
144	3,48	144	393,6	99	15,90%
145	3,49	143	394,7	99	15,84%
146	3,74	120	423,0	100	14,10%
147	3,78	127	427,5	100	15,08%
148	3,81	126	430,9	100	15,08%
149	3,78	124	427,5	100	14,73%
150	3,80	128	429,8	100	15,28%

Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
151	3,79	124	428,6	100	14,76%
152	3,81	125	430,9	100	14,96%
153	3,95	108	446,7	101	13,27%
154	4,01	113	453,5	101	14,09%
155	3,98	111	450,1	101	13,74%
156	4,00	110	452,4	101	13,69%
157	4,02	114	454,7	101	14,25%
158	3,99	112	451,3	101	13,90%
159	3,97	115	449,0	101	14,20%
160	4,25	90	480,7	101	11,90%
161	4,28	95	484,1	101	12,65%
162	4,30	92	486,3	101	12,31%
163	4,26	90	481,8	101	11,93%
164	4,25	92	480,7	101	12,16%
165	4,27	88	482,9	101	11,69%
166	4,53	79	512,3	101	11,13%
167	4,55	83	514,6	101	11,75%
168	4,51	79	510,1	101	11,08%
169	4,52	85	511,2	101	11,95%
170	4,50	82	508,9	101	11,48%
171	4,54	81	513,5	101	11,44%
172	4,51	80	510,1	101	11,22%
173	4,75	74	537,2	101	10,93%
174	4,79	72	541,7	101	10,73%
175	4,77	73	539,5	101	10,83%
176	4,78	70	540,6	101	10,41%
177	4,76	71	538,3	101	10,51%
178	4,80	67	542,9	101	10,00%
179	5,05	59	571,1	101	9,27%
180	5,08	62	574,5	101	9,80%
181	5,02	60	567,7	101	9,37%
182	5,10	57	576,8	101	9,04%
183	5,05	60	571,1	101	9,42%
184	5,08	52	574,5	101	8,22%
185	5,07	54	573,4	101	8,52%
186	5,21	45	589,2	102	7,22%
187	5,15	44	582,5	102	6,98%
188	5,17	43	584,7	102	6,85%
189	5,20	46	588,1	102	7,37%
190	5,18	48	585,8	102	7,66%
191	5,19	47	587,0	102	7,51%
192	5,43	33	614,1	102	5,52%
193	5,41	35	611,9	102	5,83%
194	5,38	39	608,5	102	6,46%
195	5,40	34	610,7	102	5,65%
196	5,45	33	616,4	102	5,54%
197	5,44	31	615,2	102	5,19%
198	5,47	32	618,6	101	5,44%
199	5,49	29	620,9	101	4,95%
200	5,50	31	622,0	101	5,30%

P.7 Měření ventilátoru TD 800/200 (výkonový stupeň 1)

Výkonový stupeň 1											
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost	Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%	-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
1	0,69	286	78,0	72	8,61%	51	1,44	250	162,9	76	14,88%
2	0,67	282	75,8	72	8,24%	52	1,50	259	169,6	76	16,06%
3	0,68	285	76,9	72	8,46%	53	1,40	253	158,3	76	14,64%
4	0,69	280	78,0	72	8,43%	54	1,53	251	173,0	76	15,87%
5	0,68	285	76,9	72	8,46%	55	1,46	242	165,1	77	14,42%
6	0,73	281	82,6	72	8,95%	56	1,49	248	168,5	77	15,08%
7	0,71	283	80,3	72	8,77%	57	1,50	247	169,6	77	15,12%
8	0,72	279	81,4	72	8,77%	58	1,47	250	166,3	77	14,99%
9	0,75	284	84,8	72	9,29%	59	1,46	255	165,1	77	15,19%
10	0,70	280	79,2	72	8,55%	60	1,48	260	167,4	77	15,70%
11	0,86	275	97,3	72	10,32%	61	1,41	246	159,5	77	14,15%
12	0,87	277	98,4	72	10,52%	62	1,43	249	161,7	77	14,53%
13	0,86	276	97,3	72	10,36%	63	1,46	250	165,1	77	14,89%
14	0,85	275	96,1	72	10,20%	64	1,42	251	160,6	77	14,54%
15	0,86	278	97,3	72	10,43%	65	1,45	256	164,0	77	15,14%
16	0,98	276	110,8	73	11,64%	66	1,52	243	171,9	79	14,69%
17	0,99	277	112,0	73	11,80%	67	1,50	239	169,6	79	14,26%
18	0,95	270	107,4	73	11,04%	68	1,56	235	176,4	79	14,58%
19	0,97	274	109,7	73	11,44%	69	1,55	228	175,3	79	14,05%
20	0,96	275	108,6	73	11,36%	70	1,54	231	174,2	79	14,15%
21	0,98	273	110,8	73	11,51%	71	1,56	235	176,4	79	14,58%
22	1,00	271	113,1	73	11,66%	72	1,55	228	175,3	80	13,88%
23	1,10	265	124,4	74	12,38%	73	1,57	221	177,6	80	13,63%
24	1,08	271	122,1	74	12,43%	74	1,55	230	175,3	80	14,00%
25	1,09	270	123,3	74	12,49%	75	1,60	225	181,0	80	14,14%
26	1,10	272	124,4	74	12,70%	76	1,54	227	174,2	80	13,73%
27	1,07	275	121,0	74	12,49%	77	1,67	209	188,9	80	13,71%
28	1,20	264	135,7	74	13,45%	78	1,71	226	193,4	80	15,18%
29	1,19	262	134,6	74	13,24%	79	1,70	222	192,3	80	14,82%
30	1,22	265	138,0	74	13,73%	80	1,72	220	194,5	80	14,86%
31	1,20	263	135,7	74	13,40%	81	1,73	213	195,7	80	14,47%
32	1,18	264	133,5	74	13,23%	82	1,94	205	219,4	80	15,62%
33	1,21	268	136,8	74	13,77%	83	1,92	212	217,1	80	15,98%
34	1,33	261	150,4	74	14,74%	84	1,93	210	218,3	80	15,92%
35	1,30	259	147,0	74	14,29%	85	1,90	218	214,9	80	16,27%
36	1,31	260	148,2	74	14,46%	86	1,91	221	216,0	80	16,58%
37	1,29	258	145,9	74	14,13%	87	2,21	201	249,9	80	17,44%
38	1,31	256	148,2	74	14,24%	88	2,19	207	247,7	80	17,80%
39	1,41	255	159,5	74	15,26%	89	2,22	209	251,1	80	18,22%
40	1,43	257	161,7	74	15,60%	90	2,20	208	248,8	80	17,97%
41	1,41	256	159,5	74	15,32%	91	2,23	213	252,2	80	18,65%
42	1,44	258	162,9	74	15,77%	92	2,42	197	273,7	81	18,49%
43	1,40	259	158,3	74	15,39%	93	2,45	203	277,1	81	19,29%
44	1,60	248	181,0	75	16,62%	94	2,46	201	278,2	81	19,18%
45	1,56	250	176,4	75	16,34%	95	2,41	202	272,6	81	18,88%
46	1,61	254	182,1	75	17,13%	96	2,44	199	276,0	81	18,83%
47	1,59	251	179,8	75	16,72%	97	2,43	207	274,8	84	18,81%
48	1,60	253	181,0	75	16,96%	98	2,43	212	274,8	84	19,27%
49	1,57	252	177,6	75	16,57%	99	2,45	207	277,1	84	18,97%
50	1,49	247	168,5	76	15,21%	100	2,41	208	272,6	84	18,75%

Výkonový stupeň 1											
Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost	Měření	Rychlost proudění	Rozdíl tlaku	Objemový průtok	příkon	Účinnost
-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%	-	v [m/s]	ΔP [Pa]	V [m ³ /h]	P [W]	%
101	2,41	206	272,6	84	18,57%	151	3,41	75	385,7	83	9,68%
102	2,35	201	265,8	84	17,67%	152	3,40	79	384,5	83	10,17%
103	2,33	194	263,5	84	16,91%	153	3,39	80	383,4	83	10,27%
104	2,44	202	276,0	84	18,43%	154	3,43	76	387,9	83	9,87%
105	2,45	200	277,1	84	18,33%	155	3,38	78	382,3	83	9,98%
106	2,39	198	270,3	84	17,70%	156	3,62	71	409,4	83	9,73%
107	2,64	201	298,6	84	19,85%	157	3,59	67	406,0	83	9,10%
108	2,58	181	291,8	84	17,47%	158	3,61	72	408,3	83	9,84%
109	2,60	176	294,1	84	17,11%	159	3,58	69	404,9	83	9,35%
110	2,60	173	294,1	84	16,82%	160	3,60	74	407,2	83	10,08%
111	2,65	171	299,7	84	16,95%	161	3,92	64	443,3	83	9,50%
112	2,77	175	313,3	84	18,13%	162	3,81	60	430,9	83	8,65%
113	2,55	161	288,4	84	15,35%	163	3,84	65	434,3	83	9,45%
114	2,66	159	300,8	84	15,82%	164	3,82	62	432,0	83	8,96%
115	2,64	158	298,6	84	15,60%	165	3,86	61	436,6	83	8,91%
116	2,65	160	299,7	84	15,86%	166	4,05	50	458,0	83	7,66%
117	2,63	163	297,4	84	16,03%	167	4,01	54	453,5	83	8,20%
118	2,55	155	288,4	84	14,78%	168	4,02	57	454,7	83	8,67%
119	2,77	152	313,3	84	15,75%	169	4,05	51	458,0	83	7,82%
120	2,73	150	308,8	84	15,32%	170	4,03	59	455,8	83	9,00%
121	2,72	156	307,6	84	15,87%	171	4,12	47	466,0	83	7,33%
122	2,71	147	306,5	84	14,90%	172	4,14	45	468,2	83	7,05%
123	2,66	143	300,8	84	14,23%	173	4,07	46	460,3	83	7,09%
124	2,72	147	307,6	84	14,95%	174	4,11	42	464,8	83	6,53%
125	2,70	140	305,4	84	14,14%	175	4,08	44	461,4	83	6,79%
126	2,75	135	311,0	84	13,88%	176	4,10	41	463,7	84	6,29%
127	2,86	137	323,5	84	14,65%	177	4,07	43	460,3	84	6,55%
128	2,85	126	322,3	83	13,59%	178	4,11	45	464,8	84	6,92%
129	2,90	125	328,0	83	13,72%	179	4,09	42	462,6	84	6,42%
130	2,88	124	325,7	83	13,52%	180	4,10	40	463,7	84	6,13%
131	2,86	128	323,5	83	13,86%	181	4,29	41	485,2	84	6,58%
132	2,84	129	321,2	83	13,87%	182	4,31	35	487,4	84	5,64%
133	2,95	107	333,6	83	11,95%	183	4,35	38	492,0	84	6,18%
134	2,99	109	338,2	83	12,34%	184	4,31	35	487,4	84	5,64%
135	3,00	110	339,3	83	12,49%	185	4,32	37	488,6	84	5,98%
136	2,98	106	337,0	83	11,96%	186	4,52	30	511,2	83	5,13%
137	2,96	111	334,8	83	12,44%	187	4,53	27	512,3	83	4,63%
138	2,95	113	333,6	83	12,62%	188	4,54	25	513,5	83	4,30%
139	3,08	99	348,3	83	11,54%	189	4,51	27	510,1	83	4,61%
140	3,09	100	349,5	83	11,70%	190	4,50	26	508,9	83	4,43%
141	3,06	98	346,1	83	11,35%	191	4,66	23	527,0	82	4,11%
142	3,08	101	348,3	83	11,77%	192	4,60	17	520,2	82	3,00%
143	3,05	96	344,9	83	11,08%	193	4,61	20	521,4	82	3,53%
144	3,07	98	347,2	83	11,39%	194	4,65	19	525,9	82	3,38%
145	3,26	86	368,7	83	10,61%	195	4,64	18	524,8	82	3,20%
146	3,28	87	371,0	83	10,80%	196	4,84	16	547,4	82	2,97%
147	3,25	88	367,6	83	10,83%	197	4,85	17	548,5	82	3,16%
148	3,28	85	371,0	83	10,55%	198	4,82	18	545,1	82	3,32%
149	3,27	91	369,8	83	11,26%	199	4,86	16	549,7	82	2,98%
150	3,35	80	378,9	83	10,14%	200	4,88	19	551,9	82	3,55%