



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE

HEAT RECOVERY IN VENTILATION SYSTEMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Klučáková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



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

Student	Bc. Markéta Klučáková
Název	Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice
Vedoucí práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

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

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení (5 až 10 stran)

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 (25 až 30 stran včetně grafické části)

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 (v tématech zaměřených na energetickou náročnost budou využívány metody energetického auditu a aktuální legislativy)

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.;

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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

ABSTRAKT

V diplomové práci je zpracován návrh vzduchotechniky se zpětným získáváním tepla v tělocvičně a přilehlých šatnách. Dále je zde zpracováno experimentální měření teploty a relativní vlhkosti v průběhu jednoho roku ve vzduchotechnické jednotce s výměníkem zpětného získávání tepla.

PREFACE

The diploma thesis solves a project of air-conditioning with heat recovery in the gym and adjacent dressing rooms. Furthermore, experimental measurement of temperature and relative humidity is carried out in one year in an air-conditioning device with a heat recovery heat exchanger.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vzduchotechnika, nucené větrání, zpětné získávání tepla, tělocvična.

KEY WORDS

Air conditioning, forced ventilation, heat recovery, gym.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Markéta Klučáková *Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice*. Brno, 2018. 98 s., 23 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 12. 1. 2018

Bc. Markéta Klučáková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za odborné rady, které mi poskytla při konzultacích. Velký dík také patří mé rodině za podporu. Velmi si toho vážím.

OBSAH

ÚVOD	12
1 TEORETICKÁ ČÁST	13
1.1 ÚVOD DO TEORETICKÉ ČÁSTI.....	13
1.2 PRINCIP ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA.....	13
1.3 ÚČINNOST.....	15
1.4 LEGISLATIVA	16
1.5 VÝMĚNÍKY ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	18
1.6 REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY	18
1.6.1 DESKOVÝ VÝMĚNÍK.....	18
1.6.2 TRUBKOVÝ VÝMĚNÍK.....	19
1.6.3 LAMELOVÝ VÝMĚNÍK S KAPALINOVÝM OKRUHEM	20
1.6.4 TEPELNÉ TRUBICE.....	21
1.7 REGENERAČNÍ VÝMĚNÍKY	21
1.7.1 ROTAČNÍ VÝMĚNÍK	21
1.7.2 PŘEPÍNAČÍ VÝMĚNÍK	22
1.8 ENTALPICKÝ VÝMĚNÍK.....	23
1.9 TEPELNÉ ČERPADLO	24
1.10 NAMRZÁNÍ VÝMĚNÍKŮ.....	25
1.11 REGULACE.....	26
1.12 POSTUP PŘI NÁVRHU ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	26
1.13 EKONOMIE ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA	27
1.14 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	27
2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	29
2.1 ÚVOD.....	29
2.2 ANALÝZA OBJEKTU	29
2.2.1 POPIS OBJEKTU	29
2.2.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	29
2.2.3 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY	29
2.3 PRŮTOK VZDUCHU.....	30
2.4 KONCOVÉ PRVKY PŘÍVODU A ODVODU VZDUCHU	32
2.4.1 KONCOVÉ PRVKY V TĚLOCVIČNĚ.....	33
2.4.2 OSTATNÍ KONCOVÉ PRVKY	35
2.5 DIMENZOVNÍ POTRUBÍ	37
2.5.1 IZOLACE POTRUBÍ.....	41
2.6 NÁVRH VZT JEDNOTEK.....	41
2.6.1 ZAŘÍZENÍ 1.....	41
2.6.2 ZAŘÍZENÍ 2.....	43

2.7	ÚPRAVA VZDUCHU.....	45
2.8	ÚTLUM HLUKU	59
2.8.1	HLUK V POTRUBÍ	59
2.8.2	HLUK DO OKOLÍ.....	63
2.9	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	64
2.9.1	ÚVOD DO TECHNICKÉ ZPRÁVY	64
2.9.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	65
2.9.1.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ.....	65
2.9.1.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	65
2.9.2	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	65
2.9.2.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE.....	65
2.9.2.2	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	66
2.9.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....	66
2.9.3.1	KONCEPCE VĚTRACÍCH ZAŘÍZENÍ	66
2.9.4	NÁROKY NA ENERGIE	67
2.9.5	MĚŘENÍ A REGULACE	67
2.9.6	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE.....	67
2.9.6.1	STAVEBNÍ ÚPRAVY	67
2.9.6.2	SILNOPROUD.....	68
2.9.6.3	VYTÁPĚNÍ	68
2.9.6.4	ZDRAVOTNÍ TECHNIKA.....	68
2.9.7	PROTIHLUKOVÁ A PROTITŘESOVÁ OPATŘENÍ	68
2.9.8	IZOLACE A NÁTĚRY	68
2.9.9	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	68
2.9.10	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	68
2.9.11	ZÁVĚR TECHNICKÉ ZPRÁVY	68
3	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ	69
3.1	ÚVOD.....	69
3.2	POPIS SITUACE V MĚŘENÉM PROSTŘEDÍ.....	69
3.2.1	POPIS VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	70
3.3	POSTUP MĚŘENÍ	74
3.4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	74
3.4.1	POPIS TRENDU	75
3.4.2	ANGLICKÝ DVOREK.....	76
3.4.3	MĚRNÁ VLHKOST	78
3.4.4	ÚČINNOST.....	84
3.5	VÝKON VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	87
3.5.1	MĚŘENÍ RYCHLOSTI.....	87
3.5.2	VÝPOČET VÝKONU VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY.....	88
3.6	ZÁVĚR EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI	89
	ZÁVĚR.....	91
4	POUŽITÉ ZDROJE.....	92
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	95

6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	96
PŘÍLOHY	99

ÚVOD

V této diplomové práci se zabývám zpětným získáváním tepla ve vzduchotechnice. Jde o neustále se rozvíjející obor, který má velký podíl na šetření energií. Toto téma je rozebráno v teoretické části diplomové práce.

Druhá část diplomové práce je návrh vzduchotechniky se zpětným získáváním tepla v tělocvičně a jejím zázemí. Navrženou část obsluhují dvě vzduchotechnická zařízení, každá s jiným typem výměníku zpětného získávání tepla.

Poslední částí diplomové práce je experiment, ve kterém analyzuji vzduchotechnickou jednotku s deskovým výměníkem zpětného získávání tepla, která je umístěna v archivu v budově Fakulty stavební. Jedná se o porovnávání teplot a relativních vlhkostí v různých částech vzduchotechnické jednotky.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Úvod do teoretické části

Vzduchotechniku využívaly lidé už ve starověkém Římě. Už tenkrát chápaly princip průduchů s horkým vzduchem, které oteplovaly stěny obytných místností. Od té doby došlo ve vzduchotechnice ke značnému pokroku. Dnes je tento neustále se rozvíjející obor stěžejní částí stavebnictví.

Teplý vzduch je dnes rozváděn po objektu potrubím a k distribuci vzduchu slouží koncové elementy jako anemostaty, talířové ventily nebo štěrby v potrubí. Vzduch je poté z objektu jiným potrubím odváděn. Spolu se vzduchem je ale odváděno i teplo, které bylo za cenu velkých nákladů vyrobeno. Když si lidé uvědomili tuto velkou tepelnou ztrátu, měli snahu celý systém zefektivnit tak, aby ke ztrátám docházelo co nejméně. Ušetří se tak peníze za vytápění, za zdroj tepla, který nebude tolik opotřebováván a také za primární zdroje, ze kterých se teplo vyrábí.

Začalo se tedy s využíváním zpětného získávání tepla ve formě výměníků, které byly instalovány do vzduchotechnických jednotek. První výměníky zpětného získávání tepla byly trubkové a deskové. Postupně byly vynalezeny další druhy výměníků se snahou o co nejvyšší účinnost a ekonomičnost nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

V teoretické části diplomové práce se zaměřím právě na téma zpětného získávání tepla. Rozeberu princip zpětného získávání tepla, legislativní požadavky a různé typy výměníků zpětného získávání tepla. Dále se budu zabývat návrhem a ekonomikou zpětného získávání tepla.

1.2 Princip zpětného získávání tepla

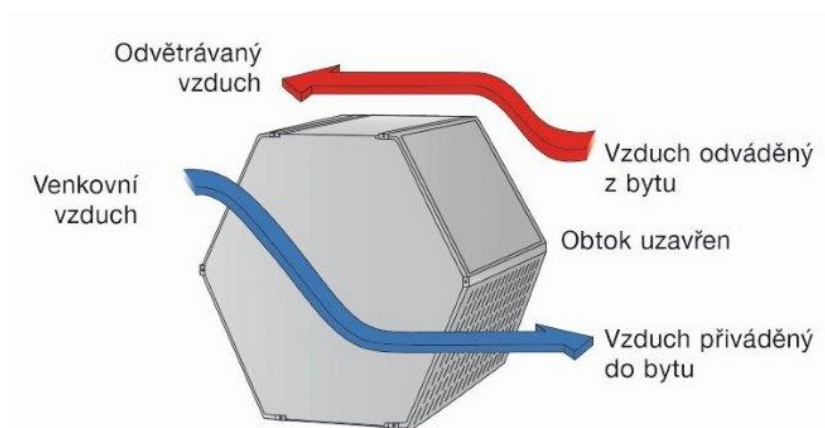
Zpětné získávání tepla je systém používaný v řadě technických oborů. Dle definice je to proces, při kterém se ze vzduchu, který se odvádí za určitým účelem z budovy, odebírá teplo a toto teplo se předává do vzduchu, který se do objektu přivádí, a jež nahrazuje odváděný vzduch. Princip zpětného získávání tepla je patrný z následujícího obrázku.



Obrázek 1 Princip zpětného získávání tepla

Ve výměníku dochází ke střetnutí přiváděného venkovního vzduchu a odváděného znehodnoceného vzduchu. Odváděný vzduch je teplejší než přiváděný. Ve výměníku dochází k tepelné výměně a teplo je předáno z odváděného vzduchu do přiváděného. Takto je do místnosti přiváděn předehřátý vzduch, který už není nutné tolik ohřívat a tím dochází k úspoře tepla, energie a financí.

V letním období je systém zpětného získávání tepla také využitelný. Během chladnějších nocí je možné vedle normálního větrání okny používat i nucené větrání s automatickou funkcí obtoku, jinak se vyplatí využívat systém větrání se zpětným získáváním tepla. Tento obtok vede odváděný vzduch okolo výměníku tepla, tím se zamezí, aby se přiváděný chladnější vzduch ohříval teplým odváděným vzduchem. Parametry pro automatické zapnutí obtoku jsou zpravidla nastaveny ovládací jednotkou.



Obrázek 2 Funkce obtoku v letním období

Významnou oblastí zpětného získávání tepla je průmysl. Typické je to především v hutnictví, kde je vzduch, vstupující do pecí, předehříván teplem odcházejících kouřových plynů. Tyto systémy se používají, protože k ohřátí médií je třeba mnoho energie, jíž je možno z odpadních plynů získat. Postupem času se se zpětné získávání tepla rozšířilo také do občanských staveb, kde dochází k velké spotřebě tepelné energie, kvůli velkým prostorům s velkou kapacitou osob.

V některých občanských stavbách, jako jsou stavby pro zdravotní a sociální péči, jsou větší požadavky na teplotu nebo kvalitu prostředí. Do vzduchotechnických jednotek jsou tedy instalovány zvlhčovače vzduchu a speciální filtry. Tato zařízení jsou velmi finančně nákladná, proto je zde snaha o ušetření nákladů na energie a celkovou ekonomičnost provozu. K tomu právě významným dílem dopomáhá výměník zpětného získávání tepla, který ušetří náklady na vytápění.

Zpětně získávat teplo z odpadního vzduchu lze pomocí rekuperace také v rodinných domech nebo bytech. Rekuperace řeší dilema mezi potřebou čerstvého větru a ztrátou tepla, o nějž přicházíme během intenzivního větrání. Aby bylo běžné větrání otevřenými okny dostačující a hygienické, mělo by být okno otevřené asi hodinu. Při takovémto větrání se ztratí 50 až 75 % tepla.

Nucené větrání se zpětným získáváním tepla zajišťuje větrání objektu a šetří náklady na vytápění. Je to hlavní výhoda tohoto systému. Jako všechny systémy, které se používají, má nucené větrání se zpětným získáváním tepla také několik nevýhod.

Výhody nuceného větrání se zpětným získáváním tepla:

- Omezení tepelných ztrát větráním v objektu
- Zajištění kvality vnitřního prostředí
- Snížení rizika růstu plísní a výskytu bakterií
- Nižší provozní náklady ve srovnání s přirozeným větráním
- Omezení hluku z venkovního prostředí
- Regulace teploty a vlhkosti vzduchu v objektu

Nevýhody nuceného větrání se zpětným získáváním tepla:

- Vysoké pořizovací náklady vzduchotechnického zařízení
- Nutnost údržby (výměna filtrů, čištění potrubí a koncových elementů) a s tím spojené další náklady
- Náročnost a kvalita provedení s ohledem na šíření hluku

1.3 Účinnost

Snahou výrobců výměníků zpětného získávání tepla je, aby výměníky měly co nejvyšší účinnost, tím pádem, aby byla úspora co největší. Pro zpětné získávání tepla se většinou používá koeficient teplotní účinnosti η , který umožňuje snadný výpočet teploty vzduchu za výměníkem. Teplotní účinnost je dvojího druhu, a to přívodní teplotní účinnost a odvodní teplotní účinnost.

Přívodní teplotní účinnost

$$\eta_{\text{přívodní}} = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{i1} - t_{e1}}$$

Kde

t_{e2} – teplota přiváděného vzduchu za výměníkem (°C)

t_{e1} – teplota přiváděného vzduchu před výměníkem (°C)

t_{i1} – teplota odváděného vzduchu před výměníkem (°C)

Odvodní teplotní účinnost

$$\eta_{\text{odvodní}} = \frac{t_{i1} - t_{i2}}{t_{i1} - t_{e1}}$$

Kde

t_{i1} – teplota odváděného vzduchu před výměníkem (°C)

t_{i2} – teplota odváděného vzduchu za výměníkem (°C)

t_{e1} – teplota přiváděného vzduchu před výměníkem (°C)

Tyto vztahy jsou velmi jednoduché, ale také nepřesné, protože je zde zohledněna pouze teplota vzduchu. Na účinnost zpětného získávání tepla má vliv více faktorů.

Účinnost zařízení zpětného získávání tepla může být velmi výrazně ovlivněna dimenzováním a provozem. Jako u všech výměníků tepla je základním parametrem teplosměnná plocha, tj. velikost výměníku vzhledem k průtoku vzduchu. Je-li pro malý průtok použito velkého výměníku, roste účinnost a klesají tlakové ztráty a naopak.

Na účinnost výměníku mají také velký vliv klimatické podmínky. Při změně teploty nebo vlhkosti venkovního nebo vnitřního vzduchu dochází ke zvýšení nebo snížení účinnosti zpětného získávání tepla. Účinnost, která je uváděna výrobcem je tedy spočítána za určitých klimatických podmínek a mnohdy je nedosažitelná.

Nejčastěji se používají výměníky s účinností 50 až 90 %. Výměníky s účinností nižší než 50 % už nejsou ekonomicky výhodné z hlediska návratnosti. To znamená, že náklady na pořízení a provoz jsou vyšší než úspora při užívání zpětného získávání tepla.

1.4 Legislativa

Minimální možná navrhovaná účinnost zpětného získávání tepla je stanovena v normách a směrnících. Dle ČSN 730540-2 je stanoveno, že pokud je celková intenzita výměny vzduchu v objektu větší než $n = 2$ (n je výměna vzduchu za hodinu) po dobu nejméně 8 hodin denně, požaduje se zpětné získávání tepla s účinností minimálně 60 %. Při výměně vzduchu větší než $n = 1$, ČSN 730540-2 zpětné získávání tepla v objektu doporučuje.

Podle platné právní úpravy nejsou ČSN obecně závazné, ale poskytují pravidla a směrnice pro dosažení optimálního stupně uspořádání pro obecné a opakované činnosti ve vymezených souvislostech. Některé právní předpisy se na ně ale odkazují.

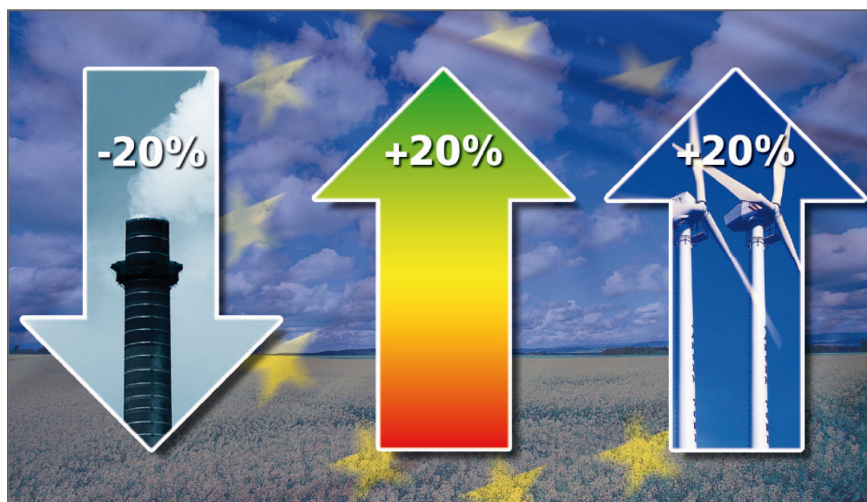
Ekodesign dle směrnice 1253/2014/ES vyžaduje, aby větrací jednotky pro jiné než obytné budovy byly povinně vybaveny systémem zpětného získávání tepla s minimální účinností $\eta_{t,ZZT} = 67\%$ (platné od 1. ledna 2016) a $\eta_{t,ZZT} = 73\%$ (platné od 1. ledna 2018).

Podstatou Ekodesignu je zpravidla definice jistých přípustných hodnot energetické náročnosti a účinnosti během provozu, tedy především efektivnější konečné spotřebě elektrické energie. Normy Ekodesignu vznikají při procesu schválení Evropskou komisí, která vydává nařízení. Jde o požadavky na maximální energetickou efektivitu.

Legislativní nařízení by ale neměly být jedinou motivací pro zlepšování efektivnosti a ekonomičnosti šetření energií a energetických zdrojů, k čemuž napomáhá mimo jiné zpětné získávání tepla v nuceném větrání.

Evropská unie se například zavázala dosáhnout vytyčených cílů s názvem 20-20-20. Tyto cíle jsou:

- Snížit emise skleníkových plynů nejméně o 20 % do roku 2020 v porovnání s rokem 1990
- Zvýšit energetickou účinnost vybraných výrobků o 20 % do roku 2020
- Zvýšit podíl energie získané z obnovitelných zdrojů energie (OZE) na 20 % do roku 2020



Obrázek 3 Cíle EU s názvem 20-20-20

Hlavním právním předpisem pro vznik těchto požadavků souvisejících se zavedením systému obchodování s emisemi je směrnice 2003/87/ES, na kterou navázala směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES s požadavky na Ekodesign.

Česká republika získala finanční prostředky na program Nová zelená úsporám. V rámci Programu jsou podporována opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti budov, mimo jiné také instalace technologií využívajících obnovitelné zdroje energie a rekuperace tepla z odpadního vzduchu. Tedy instalace jednotek nuceného větrání se zpětným získáváním tepla. Instalace jednotky je podmínkou pro získání maximální dotace ve výši 50 % nákladů na snížení energetické náročnosti domu.



Obrázek 4 Logo programu Nová zelená úsporám

1.5 Výměníky zpětného získávání tepla

Existuje několik typů výměníků zpětného získávání tepla. Liší se konstrukcí, mechanismem předávání energie nebo účinností. Základní dělení výměníků je na rekuperační, regenerační, entalpické a tepelné čerpadlo. Rekuperační výměníky se dále dělí na výměníky s přímou výměnou tepla (deskový výměník, trubkový výměník) a výměnou pomocí teponosné látky (lamelové výměníky s kapalinovým okruhem, tepelné trubice). Mezi regenerační výměníky patří rotační výměník a přepínací výměník.

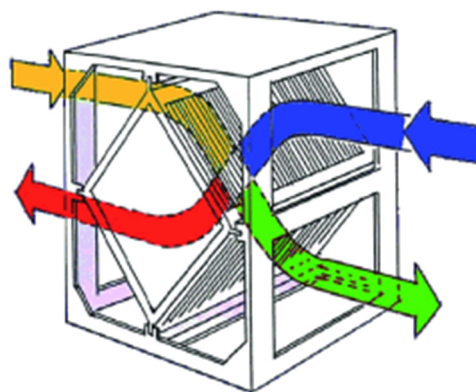
1.6 Rekuperační výměníky

Principem rekuperačních výměníků je předávání pouze citelného tepla. Nedochozí ke střetu proudů přiváděného a odváděného vzduchu. Citelné teplo je předáváno pomocí nějakého zařízení.

1.6.1 Deskový výměník

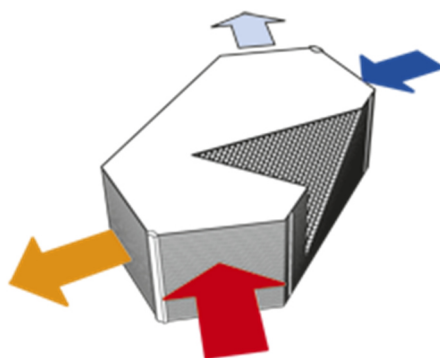
Jedná se o nejrozšířenější výměník zpětného získávání tepla. Základní konstrukcí je sada rovnoběžných desek, mezi kterými se střídá teplý vzduch a chladný vzduch. Tepelná energie je předávána přestupem, prostupem a vedením. Desky tvoří teplosměnnou plochu výměníku, materiálem bývá pozinkovaný plech, ocel, hliník nebo plast. Desky jsou mezi sebou mechanicky spojeny pomocí lepeného, vařeného nebo pájeného spoje tak, aby tvořily kanálky, kterými protéká čerstvý přívodní a odváděný odpadní vzduch. Velikost teplosměnné plochy je parametrem účinnosti výměníku, ale s rostoucí teplosměnnou plochou roste také tlaková ztráta a finanční náklady.

Vyrábí se více tvarů deskových výměníků. Běžný tvar je čtvercový, ve kterém dochází ke křížení proudů vzduchu. Křížový deskový výměník má účinnost 40 až 60 %. Pro vyšší účinnost je možné osazení dvou křížových výměníků za sebe.



Obrázek 5 Křížový deskový výměník

Účinnější variantou deskového výměníku je šestihranný protiproudý výměník. Vzhledem k delší konstrukci je větší teplosměnná plocha výměníku. Účinnost se pohybuje mezi 80 a 90 %. U těchto výměníků je ale vyšší tlaková ztráta, která se zvyšuje s délkou výměníku.



Obrázek 6 Šestihranný deskový výměník

Výhodou deskových výměníků je jednoduchost výroby a široké využití. Výměníky jsou vhodné pro menší objekty, ale uplatnění najdou také v průmyslu nebo zdravotnictví. Další výhodou je, že výměníky neobsahují žádné pohyblivé části, které by potřebovaly externí zdroj. Proudění vzduchu jsou bezpečně odděleny, takže nedochází k přenosu případných škodlivin.

Deskové výměníky jsou vybaveny obtokovou klapkou, která je žádoucí v letním období, kdy je venkovní teplota vyšší než v interiéru. Obtoková klapka zabráňuje nežádoucí zvýšené tlakové ztrátě a přenosu tepla do přívodního vzduchu. Součástí deskového výměníku je také eliminátor kapek a kondenzátní vana.

1.6.2 Trubkový výměník

Trubkové výměníky zpětného získávání tepla jsou svým principem podobné deskovým výměníkům, ale teplosměnnou plochou je svazek trubek, kterými protéká vzduch a z vnější strany je svazek obtékán vzduchem přiváděným.

Výhodou trubek je jejich pevnost, můžou tedy být použity materiály jako sklo nebo plast. Další výhodou je snadné čištění, proto mohou být použity pro odvod znečištěného vzduchu. V praxi se trubkové výměníky zpětného získávání tepla nejčastěji používají v technologických provozech a chemickém průmyslu, kde je dobrá čistitelnost a mechanická odolnost důležitá pro provoz, který počítá se značně znečištěným vzduchem částicemi, spalinami či jinými látkami, které zanáší rychleji výměníky.

Vzhledem k tvaru mají trubkové výměníky menší teplosměnnou plochu než deskové výměníky a tím pádem menší účinnost, která se pohybuje mezi 30 a 50 %.



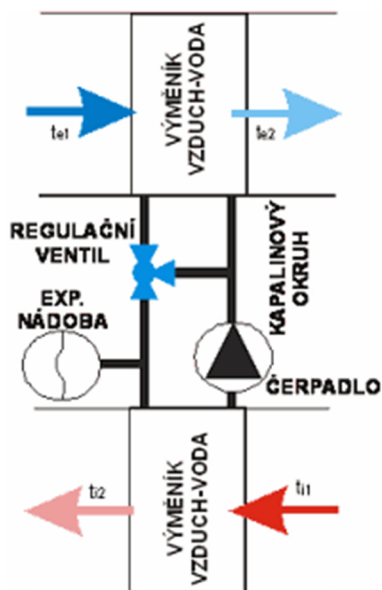
Obrázek 7 Trubkový výměník

1.6.3 Lamelový výměník s kapalinovým okruhem

Výměník se skládá ze dvou samostatných výměníků z lamelových trubek propojených potrubím, jímž proudí voda nebo nemrznoucí kapalina, expanzní nádobou a čerpadlem. Jedním z lamelových výměníků protéká teplý odváděný vzduch, druhým lamelovým výměníkem přiváděný vzduch. Oba proudy jsou od sebe úplně odděleny, jde tedy o bezpečný systém zpětného získávání tepla, který se může využít k odvodu škodlivin. Další výhodou je, že přívodní a odvodní potrubí můžou být libovolně vzdálená. Na každém potrubí je jeden výměník a jsou propojeny čerpadlem. Nevýhodou je právě čerpadlo, které potřebuje energii pro pohyb teplotnosné látky.

Účinnost přenosu tepla běžných systémů se pohybuje mezi 40 a 50 %. Vyrábí se i systémy s velkým počtem řad, které dosahují účinnosti až 70 %, nejsou ale běžně používány.

Tento systém je výhodný při doplnění zpětného získávání tepla do nuceného větrání bez změny trasy rozvodů.



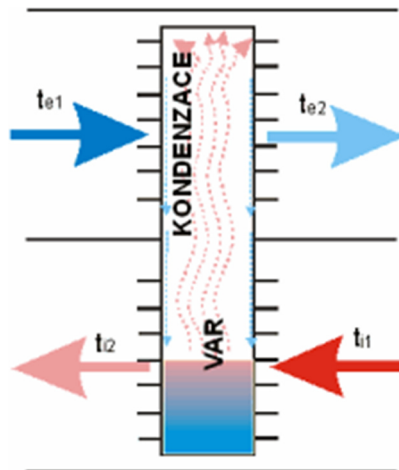
Obrázek 8 Lamelový výměník s kapalinovým okruhem

1.6.4 Tepelné trubice

Jedná se o systém zpětného získávání tepla s přirozeným oběhem chladiva. Je tvořen uzavřenou trubicí, její horní polovina je v proudu přiváděného vzduchu a její spodní polovina v proudu odváděného vzduchu. V uzavřené trubici je chladivo, u kterého ve spodní části trubice dochází k varu a tím k odpařování chladiva vlivem tepla v proudu odváděného vzduchu. Naopak v horní části trubice dochází ke kondenzaci par chladiva vlivem studeného proudu přiváděného vzduchu. Zkondenzované chladivo stéká po stěně trubky zpět do spodní části. Proces se neustále opakuje. Trubice je na povrchu opatřena žebry pro snadnější přenos tepla ze vzduchu do trubice.

Existuje i varianta, kdy je tepelná trubice ve vodorovné poloze. Zde se místo gravitačních sil uplatňují pro přenos tepla kapilární síly.

Účinnost tepelných trubice se pohybuje do 65 %. Velkou výhodou je, že k pohybu náplně v trubici není potřeba žádný pohon. Další výhodou je jednoduchost a snadná čistitelnost zařízení. Nevýhodou je blízkost studeného a teplého proudu vzduchu a zajištění těsnosti rozhraní proudů.



Obrázek 9 Tepelná trubice

1.7 Regenerační výměníky

Principem regeneračního výměníku je předávání tepla pomocí akumulační hmoty. Tepelná energie je ve hmotě uložena a následně opět vydána. Jedná se o opakující proces. Regenerační výměníky tímto způsobem přenáší jak citelné, tak vázané teplo. Regenerační výměníky tedy kromě tepla z odváděného vzduchu předávají taky vlhkost. Tato skutečnost je pro některé místnosti výhodou, pro některé přítěží.

1.7.1 Rotační výměník

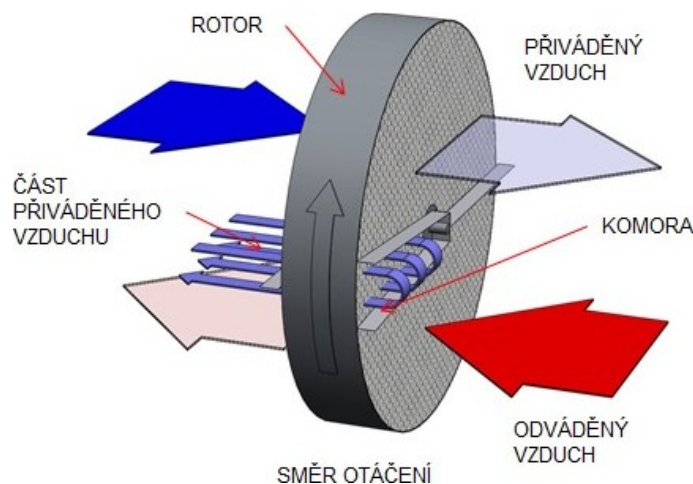
Rotační výměník patří k nejpoužívanějším výměníkům zpětného získávání tepla. Velkou výhodou je vysoká účinnost a malé rozměry z hlediska zastavěnosti prostoru ve vzduchotechnické jednotce. Jde totiž o válec široký 100 až 300 mm. Konstrukčně se jedná o rotující akumulační hmotu upevněnou v rámu. Akumulační hmotu poháněna elektrickým motorem, který zajišťuje otáčení hmoty. Rotující akumulační hmotu regeneračního výměníku s drobnými kanálky rotuje mezi proudem přiváděného a odváděného vzduchu. Při průchodu z odváděného do při-

váděného vzduchu prochází rotor tzv. pročišťovací zónou. Zde jsou kanálky profukovány proudem čistého vzduchu, čímž se snižuje přenos nečistot z odváděného vzduchu. Rotační výměníky je možné snadno regulovat nebo zcela vypnout změnou otáček. Aby se zabránilo nestejněmu opotřebení rotoru, zajišťuje většinou regulace občasné otočení rotoru i v době, kdy je mimo provoz.

Rotor se vyrábí z plechu, plastu nebo tvrzené papíroviny. Tyto materiály jsou křehké, proto je nutné dbát zvýšené opatrnosti při ukládání rotoru do zařízení. V rotačních výměnících nejsou proudy přiváděného a odváděného vzduchu bezpečně odděleny a existuje proto vysoké riziko přenosu škodlivin. Z toho důvodu nejsou rotační výměníky vhodné pro případy, kde je odváděný vzduch znečištěn pachy, zárodky, vlákny, prachem, tukem či olejem.

Účinnost rotačních výměníků se pohybuje mezi 60 a 80 % v přenosu tepla. Účinnost přenosu vlhkosti je jen okolo 20 %. Je ale možné aplikovat na hmotu rotoru hydrofobickou vrstvu, která zvýší vlhkostní účinnost až na 60 %.

Nevýhodou rotačního výměníku je potřeba elektrického pohonu pro otáčení rotoru. Výměník také nelze použít pro odvod vzduchu s vysokou relativní vlhkostí. Může zde dojít ke kondenzaci, která by mohla poničit rotor a při nízkých teplotách by mohlo dojít k jeho zamrznutí.



Obrázek 10 Rotační výměník

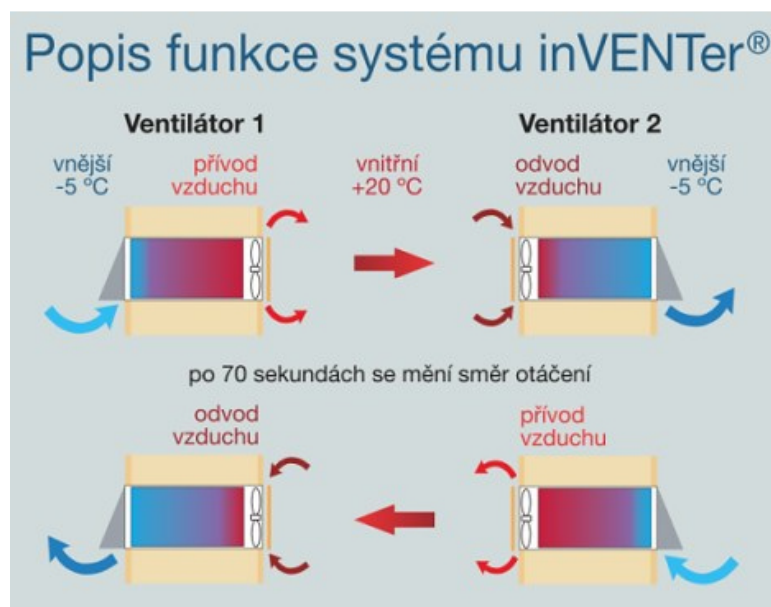
1.7.2 Přepínací výměník

Jde o regenerační výměník, ve kterém akumulční hmota zůstává ve stejné poloze a mění se proudy vzduchu na rozdíl od rotačního výměníku, kde je hmota v pohybu. Jedná se o dvě komory naplněné akumulční hmotou, přes které střídavě proudí přiváděný a odváděný vzduch. Přepínání se děje na základě sestavy klapky, která přepíná přiváděný a odváděný vzduch tak, aby procházel přes tyto komory střídavě.

Nevýhodou těchto zařízení je, že vždy část vzduchu se dostává při přepínání z akumulční hmoty a klapkové sekce zpět. To znamená, že čerstvý venkovní vzduch se dostává zpět ven do venkovního prostředí a vnitřní odsávaný vzduch se dostává zpět do vnitřního prostoru. Další nevýhodou je, že u přepínacích výměníků nelze zabránit přenosu škodlivin z odváděného vzduchu

do vzduchu přiváděného, proto je lze použít pouze v případě, že odváděný vzduch není znečištěn, nebo tam, kde je nízký přenos škodlivin přípustný. Přepínací výměníky mají také složitou konstrukci a poměrně velké rozměry.

Teplotní účinnost přepínacích výměníků je 60 až 90 %, vlhkostní účinnost může být 50 až 70 %.



Obrázek 11 Popis funkce přepínacího výměníku



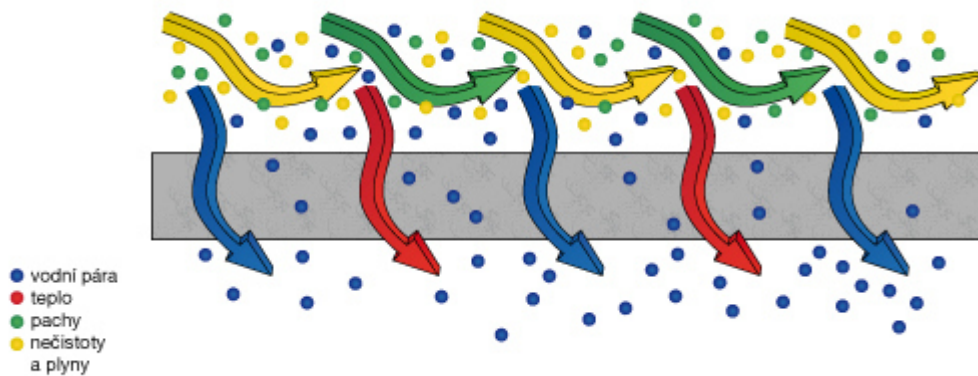
Obrázek 12 Přepínací výměník

1.8 Entalpický výměník

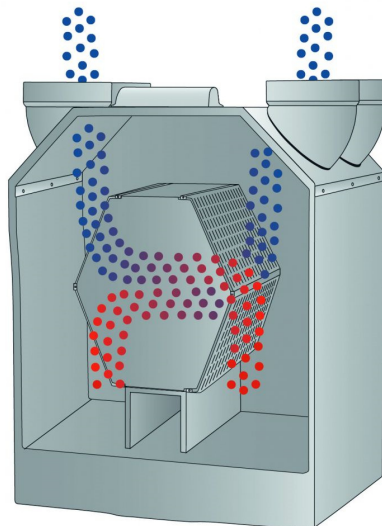
Entalpický výměník je speciálním typem výměníku zpětného získávání tepla. Vzhledem je podobný deskovému výměníku, ale na rozdíl od něj přenáší nejen citelné teplo, ale i vázané teplo ve vzdušné vlhkosti. Na rozdíl od regeneračních výměníků je zajištěn pouze přenos molekul vody. Entalpické výměníky jsou vyráběny z pórovitých materiálů, jako papír nebo speciální umělé hmoty. Díky membránové konstrukci, dovolí přenos molekul vody, avšak zamezí přenosu nežádoucích plynů a agencií, které mají větší rozměr molekul než molekula vodní páry. Vzdušná vlhkost se přenáší z místa s vyšší vlhkostí do místa s nižší vlhkostí.

Entalpické výměníky se vyrábějí ve čtvercovém provedení s křížovým proudem vzduchu nebo v šestihranném provedení s protiproudem vzduchu. Výhodou je jejich schopnost pracovat až do teploty -10° bez namrznutí. Nevýhodou u výměníků vyrobených ze speciálního papíru je možnost poškození při nadměrné vlhkosti. Další nevýhodou je zanášení výměníku v prostředí s nadměrnou prašností.

Entalpický výměník má velmi vysokou účinnost. Z hlediska přenosu tepla dosahuje účinnosti přes 90 %. Vlhkostní účinnost výměníku je přes 80 %. Jeho vlhkostní účinnost se uplatní v prostorách s nízkou relativní vlhkostí vzduchu a v zimním období, kdy je relativní vlhkost vzduchu nízká.



Obrázek 13 Funkce entalpického výměníku



Obrázek 14 Entalpický výměník

1.9 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je ekonomicky nejnáročnější způsob zpětného získávání tepla. Funguje na principu přenosu tepla při využití kondenzačního a výparného tepla chladivové náplně za

práce pohonu, kterým je kompresor tepelného čerpadla. Tento způsob využívá obráceného Carnotova cyklu. Výhodou tepelného čerpadla je, že se mohou použít systémy se stavebně oddělenými výměníky výparníku a kondenzátoru. Výměníky mohou být také umístěny v jedné vzduchotechnické jednotce.

Další možností je umístění výměníků tepelného čerpadla ve vzduchotechnických jednotkách s deskovými nebo rotačními výměníky, kde ještě více vychlazují odpadní vzduch za výměníkem zpětného získávání tepla a dohřívají přívodní vzduch za výměníkem. Takováto jednotka pak nemusí mít ohřívač za zpětným získáváním tepla pro dohřátí vzduchu na stejnou teplotu, jako má odváděný vzduch.

V případě dodání externí energie pro kompresor, dosahuje tepelné čerpadlo účinnosti přes 100 %. Jde o takzvaný aktivní systém zpětného získávání tepla.

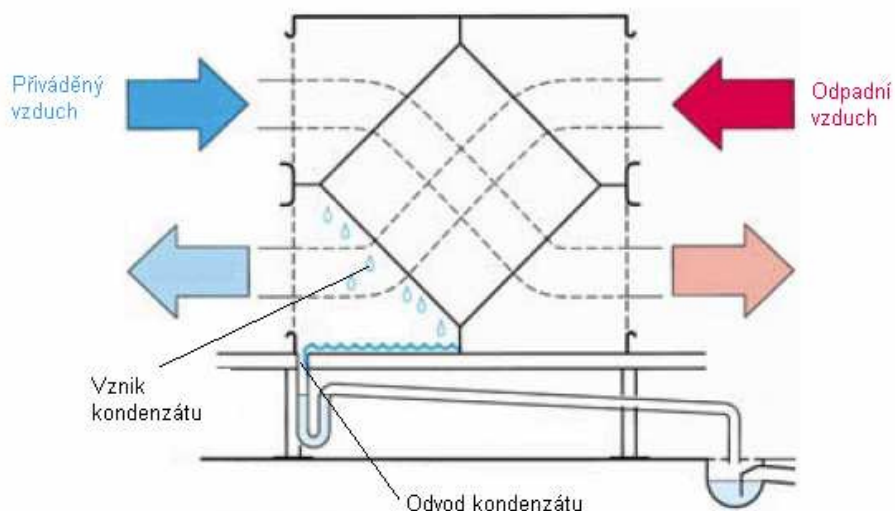


Obrázek 15 VZT jednotka s rotačním výměníkem a tepelným čerpadlem

1.10 Namrzání výměníků

Při aplikacích s teplotami pod bodem mrazu a vlhkým vzduchem může vždy docházet k namrzání výměníků. Je to negativní jev, který se týká také zpětného získávání tepla. Vznikající námraza může mít negativní vliv na průtok vzduchu, přestup tepla a další faktory.

Při provozu deskových výměníků v našich klimatických podmínkách dochází v zimním období velmi často ke kondenzaci vlhkosti z odváděného vzduchu. Kondenzát z výměníků je třeba odvádět přes zápachovou uzávěrku do kanalizace. V případě regeneračních výměníků, u kterých je přestup tepla řešen v opakujících se cyklech, je v běžných podmínkách riziko negativních následků namrzání minimální, a proto se u těchto výměníků většinou neřeší. U rotačních výměníků se při otočení zamrzlá část odmrází a u přepínacích výměníků dojde ke změně směru přiváděného vzduchu za teplejší odváděný, proto se u těchto výměníků ochrana proti zamrzání také nijak neřeší.



Obrázek 16 Odvod kondenzátu deskového výměníku

Obecně je u výměníků zpětného získávání tepla namrzání problémovým jevem, který může mít vliv na funkci zařízení, a dokonce může dojít až k destrukci výměníku. Proto je u tohoto typu výměníků nutné se namrzáním zabývat. Strategie řešení může být různá. Základním typem je cyklické rozmrazování, buď změnou průtoků vzduchu, ohříváním vzduchu, nebo cirkulací vzduchu. Druhým typem je stále zajištění podmínek zabráňujících namrzání. Zajištění podmínek se řeší obtokem, předeřevem, směřováním, případně vhodně umístěným lokálním ohřivačem, například topnými kabely. Opatření proti namrzání obecně snižují účinnost zpětného získávání tepla, a proto správná volba může mít také výrazný vliv na celkové energetické úspory řešení. Obtok nebo předeřev jsou stabilním řešením, ale jejich vliv na účinnost je vyšší. Naopak cyklické odmrazování je příznivější z hlediska změny průměrné účinnosti, ale teplotní a průtoková stabilita systému je nižší.

1.11 Regulace

Regulace je důležitou součástí zpětného získávání tepla. Regulovatelnost soustavy je úzce spojena s efektivitou provozu, kdy složitě a propracované systémy dokáží správně a včas reagovat na změnu podmínek. Regulace je různá u různých typů výměníků zpětného získávání tepla.

Regulovatelnost deskového a entalpického výměníku je obtížná a nepřesná. Jejich regulaci lze řešit obtokem s řízenými klapkami. Naopak dobře regulovatelný je rotační výměník, kde lze měnit otáčky rotoru v závislosti na požadovaném přenosu energie nebo vlhkosti. Dobrou regulovatelnost mají také kapalinové okruhy, kde je možné řídit průtok kapaliny pomocí vhodných ventilů a oběhového čerpadla s plynulou regulací otáček.

1.12 Postup při návrhu zpětného získávání tepla

Aby byl systém zpětného získávání účinný, je třeba pečlivě stanovit všechna kritéria návrhu. Zde je popis návrhu zpětného získávání tepla.

- Kritéria užití zpětného získávání tepla vyplývající z právních předpisů
- Specifikace vstupních hodnot jako jsou klimatické podmínky, provozní doba, limity hluku, průtok vzduchu nebo pořizovací náklady
- Volba varianty zpětného získávání tepla dle vstupních hodnot
- Předběžný návrh výměníků k ekonomickému posouzení
- Ekonomické hodnocení variant se zahrnutým vlivem ceny energií (tepelné a elektrické), doby provozu zařízení, průtoku vzduchu, pořizovacích nákladů, údržby a odpisů
- Výběr optimální varianty, která je nejvhodnější z hlediska ekonomického i technického řešení pro stavební a provozní podmínky
- Podrobný návrh
- Návrh měření a regulace včetně protimrazové ochrany a by-passu

1.13 Ekonomie zpětného získávání tepla

Ekonomie je jedním z hlavních kritérií volby zpětného získávání tepla, správné ekonomické posouzení je ovšem velmi náročný úkol s poměrně nejistými výsledky. Do výpočtu je možné zahrnout mnoho parametrů, které je možné ověřit až realizovanou skutečností.

Jednoduchým ekonomickým vyhodnocením je prostá návratnost investice do zpětného získávání tepla. Je třeba vyhodnotit cenu roční úspory energie na vytápění, vlhčení a případně i chlazení a snížit ji o cenu energie, kterou spotřebovalo vlastní zařízení zpětného získávání tepla. Takto upravená úspora se potom porovná s investičními náklady.

Energie spotřebovaná zařízením zpětného získávání tepla zahrnuje spotřebu elektrické energie pro pohon systému, jako jsou čerpadla vodních okruhů nebo pohon rotačních výměníků, a navýšení spotřeby elektrické energie ventilátorů díky tlakovým ztrátám. Při přesném výpočtu lze zohlednit i to, že většina elektrické energie dodaná do čerpadel a ventilátorů se ve formě tepla dostane do přiváděného vzduchu a je tudíž využita k jeho ohřevu.

Současná praxe ukazuje, že systémy zpětného získávání tepla se vyplatí pro zařízení s delší provozní dobou. Pro zařízení s krátkodobým, nebo občasným provozem se instalace zpětného získávání tepla obvykle nevyplatí, není-li potřebná z jiného důvodu. Vliv na návratnost systému zpětného získávání tepla má jeho provoz, kdy dlouhá nepřerušovaná denní provozní doba pozitivně přispívá ke zkrácení návratnosti, oproti přerušovanému provozu s delší dobou návratnosti.

1.14 Závěr teoretické části

Nucené větrání se zpětným získáváním tepla by mělo být v současné době součástí každé novostavby nebo zásadní rekonstrukce. Existuje řada typů zpětného získávání tepla a lze proto najít zařízení vhodné i pro méně typické aplikace a režimy provozu. Neustále probíhá vývoj zařízení pro zpětné získávání tepla, aby jejich účinnost byla co nejvyšší.

Správným návrhem lze docílit řešení, zohledňující fyzikální, ekonomické i mechanické vlastnosti výměníku zpětného získávání tepla. I přes vysokou pořizovací cenu a delší dobu návratnosti je zpětné získávání tepla výhodné z hlediska dlouhodobé investice, která bude šetřit nejen peníze, ale hlavně energii a tím životní prostředí.

Energetická náročnost je obor, na který je v dnešním čase kladen velký důraz. Dokazuje to zpřísnování norem a vyhlášek, ale také snaha různých organizací o zmenšení spotřeby elektrické a tepelné energie a spotřeby materiálů. Zpětné získávání tepla je toho nedílnou součástí.

2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

2.1 Úvod

V této části diplomové práce se zabývám aplikací tématu na zadané budově. Jde o návrh vzduchotechniky se zpětným získáváním tepla. Cílem je návrh vzduchotechnického zařízení pro dostatečné větrání objektu.

2.2 Analýza objektu

2.2.1 Popis objektu

Objekt se nachází v obci Karviná. Jedná se o tělocvičnu s přilehlým zázemím, která je součástí areálu s několika pavilony. Tělocvična je přístupná z venkovního prostoru i z vnitřního prostoru. Součástí tělocvičny je tribuna pro diváky, na kterou navazuje sklad. Tribuna je přístupná i z venkovního prostoru. Na tělocvičnu navazuje místnost sloužící jako sklad náradí. Z tělocvičny je přístup na chodbu a k šatnám. K dispozici jsou dvě šatny, každá s kapacitou 15 osob, s přilehlou umývárnou. Šatny jsou průchozí, aby nedocházelo ke křížení osob v běžném oděvu a sportovním oděvu a ústí do chodby, ze které je přístup do venkovního prostoru a do dalšího pavilonu. Vedle šaten je WC a u tělocvičny je zřízen bufet s obsluhovacím pultem se zázemím.

2.2.2 Konstrukční řešení

Konstrukční systém objektu je zděný z cihelných bloků s kontaktním zateplením. Obvodové stěny mají tloušťku 300 mm, vnitřní nosné stěny 240 mm a vnitřní nenosné stěny 115 mm. Tělocvična je zastřešena dřevěnými příhradovými vazníky, které tvoří pultovou střechu. Nad bufetem se zázemím a sklady u tělocvičny je plochá střecha. Šatny se zázemím, WC a chodba propojující s dalším areálem jsou také zastřešeny plochou střechou. Nad chodbou spojující tělocvičnu a šatny je vytvořen světlík z oken, který tvoří pultovou střechu.

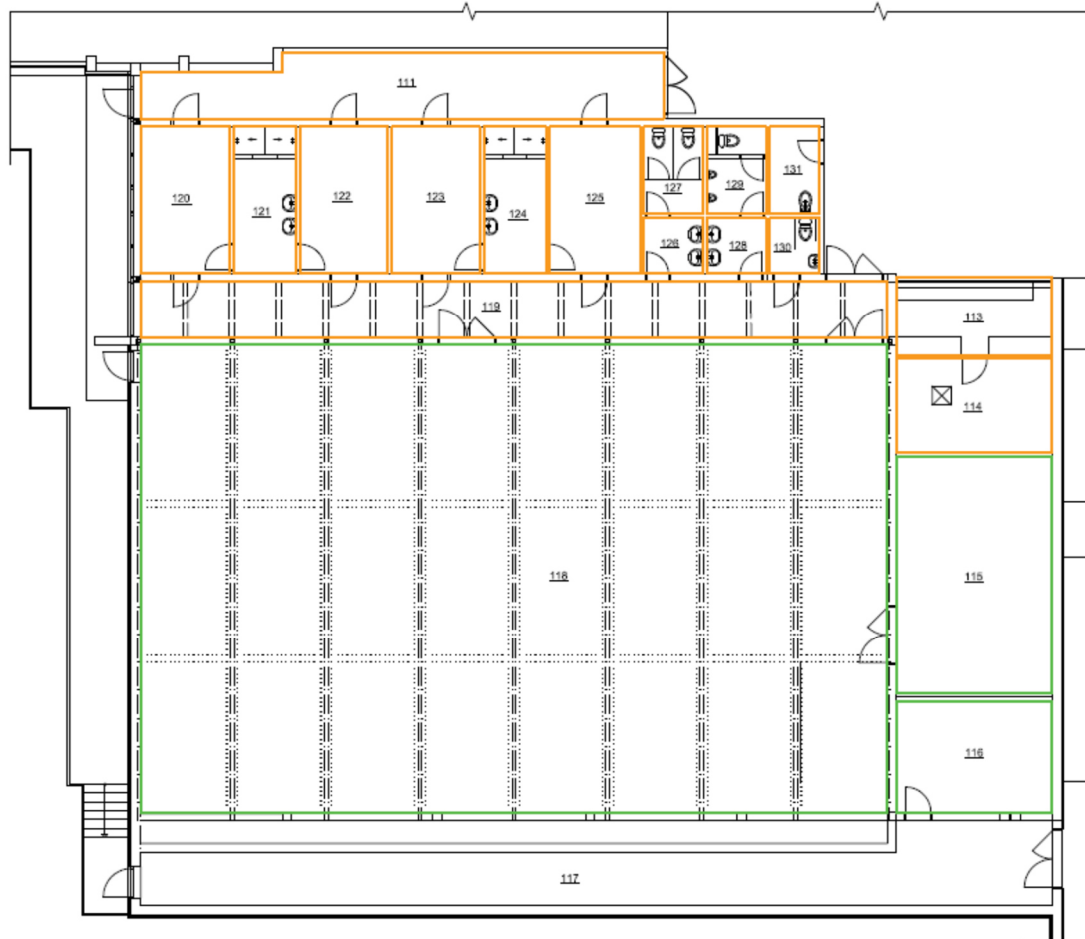
Světlá výška v tělocvičně je 6,1 m. Tribuna má světlou výšku 2,9 m a podlaha je o 1,2 m výš než podlaha v tělocvičně. Stejně výškové poměry jsou i v navazujícím skladu. Mezi tělocvičnou a tribunou jsou ocelové sloupy, které podporují obvodovou stěnu nad tribunou. Sklad náradí vedle tělocvičny má světlou výšku 4,2 m, úroveň podlahy je stejná jako v tělocvičně. Bufet se zázemím má světlou výšku 2,6 m a je zde instalovaný podhled výšky 0,6 m, úroveň podlahy je stejná jako v tělocvičně. Chodba z tělocvičny do šaten, šatny s umývárnami, WC a chodba do dalšího pavilonu mají světlou výšku 2,6 m, úroveň podlahy je stejná jako v tělocvičně. Ve všech místnostech je tloušťka podlahy 100 mm.

2.2.3 Rozdělení na funkční celky

Návrh vzduchotechniky řeší pouze větrání místností. Místnosti jsou rozděleny do dvou funkčních celků, každý celek bude obsluhovat jedno vzduchotechnické zařízení.

Prvním celkem je tělocvična s tribunou a přilehlým skladem a sklad náradí. Druhým celkem je bufet, propojující chodba, šatny s umývárny, WC, chodba do pavilonu a bufet se zázemím.

Obě vzduchotechnické jednotky jsou umístěny na ploché střeše nad sklady a zázemím bufetu vedla tělocvičny. Rozvody vzduchu vedou přes štítovou stěnu do tělocvičny a přes střechu do bufetu a dál do šaten.



Obrázek 17 Rozdělení objektu na funkční celky

2.3 Průtok vzduchu

Obě vzduchotechnické jednotky jsou rovnotlaké. Množství přiváděného vzduchu se rovná množství odváděného vzduchu. Minimální průtoky vzduchu v místnostech jsem volila podle zařizovacích předmětů v umývárny a WC, podle počtu šatních míst v šatnách, podle počtu osob v tělocvičně a podle minimální výměny vzduchu na chodbách, v bufetu a ve skladech.

Průtoky vzduchu jsou upraveny tak, aby byl přívod vzduchu stejný jako odvod vzduchu. Tělocvična je rovnotlaká (navrženo více režimů, viz níže), stejně tak sklad přístupný z tribuny, sklad náradí, bufet a zázemí bufetu. Na tribunu v tělocvičně není přiváděn ani z ní odváděn vzduch, protože zde nejsou přítomny osoby při všech provezech v tělocvičně. Případné osoby na

tribuně pokryje průtok vzduchu v tělocvičně, který je vyšší než minimální potřebný průtok vzduchu. Jsou k dispozici 4 šatny, ze dvou šaten je přístup do jedné umývárny. Přívod vzduchu je v šatnách, odvod vzduchu v umývárně, ve sprchách a vzduch se odvádí také z šatny, aby v umývárně nedocházelo k průvanu. Vždy dvě šatny s umývárnou a sprchami tvoří rovnotlakou buňku. Do chodby mezi tělocvičnou a šatnami je vzduch pouze přiváděn a stejné množství vzduchu je odváděno z WC pro ženy, muže a invalidy a z úklidové místnosti. Chodba do dalšího pavilonu je rovnotlaká.

Průtok vzduchu je uveden následující tabulce.

S – plocha místnosti (m²)

SV – světlá výška místnosti (m)

O – objem místnosti (m³)

V – minimální průtok vzduchu podle množství stanoveného na základě zařizovacích předmětů, šatního místa, osob nebo výměny vzduchu (m³/h)

Tabulka 1 Průtoky vzduchu v objektu

ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA											
Zařízení	Místnost	Účel místnosti	S (m ²)	SV (m)	O (m ³)	Výměna vzduchu (m ³ /h)	Množství	V (m ³ /h)	Přívod (m ³ /h)	Odvod (m ³ /h)	
1	118	Tělocvična	365,0	6,1	2215,6	30/osoba	250	7500	7600	7600	
1	116	Sklad	18,4	2,9	53,3	2x/h		110	150	150	
1	115	Sklad nářadní	38,1	4,2	160,1	2x/h		330	350	350	
									Σ	8100	8100
ZAŘÍZENÍ 2 - ŠATNY											
Zařízení	Místnost	Účel místnosti	S (m ²)	SV (m)	O (m ³)	Výměna vzduchu (m ³ /h)	Množství	V (m ³ /h)	Přívod (m ³ /h)	Odvod (m ³ /h)	
2	114	Zázemí bufetu	15,0	2,6	39,0	3x/h		120	150	150	
2	113	Bufet	12,5	2,6	32,5	3x/h		100	150	150	
2	119	Chodba	45,0	2,6	117,0	2x/h		240	600		
2	120	Šatna	13,8	2,6	35,8	25/šatní místo	15	375	375	125	
2	121	Umývárna	9,3	2,6	24,2	30/umyvadlo + 200/sprcha	2+2	460		500	
2	122	Šatna	13,6	2,6	35,2	25/šatní místo	15	375	375	125	
2	123	Šatna	13,6	2,6	35,2	25/šatní místo	15	375	375	125	
2	124	Umývárna	9,3	2,6	24,2	30/umyvadlo + 200/sprcha	2+2	460		500	
2	125	Šatna	13,9	2,6	36,1	25/šatní místo	15	375	375	125	
2	126	Předsíň WC ženy	3,4	2,6	8,9	30/umyvadlo	2	60		100	
2	127	WC ženy	5,3	2,6	13,8	50/WC	2	100		100	
2	128	Předsíň WC muži	3,4	2,6	8,9	30/umyvadlo	2	60		100	
2	129	WC muži	4,9	2,6	12,6	50/WC + 25/pisoár	1+2	100		100	
2	130	WC invalidé	2,9	2,6	7,5	50/WC + 30/umyvadlo	1+1	80		100	
2	131	Úklidová místnost	4,5	2,6	11,6	30/výlevka	1	30		100	
2	111	Chodba	33,7	2,6	87,6	2x/h		180	200	200	
									Σ	2600	2600

Zařízení 2, které slouží k větrání tělocvičny, skladu u tribuny a skladu nářadí má 3 režimy provozu podle činnosti, která probíhá v tělocvičně. V potrubí pro přívod vzduchu jsou instalovány dvě regulační klapky, které se uzavírají při sníženém přívodu vzduchu.

Režim 1: Jedna třída cvičí při hodině tělesné výchovy. V tělocvičně je tedy 30 osob, které vykonávají zvýšenou fyzickou aktivitu. Na každou osobu je tedy přívod vzduchu 90 m³/h. Vzhledem

ke zhruba polovičnímu průtoku vzduchu jsou uzavřeny obě regulační klapky a v provozu jsou tedy pouze 4 koncové elementy pro přívod vzduchu.

Režim 2: V tělocvičně se koná sportovní turnaj. Fyzickou zátěž vykonává 40 osob, na každou osobu je přívod vzduchu 90 m³/h. Na tribuně je přítomno 60 osob, které nevykonávají fyzickou zátěž, takže přívod vzduchu je 30 m³/h na osobu. Přívod vzduchu je větší než v režimu 1, jedna z regulačních klapek je uzavřená a v provozu je 6 koncových elementů pro přívod vzduchu.

Režim 3: V tělocvičně se koná kulturní akce nebo shromáždění žáků při slavnostním zahájení nebo ukončení školního roku. Je přítomno 250 osob, které nevykonávají fyzickou zátěž. Přívod vzduchu na osobu je 30 m³/h. Obě regulační klapky jsou otevřené.

Odvod vzduchu je pro všechny režimy stejný. Průtok vzduchu pro všechny režimy je v následující tabulce.

Tabulka 2 Průtoky vzduchu v režimech tělocvičny

ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - REŽIM 1											
Zařízení	Místnost	Účel místnosti	S (m ²)	SV (m)	O (m ³)	Výměna vzduchu (m ³ /h)	Množství	V (m ³ /h)	Přívod (m ³ /h)	Odvod (m ³ /h)	
1	118	Tělocvična	365,0	6,1	2215,6	90/osoba	30	2700	3800	3800	
1	116	Sklad	18,4	2,9	53,3	2x/h		110	150	150	
1	115	Sklad nářadní	38,1	4,2	160,1	2x/h		330	350	350	
									Σ	4300	4300
ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - REŽIM 2											
Zařízení	Místnost	Účel místnosti	S (m ²)	SV (m)	O (m ³)	Výměna vzduchu (m ³ /h)	Množství	V (m ³ /h)	Přívod (m ³ /h)	Odvod (m ³ /h)	
1	118	Tělocvična	365,0	6,1	2215,6	90/osoba + 30/osoba	40+60	5400	5700	5700	
1	116	Sklad	18,4	2,9	53,3	2x/h		110	150	150	
1	115	Sklad nářadní	38,1	4,2	160,1	2x/h		330	350	350	
									Σ	6200	6200
ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - REŽIM 3											
Zařízení	Místnost	Účel místnosti	S (m ²)	SV (m)	O (m ³)	Výměna vzduchu (m ³ /h)	Množství	V (m ³ /h)	Přívod (m ³ /h)	Odvod (m ³ /h)	
1	118	Tělocvična	365,0	6,1	2215,6	30/osoba	250	7500	7600	7600	
1	116	Sklad	18,4	2,9	53,3	2x/h		110	150	150	
1	115	Sklad nářadní	38,1	4,2	160,1	2x/h		330	350	350	
									Σ	8100	8100

2.4 Koncové prvky přívodu a odvodu vzduchu

Pro přívod i odvod vzduchu slouží v celé navrhované části koncové prvky značky MANDÍK. V tělocvičně jsou pro přívod vzduchu dýzy s dalekým dosahem kvůli velké světlé výšce místnosti. Pro odvod vzduchu slouží v tělocvičně nastavitelná výustka tedy mřížka v potrubí. V ostatních místnostech jsou pro přívod vzduchu lamelové čtvercové anemostaty, které slouží také pro odvod vzduchu ve skladech, bufetu se zázemím a na chodbě. V šatnách, umývárkách, WC a úklidové místnosti slouží pro odvod vzduchu talířové ventily.

Přehled navržených koncových prvků uvádím v následující tabulce.

V – průtok vzduchu pro jeden koncový prvek (m³/h)

L_{WA} – hladina akustického výkonu (dB(A))

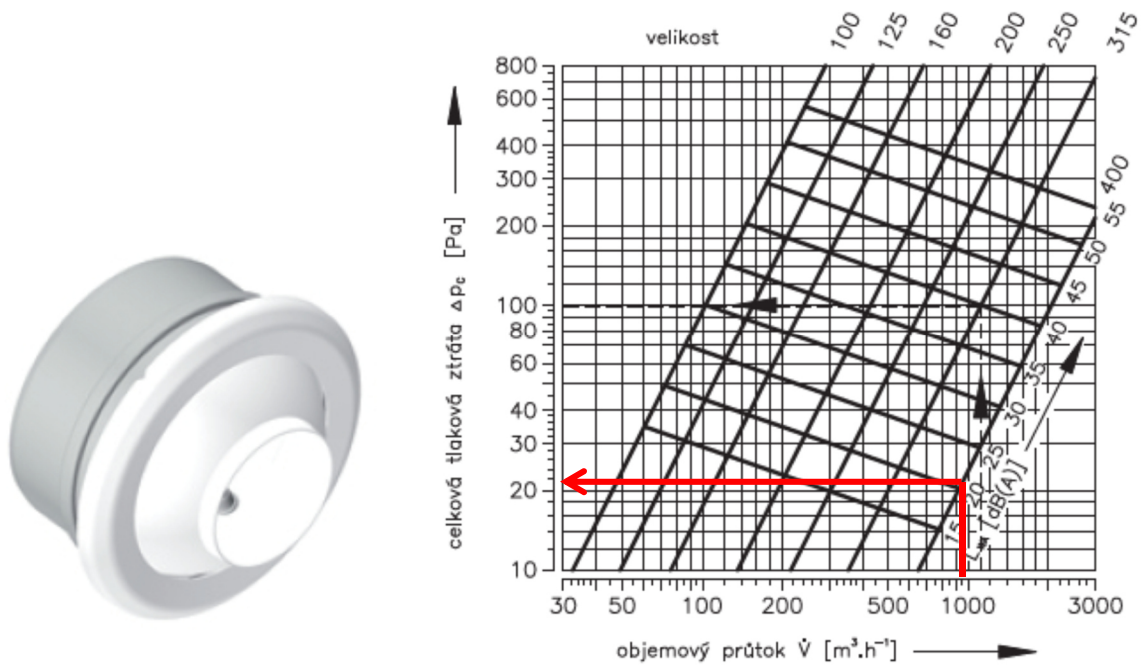
Δp_c – tlaková ztráta koncového prvku (Pa)

Tabulka 3 Koncové prvky

ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - PŘÍVOD								
Zařízení	Místnost	Typ výustky	V (m ³ /h)	Kus	Rozměr (mm)	Efektivní plocha (m ²)	L _{WA} (dB(A))	Δp _c (Pa)
1	118	Dýza nastavitelná	950	8	400	0,0412	21	22
1	116	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	30	16
1	115	Anemostat lamelový čtvercový	350	1	400	0,0554	31	17
ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - ODVOD								
Zařízení	Místnost	Typ výustky	V (m ³ /h)	Kus	Rozměr (mm)	Efektivní plocha (m ²)	L _{WA} (dB(A))	Δp _c (Pa)
1	118	Výustka nastavitelná	950	8	620x320	0,1135	24	3
1	116	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	36	20
1	115	Anemostat lamelový čtvercový	350	1	400	0,0554	25	11
ZAŘÍZENÍ 2 - ŠATNY - PŘÍVOD								
Zařízení	Místnost	Typ výustky	V (m ³ /h)	Kus	Rozměr (mm)	Efektivní plocha (m ²)	L _{WA} (dB(A))	Δp _c (Pa)
2	114	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	30	16
2	113	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	30	16
2	119	Anemostat lamelový čtvercový	300	2	400	0,0554	31	17
2	120	Anemostat lamelový čtvercový	375	1	400	0,0554	33	20
2	122	Anemostat lamelový čtvercový	375	1	400	0,0554	33	20
2	123	Anemostat lamelový čtvercový	375	1	400	0,0554	33	20
2	125	Anemostat lamelový čtvercový	375	1	400	0,0554	33	20
2	111	Anemostat lamelový čtvercový	200	1	300	0,0282	31	18
ZAŘÍZENÍ 2 - ŠATNY - ODVOD								
Zařízení	Místnost	Typ výustky	V (m ³ /h)	Kus	Rozměr (mm)	Efektivní plocha (m ²) / Vzdálenost nastavení s (mm)	L _{WA} (dB(A))	Δp _c (Pa)
2	114	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	36	20
2	113	Anemostat lamelový čtvercový	150	1	250	0,0178	36	20
2	120	Talířový ventil	125	1	150	-5	25	62
2	121	Talířový ventil	200	2	160	5	26	48
2	121	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	122	Talířový ventil	125	1	150	-5	25	62
2	123	Talířový ventil	125	1	150	-5	25	62
2	124	Talířový ventil	200	2	160	5	26	48
2	124	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	125	Talířový ventil	125	1	150	-5	25	62
2	126	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	127	Talířový ventil	50	2	80	0	25	45
2	128	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	129	Talířový ventil	50	2	80	0	25	45
2	130	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	131	Talířový ventil	100	1	125	-3	25	65
2	111	Anemostat lamelový čtvercový	200	1	300	0,0282	25	12

2.4.1 Koncové prvky v tělocvičně

Pro přívod vzduchu do tělocvičny je navržena dýza nastavitelná ručně DDM II 400/N montovaná axiálně na spiro potrubí. Všechny dýzy v tělocvičně mají jmenovitý rozměr 400 mm a průtok vzduchu 950 m³/h. Hmotnost jedné dýzy je 3,70 kg, vnější průměr dýzy je 431 mm, vnitřní průměr 229 mm.



Obrázek 18 Dýza s dalekým dosahem a odečet tlakové ztráty

Hladina akustického výkonu dýzy je 21 dB(A) a tlaková ztráta je 22 Pa.

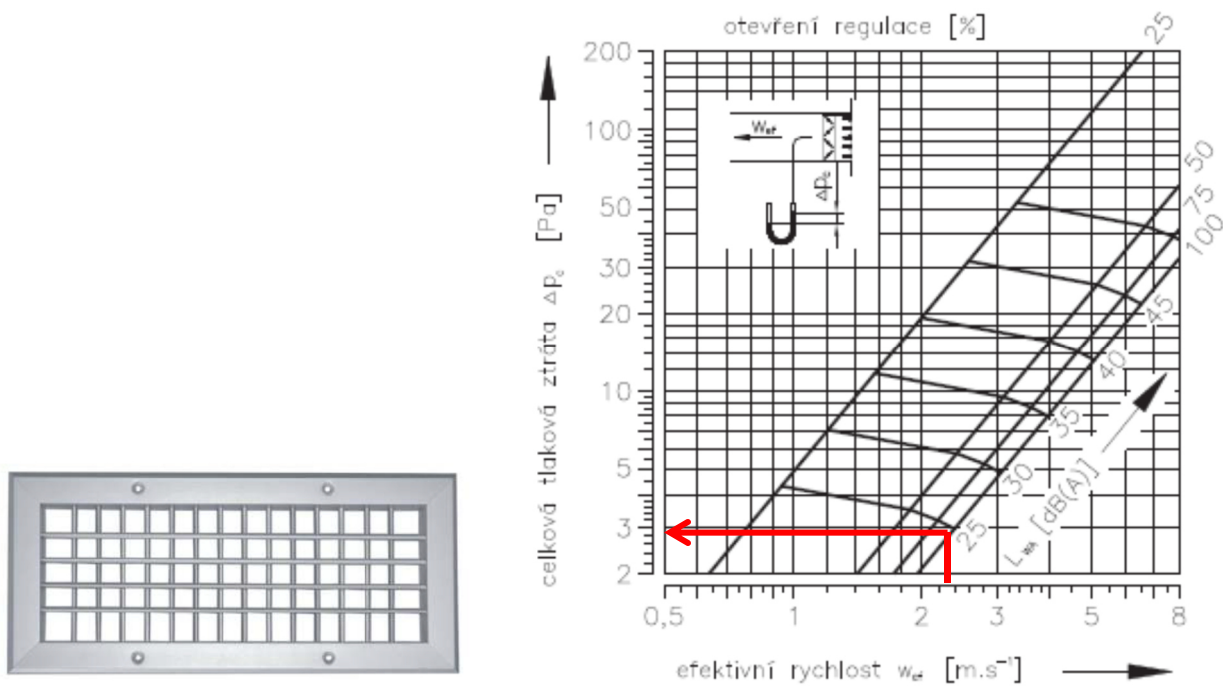
Vzduch se z tělocvičny odvádí nastavitelnou výustkou VNM2 s uchycením šrouby, rozměr 620 x 320 mm. Všechny výustky v tělocvičně mají průtok vzduchu 950 m³/h. Hmotnost jedné výustky je 2,97 kg. Aby bylo možné určit parametry výustky, je třeba vypočítat efektivní rychlost.

$$w_{ef} = (V / 3600) / S_{ef} = (950 / 3600) / 0,1135 = 2,33 \text{ m/s}$$

w_{ef} – efektivní rychlost (m/s)

V – průtok vzduchu (m³/h)

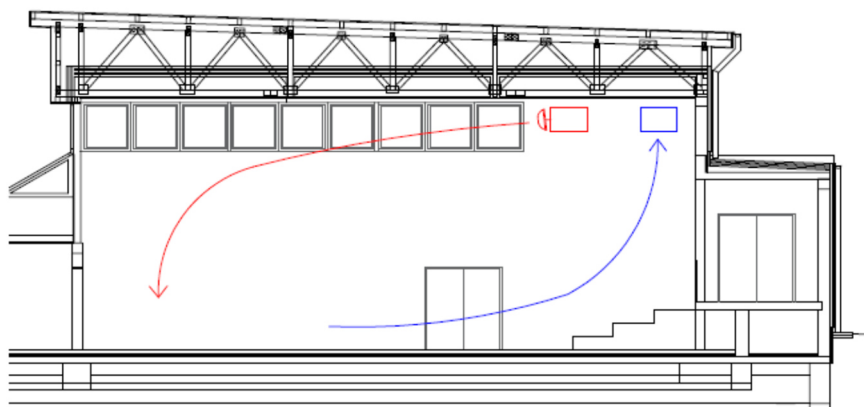
S_{ef} – efektivní plocha výustky (m²)



Obrázek 19 Nastavitelná výustka a odečet tlakové ztráty

Při odečítání z grafu platí pro výustky bez regulace otevření na 100 %. Hladina akustického výkonu výustky je 24 dB(A) a tlaková ztráta je 3 Pa.

Dýzy budou nastaveny tak, aby přívod vzduchu byl co nejeefektivnější. Proud vzduchu je zobrazen na schématu níže.

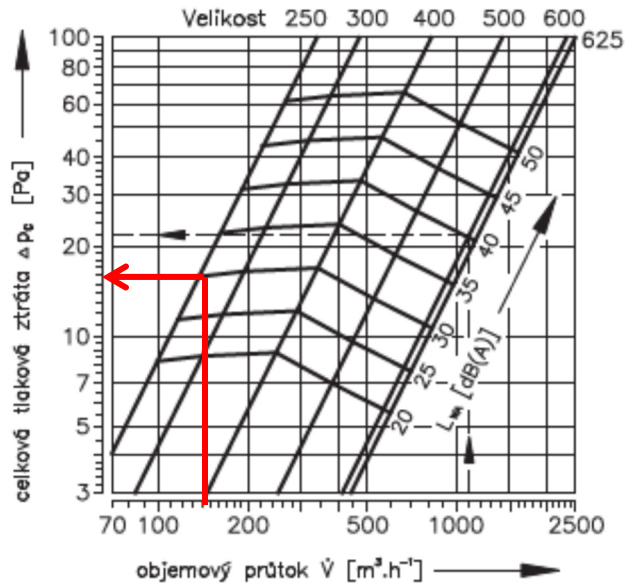


Obrázek 20 Schéma proudu vzduchu v tělocvičně

2.4.2 Ostatní koncové prvky

Pro přívod do ostatních místností mimo tělocvičnu a pro odvod z některých místností slouží čtvercový lamelový anemostat. Dále je ukázka návrhu pro anemostat na přívod vzduchu v bufetu (místnost 113).

V bufetu je pro přívod vzduchu navržen čtvercový lamelový anemostat ALCM v základním provedení s přípojovací skříní. Koncový prvek má rozměr 250 mm a průtok vzduchu 150 m³/h. Hmotnost prvku je 3 kg.

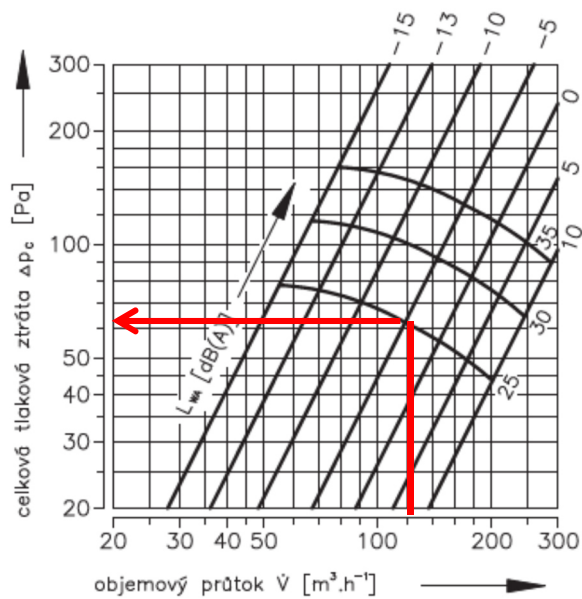
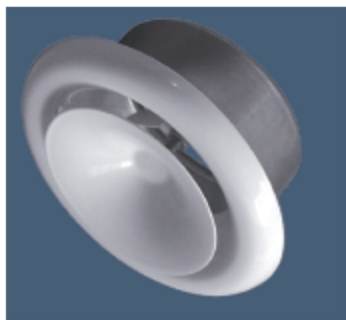


Obrázek 21 Anemostat a odečet tlakové ztráty

Hladina akustického výkonu anemostatu je 30 dB(A) a tlaková ztráta je 16 Pa.

V umývárkách, WC a v šatnách slouží pro odvod vzduchu talířový ventil. Dále je ukázka návrhu pro talířový ventil na odvod vzduchu v šatně (místnost 120).

V šatně je pro odvod vzduchu navržen talířový ventil TVOM o jmenovitém rozměru 150 mm pro průtok vzduchu 125 m³/h. Hmotnost prvku je 0,35 kg.



Obrázek 22 Talířový ventil a odečet tlakové ztráty

Při vzdálenosti nastavení -5 mm je hladina akustického výkonu talířového ventilu 25 dB(A) a tlaková ztráta 62 Pa.

2.5 Dimenzování potrubí

Rozvody potrubí jsou vedeny u stropu v podhledu, v tělocvičně jsou připevněny ke střešním vazníkům. V celé navrhované části je čtyřhranné potrubí, koncové prvky (případně s připojovacími skříněmi) jsou napojeny ohebným potrubím. Rychlost proudění vzduchu v úsecích je v rozmezí 1,5 až 5 m/s. Potrubí pro přívod vzduchu do tělocvičny je dimenzováno na největší průtok, tedy 8100 m³/h (režim 3). Dimenzování potrubí je shrnuto v následující tabulce.

u – číslo úseku (-)

V – průtok vzduchu v úseku (m³/h)

L – délka úseku (m)

v' - předběžná rychlost v úseku (m/s)

S' - průtočná plocha z průtoku vzduchu a předběžné rychlosti (m²)

$$S' = \frac{V}{v' \times 3600}$$

d' - průměr kruhového potrubí (m)

$$d' = 2 \times \sqrt{\frac{S'}{\pi}}$$

AxB – výška x šířka čtyřhranného potrubí (mm)

d – průměr kruhu odpovídající typizovanému průřezu čtyřhranného potrubí (m)

S – skutečná průtočná plocha (m²)

$$S = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

v – skutečná rychlost v úseku (m/s)

$$v = \frac{V}{S \times 3600}$$

R – měrná tlaková ztráta odpovídající průměru d (Pa/m)

ξ – součet součinitelů vřazených odporů tvarovek v úseku (-)

Z – tlaková ztráta místními odpory v úseku (Pa)

$$Z = 0,5 \times \xi \times \rho \times v^2$$

$Z + R \times L$ – celková tlaková ztráta úseku (Pa)

Tabulka 4 Dimenzování přívodu zařízení 1

TĚLOCVIČNA - PŘÍVOD VZDUCHU													
u	V (m ³ /h)	L (m)	v' (m/s)	S' (m ²)	d' (m)	AxB (mm)	d (m)	S (m ²)	v (m/s)	R (Pa/m)	ξ (-)	Z (Pa)	Z + R*L (Pa)
1	950	3,0	2,0	0,132	0,410	450x400	0,424	0,141	1,87	0,11	0,9	1,89	2,22
2	1900	3,0	2,5	0,211	0,518	500x560	0,528	0,219	2,41	0,14	0,3	1,05	1,47
3	2850	3,0	3,0	0,264	0,580	500x710	0,587	0,271	2,93	0,16	0,3	1,54	2,02
4	3800	3,0	3,5	0,302	0,620	560x710	0,626	0,308	3,43	0,18	0,9	6,35	6,89
5	4750	3,0	4,0	0,330	0,648	560x800	0,659	0,341	3,87	0,21	0,3	2,69	3,32
6	5700	0,9	4,5	0,352	0,669	560x900	0,690	0,374	4,23	0,21	0,3	3,23	3,41
7	7600	7,2	5,0	0,422	0,733	560x1250	0,773	0,469	4,50	0,24	1,7	20,64	22,37
8	8100	6,1	5,0	0,450	0,757	560x1250	0,773	0,469	4,79	0,26	2,6	35,86	37,44
Σ													79,13
tlaková ztráta koncového elementu													22,00
6a	950	3,0	2,5	0,106	0,367	400x355	0,376	0,111	2,38	0,27	0,9	3,05	3,86
6b	1900	2,2	3,0	0,176	0,473	450x500	0,474	0,176	2,99	0,26	0,3	1,61	2,18
7a	350	2,8	2,0	0,049	0,249	250x250	0,250	0,049	1,98	0,23	1,5	3,53	4,17
7b	500	4,2	2,5	0,056	0,266	250x315	0,279	0,061	2,27	0,26	0,9	2,79	3,89
celková tlaková ztráta													115,23

Tabulka 5 Dimenzování odvodu zařízení 1

TĚLOCVIČNA - ODVOD VZDUCHU													
u	V (m ³ /h)	L (m)	v' (m/s)	S' (m ²)	d' (m)	AxB (mm)	d (m)	S (m ²)	v (m/s)	R (Pa/m)	ξ (-)	Z (Pa)	Z + R*L (Pa)
1	950	3,0	2,0	0,132	0,410	450x400	0,424	0,141	1,87	0,11	0,9	1,89	2,22
2	1900	3,0	2,5	0,211	0,518	500x560	0,528	0,219	2,41	0,14	0,3	1,05	1,47
3	2850	3,0	3,0	0,264	0,580	500x710	0,587	0,271	2,93	0,16	0,3	1,54	2,02
4	3800	3,0	3,5	0,302	0,620	560x710	0,626	0,308	3,43	0,18	0,9	6,35	6,89
5	4750	3,0	4,0	0,330	0,648	560x800	0,659	0,341	3,87	0,21	0,3	2,69	3,32
6	5700	3,0	4,5	0,352	0,669	560x900	0,690	0,374	4,23	0,21	0,3	3,23	3,86
7	6650	3,0	5,0	0,369	0,686	560x1250	0,773	0,469	3,94	0,18	0,3	2,79	3,33
8	7600	1,1	5,0	0,422	0,733	560x1250	0,773	0,469	4,50	0,19	0,9	10,93	11,14
9	8100	9,1	5,0	0,450	0,757	560x1250	0,773	0,469	4,79	0,24	2,6	35,86	38,03
Σ													72,27
tlaková ztráta koncového elementu													3,00
8a	350	8,1	2,0	0,049	0,249	250x250	0,250	0,049	1,98	0,23	0,9	2,12	3,97
8b	500	5,1	2,5	0,056	0,266	250x315	0,279	0,061	2,27	0,26	0,9	2,79	4,11
celková tlaková ztráta													83,36

Tabulka 6 Dimenzování přívodu zařízení 2

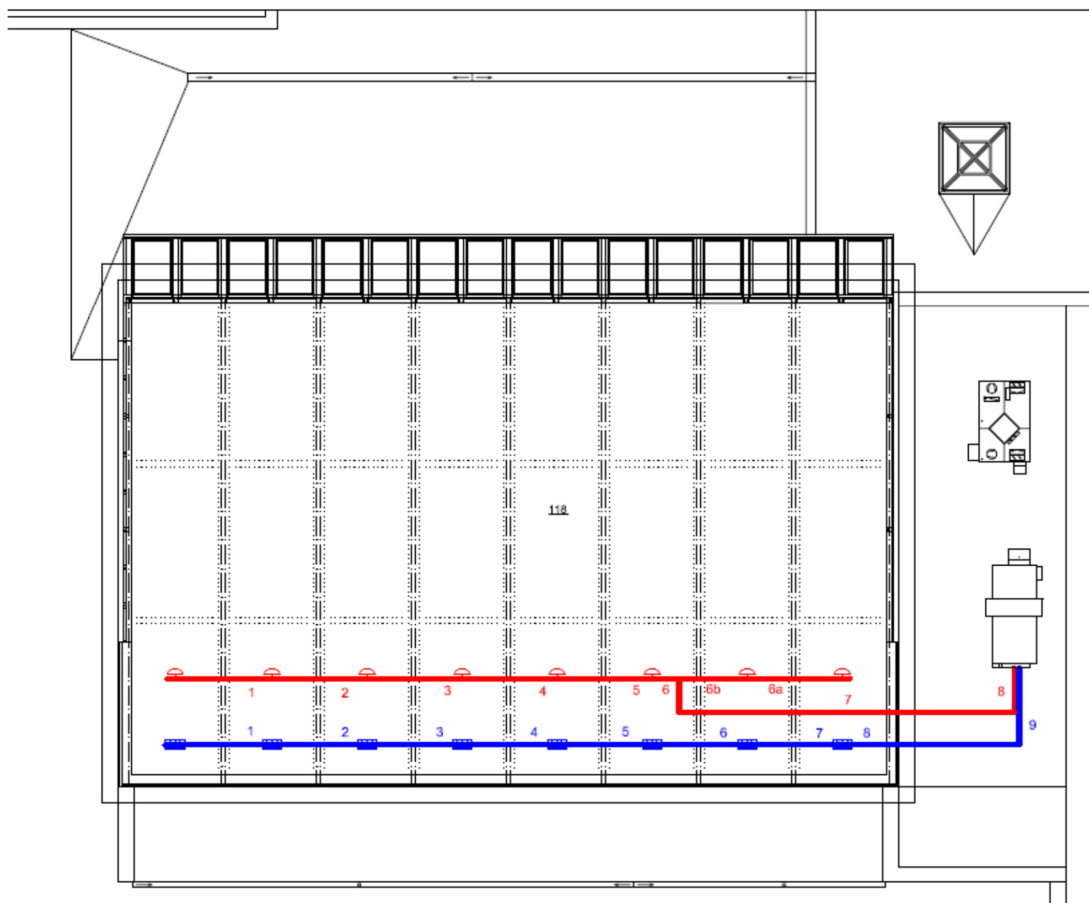
ŠATNY - PŘÍVOD VZDUCHU													
u	V (m ³ /h)	L (m)	v' (m/s)	S' (m ²)	d' (m)	AxB (mm)	d (m)	S (m ²)	v (m/s)	R (Pa/m)	ξ (-)	Z (Pa)	Z + R*L (Pa)
1	200	2,8	2,0	0,028	0,188	200x180	0,189	0,028	1,98	0,44	0,9	2,12	3,35
2	575	9,6	2,5	0,064	0,285	225x400	0,288	0,065	2,45	0,31	0,9	3,25	6,22
3	875	1,4	3,0	0,081	0,321	250x500	0,333	0,087	2,79	0,33	0,3	1,40	1,86
4	1625	6,5	3,5	0,129	0,405	355x500	0,415	0,135	3,34	0,31	0,9	6,01	8,03
5	2000	2,7	3,5	0,159	0,450	355x630	0,454	0,162	3,43	0,31	0,9	6,36	7,18
6	2300	7,6	4,0	0,160	0,451	355x630	0,454	0,162	3,95	0,38	0,9	8,41	11,28
7	2450	4,8	4,5	0,151	0,439	355x630	0,454	0,162	4,20	0,41	0,6	6,36	8,33
8	2600	2,0	4,5	0,160	0,452	355x630	0,454	0,162	4,46	0,46	0,6	7,17	8,10
Σ													54,36
tlaková ztráta koncového elementu													18,00
3a	375	1,4	2,0	0,052	0,258	225x315	0,263	0,054	1,92	0,23	1,5	3,31	3,62
3b	750	4,6	2,5	0,083	0,326	250x500	0,333	0,087	2,39	0,21	0,3	1,03	1,99
4a	375	4,7	2,0	0,052	0,258	225x315	0,263	0,054	1,92	0,23	0,9	1,99	3,07
celková tlaková ztráta													81,04

Tabulka 7 Dimenzování odvodu zařízení 2

ŠATNY - ODVOD VZDUCHU													
u	V (m ³ /h)	L (m)	v' (m/s)	S' (m ²)	d' (m)	AxB (mm)	d (m)	S (m ²)	v (m/s)	R (Pa/m)	ξ (-)	Z (Pa)	Z + R*L (Pa)
1	200	0,7	2,0	0,028	0,188	180x200	0,189	0,028	1,98	0,31	0,9	2,12	2,33
2	400	0,7	2,0	0,056	0,266	200x400	0,267	0,056	1,98	0,21	0,3	0,71	0,86
3	600	2,6	2,5	0,067	0,291	225x450	0,300	0,071	2,36	0,23	0,3	1,00	1,59
4	700	0,5	2,5	0,078	0,315	250x450	0,321	0,081	2,40	0,22	0,3	1,04	1,15
5	825	0,6	3,0	0,076	0,312	280x450	0,345	0,093	2,45	0,21	0,3	1,08	1,21
6	950	1,0	3,0	0,088	0,335	280x450	0,345	0,093	2,82	0,31	0,3	1,43	1,74
7	1700	8,5	3,5	0,135	0,414	315x630	0,420	0,139	3,41	0,34	0,9	6,27	9,15
8	2300	8,5	4,0	0,160	0,451	355x630	0,454	0,162	3,95	0,38	1,2	11,21	14,44
9	2450	2,8	4,5	0,151	0,439	355x630	0,454	0,162	4,20	0,41	0,9	9,54	10,67
10	2600	2,0	4,5	0,160	0,452	355x630	0,454	0,162	4,46	0,46	0,6	7,17	8,10
Σ													51,24
tlaková ztráta koncového elementu													12,00
6a	200	0,7	2,0	0,028	0,188	180x200	0,189	0,028	1,98	0,31	1,5	3,53	3,74
6b	400	2,5	2,0	0,056	0,266	200x400	0,267	0,056	1,98	0,21	0,3	0,71	1,23
6c	500	0,6	2,0	0,069	0,297	225x450	0,300	0,071	1,96	0,19	0,3	0,69	0,80
6d	625	0,6	2,5	0,069	0,297	225x450	0,300	0,071	2,46	0,22	0,3	1,09	1,21
6e	750	8,9	3,0	0,069	0,297	225x450	0,300	0,071	2,95	0,33	0,9	4,69	7,63
7a	100	1,2	1,5	0,019	0,154	160x160	0,160	0,020	1,38	0,21	0,9	1,03	1,28
7b	200	2,0	2,0	0,028	0,188	180x200	0,189	0,028	1,98	0,33	0,9	2,12	2,77
7c	250	1,2	2,5	0,028	0,188	180x200	0,189	0,028	2,48	0,45	0,9	3,31	3,84
7d	400	3,0	2,5	0,044	0,238	180x355	0,239	0,045	2,48	0,32	0,9	3,31	4,27
7e	500	1,2	3,0	0,046	0,243	180x400	0,248	0,048	2,88	0,41	0,3	1,49	1,99
7f	600	1,7	3,5	0,048	0,246	180x400	0,248	0,048	3,45	0,52	0,9	6,43	7,32
7ca	50	1,0	1,5	0,009	0,109	125x125	0,125	0,012	1,13	0,21	0,9	0,69	0,89
7cb	100	1,6	1,5	0,019	0,154	125x200	0,154	0,019	1,49	0,22	0,3	0,40	0,75
7cc	150	0,3	1,5	0,028	0,188	180x200	0,189	0,028	1,49	0,19	0,3	0,40	0,46
celková tlaková ztráta													101,41



Obrázek 23 Schéma úseků dimenzování na úrovni 1NP



Obrázek 24 Schéma úseků dimenzování na úrovni střechy 1NP

2.5.1 Izolace potrubí

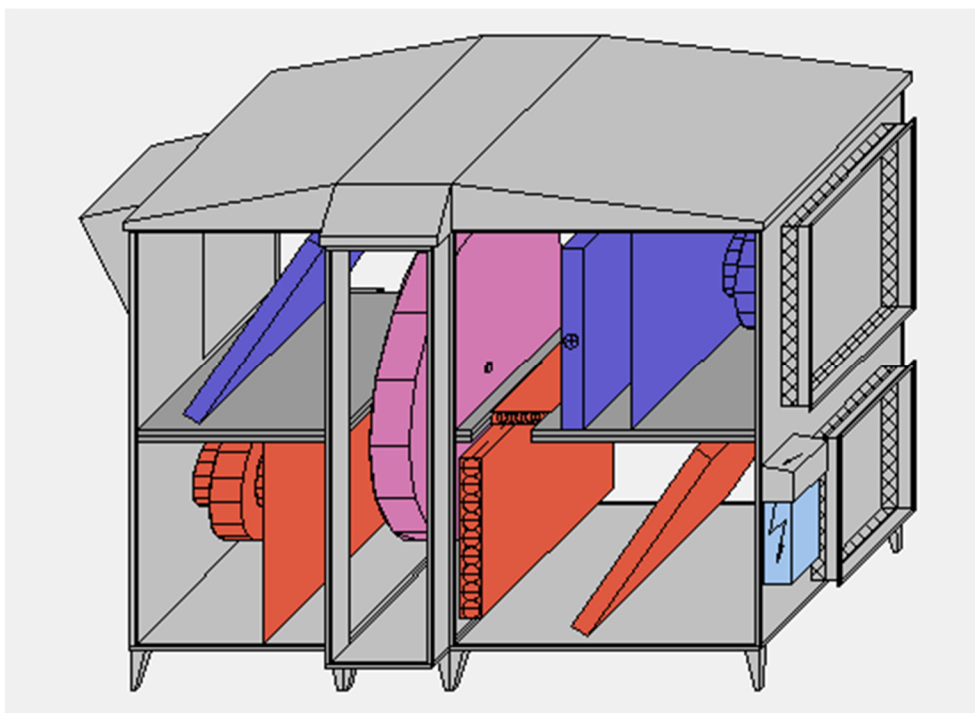
Navrhují izolaci minerálními deskami tloušťky 30 mm na přívodní i odvodní potrubí, které vede v exteriéru. V interiéru navrhují izolaci pouze na přívodní potrubí.

2.6 Návrh VZT jednotek

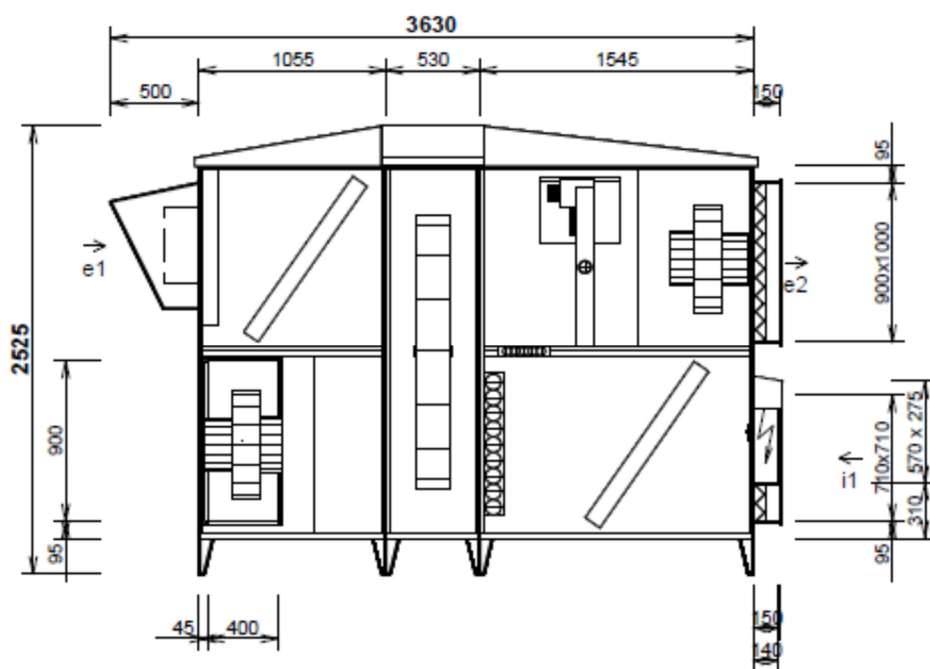
Obě Vzduchotechnické jednotky jsou navrženy od společnosti ATREA. Byl použit návrhový program ATREA DUPLEX 8.70. Jednotky jsou umístěny na ploché střeše nad bufetem, jeho zázemím a sklady u tělocvičny.

2.6.1 Zařízení 1

Navrhují kompaktní jednotku DUPLEX 12000 Roto-N. Jednotka obsahuje dva EC ventilátory, rotační výměník zpětného získávání tepla, dva filtry třídy G4, teplovodní ohříváč, cirkulační klapku, uzavírací klapku na sání venkovního vzduchu a na straně odváděného vzduchu z místnosti. Součástí návrhu je digitální regulace RD5, která umožňuje ovládání otáček EC ventilátorů dle režimů v tělocvičně, kde je umístěn nástěnný digitální ovladač s displejem.



Obrázek 25 Jednotka DUPLEX 12000 Roto-N



Obrázek 26 Rozměry jednotky DUPLEX 12000 Roto-N

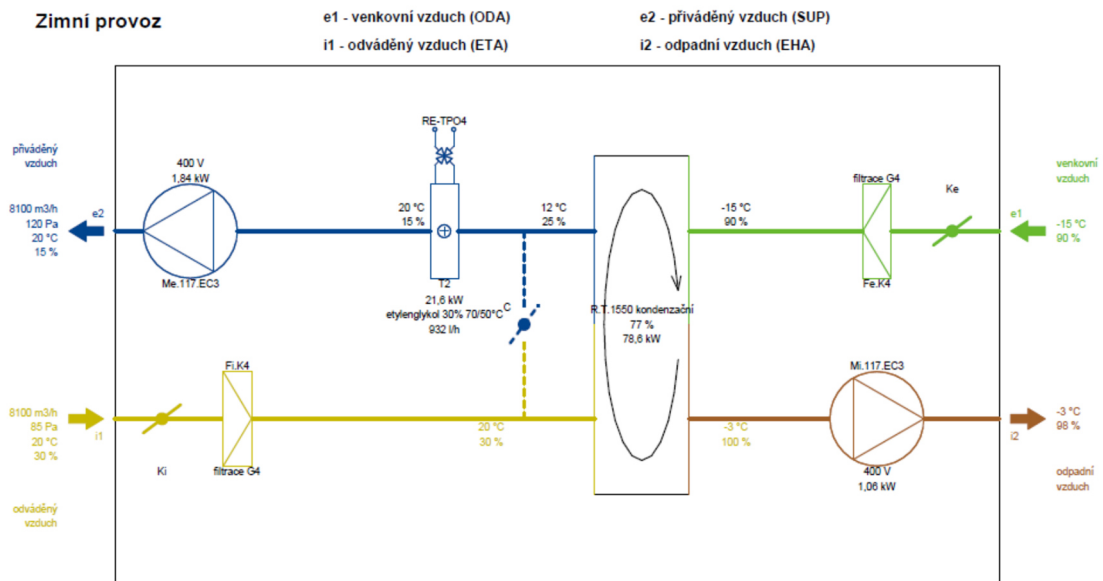
e1 – sání venkovního vzduchu

e2 – přívodní vzduch do místnosti

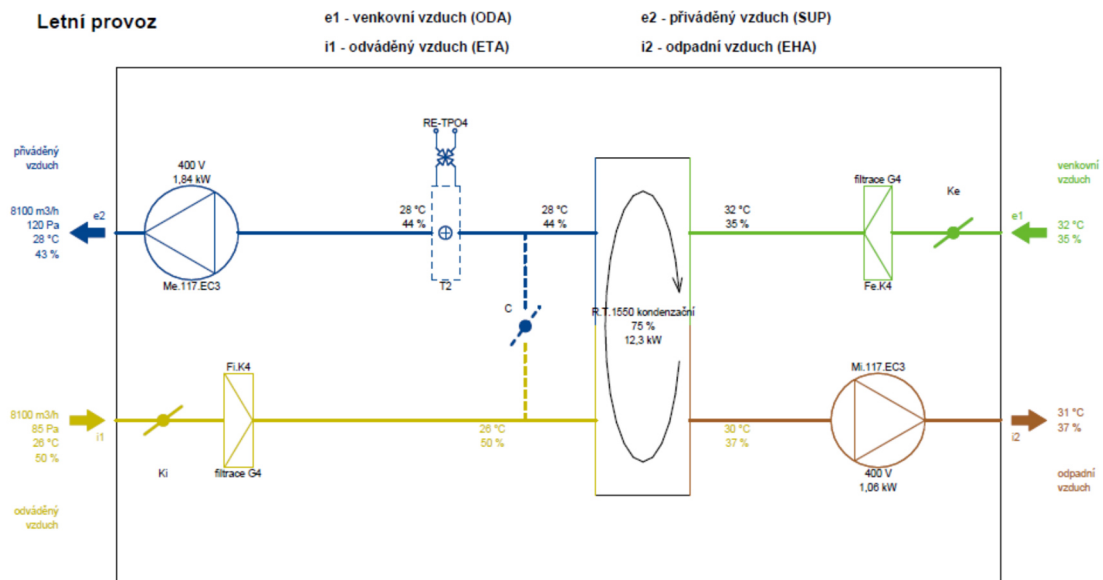
i1 – odváděný vzduch z místnosti

i2 – odpadní vzduch

Vzhledem k rozměrům hrdel vzduchotechnické jednotky, dochází 1 m od hrdel ke změně dimenze přívodního a odvodního potrubí. Na hrdlo na straně odpadního vzduchu navazuje kolo a potrubí o délce 3 m, které je ukončeno protidešťovou žaluzií.



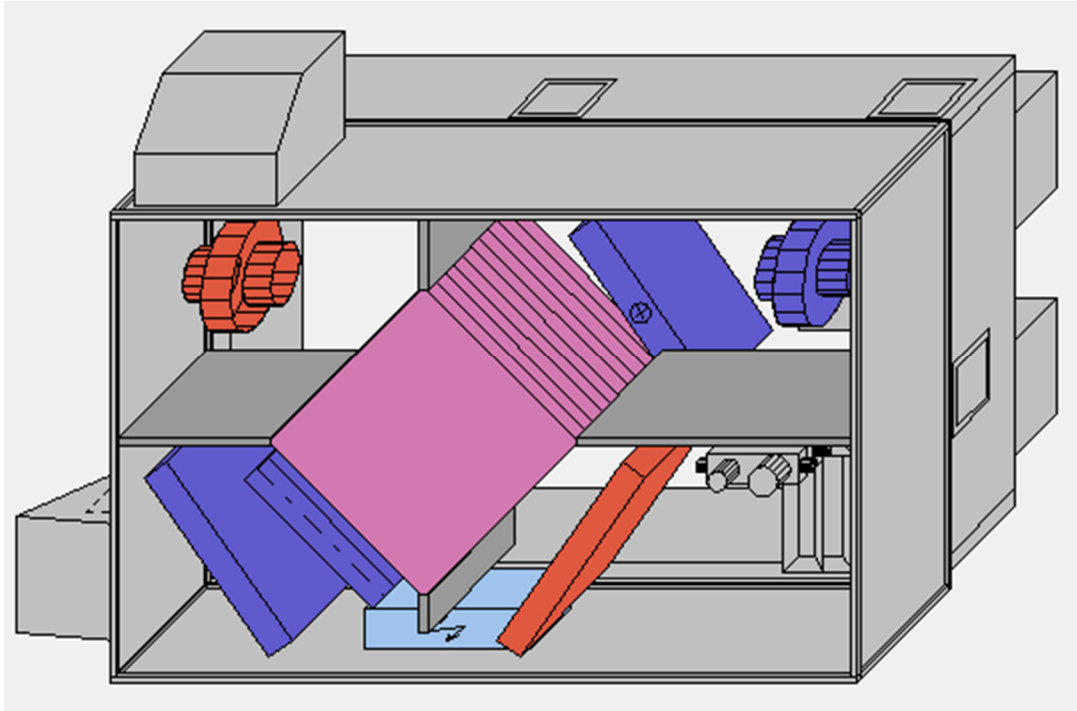
Obrázek 27 Vzduchotechnické schéma pro zimní provoz jednotky DUPLEX 12000 Roto-N



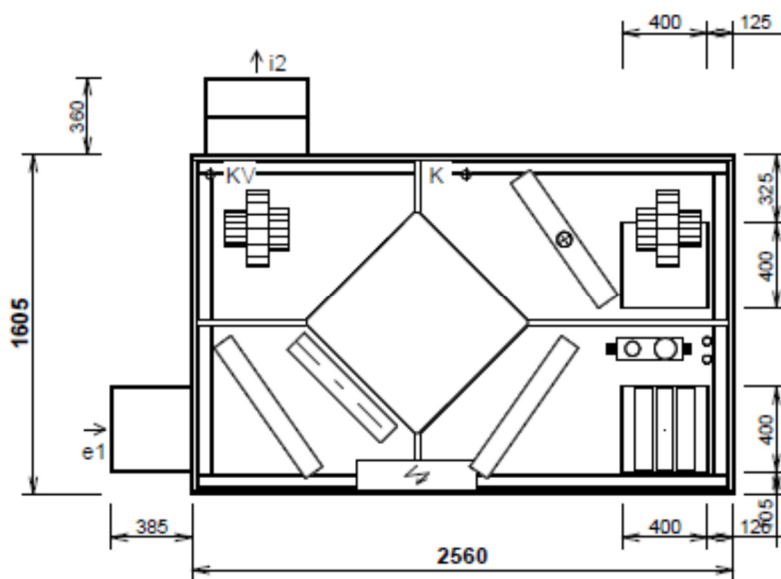
Obrázek 28 Vzduchotechnické schéma pro letní provoz jednotky DUPLEX 12000 Roto-N

2.6.2 Zařízení 2

Navrhují kompaktní jednotku DUPLEX 3400 Basic-N. Jednotka obsahuje dva EC ventilátory, deskový výměník zpětného získávání tepla, dva filtry třídy G4, teplovodní ohřívač, by-passovou klapku, uzavírací klapku na sání venkovního vzduchu a na straně odváděného vzduchu z místnosti. Jednotka je v nástřešním ležatém provedení. Součástí jednotky je vývod kondenzátu a základní CP regulace.



Obrázek 29 Jednotka DUPLEX 3400 Basic-N



Obrázek 30 Rozměry jednotky DUPLEX 3400 Basic-N

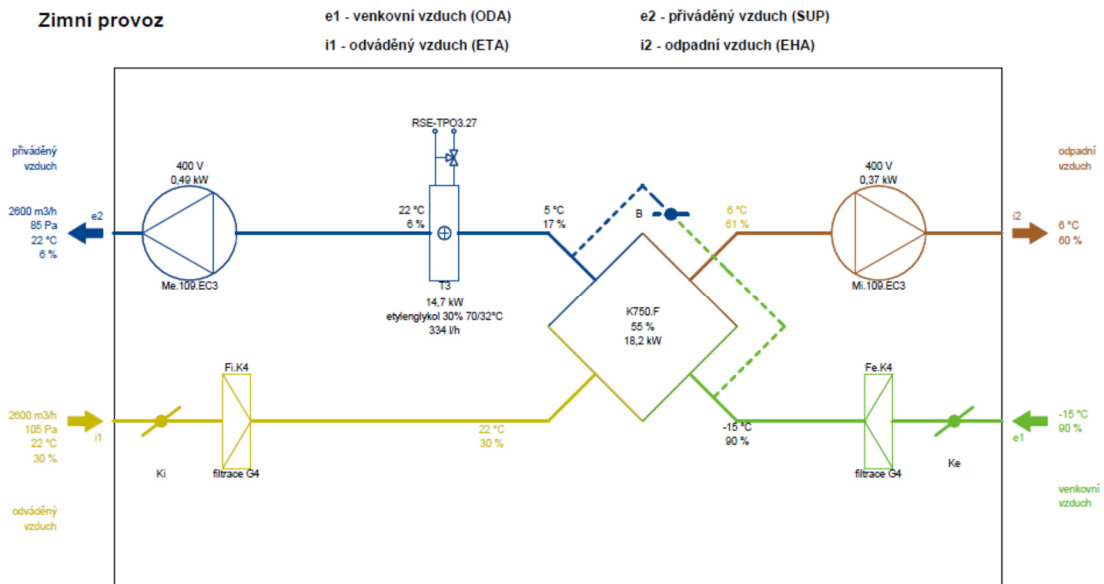
e1 – sání venkovního vzduchu

e2 – přívodní vzduch do místnosti

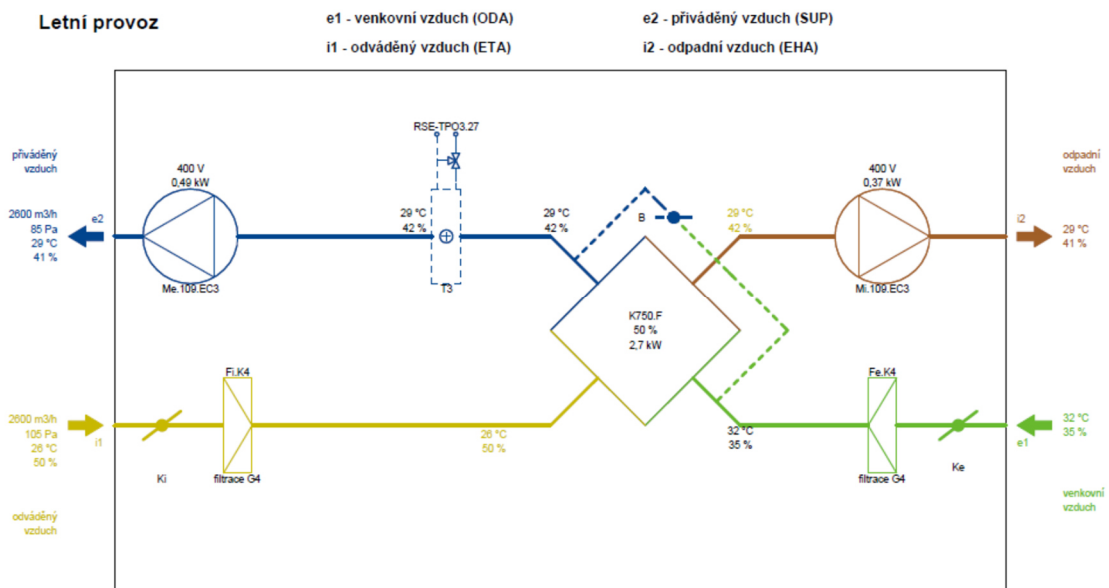
i1 – odváděný vzduch z místnosti

i2 – odpadní vzduch

Jednotka je dodána se základovým rámem s izolací výšky 500 mm. Součástí je také potrubní nástavec o rozměrech 400x400 mm a délce 975 mm pro napojení skrze střechu. U přívodního a odvodního potrubí dochází po ukončení nástavce ke změně dimenze. Na hrdlo na straně odpadního vzduchu navazuje koleno a potrubí o délce 2 m, které je ukončeno protidešťovou žaluzií.



Obrázek 31 Vzduchotechnické schéma pro zimní provoz jednotky DUPLEX 3400 Basic-N



Obrázek 32 Vzduchotechnické schéma pro letní provoz jednotky DUPLEX 3400 Basic-N

2.7 Úprava vzduchu

Ze vztahu pro výpočet teplotní účinnosti je vyjádřena teplota za výměníkem zpětného získávání tepla, která je neznámá.

Vztah pro teplotní účinnost

$$\eta = \frac{t_i - t_{zzt}}{t_i - t_e}$$

η – teplotní účinnost (-)

t_i – teplota interiéru (°C)

t_{zzt} – teplota za výměníkem zpětného získávání tepla (°C)

t_e – teplota exteriéru (°C)

Vyjádření teploty za výměníkem zpětného získávání tepla

$$t_{zzt} = t_i - \eta \times (t_i - t_e)$$

V místnosti dochází ke zvlhčování vzduchu vlivem osob.

Produkce páry od osob

$$Q = n \times m$$

Q – množství vodní páry (g/h)

n – počet osob (-)

m – množství vodní páry na osobu (g/h)

Z množství vodní páry se určí změna měrné vlhkosti vzduchu v místnosti

$$\Delta x = \frac{Q}{V \times \rho}$$

Δx – změna měrné vlhkosti vzduchu (g/kg)

V – průtok vzduchu v místnosti (m³/h)

ρ – hustota vzduchu (kg/m³)

Uvažuji konstantní hustotu vzduchu: pro 20 °C $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Zařízení 1

Parametry vzduchu pro zařízení 1:

Léto $t_i = 26 \text{ °C}$, $\varphi = 50 \%$

Zima $t_i = 20 \text{ °C}$, $\varphi = 30 \%$

Teplotní účinnost rotačního výměníku zpětného získávání tepla v zimním období je 77 %.

$$t_{zzt} = 20 - 0,77 \times (20 - (-15)) = -6,95 \text{ °C}$$

Aby nedocházelo k namrzání výměníku, zvyšují teplotu za výměníkem na 0 °C. Rozdíl entalpie přiváděného vzduchu přes rotační výměník je stejný jako rozdíl entalpie odváděného vzduchu přes rotační výměník. Jedná se o rotační výměník zpětného získávání tepla, ve kterém nedochází ke kondenzaci vzduchu a vzdušná vlhkost z odváděného vzduchu je tedy přiváděna zpět do místnosti.

Režim 1:

Jsou uzavřeny obě regulační klapky, vzduch je tedy do místnosti přiváděn pouze 4 dýzami a přívodní vzduch vzduchotechnické jednotky má průtok 4300 m³/h. Vzhledem k malému průtoku vzduchu je v tomto režimu otevřena cirkulační klapka. Cirkulace zajišťuje polovinu průtoku vzduchu, druhá polovina je zajištěna venkovním vzduchem. Odvodní ventilátor je nastaven na poloviční výkon.

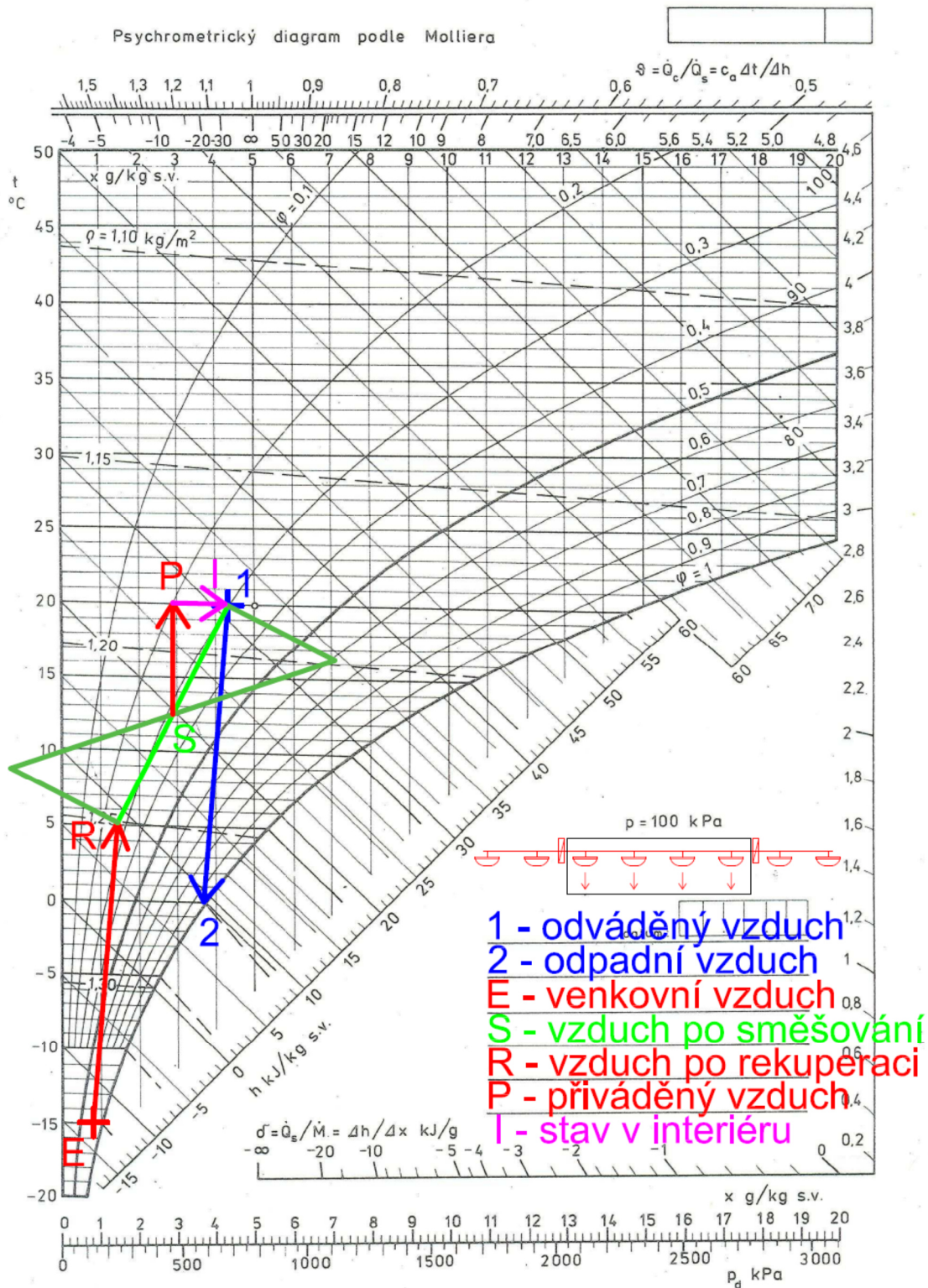
V místnosti tedy dochází ke směšování venkovního a cirkulačního vzduchu. Vzduch po směšování je ohříván na požadovanou teplotu ohříváčem ve vzduchotechnické jednotce.

Produkce páry od osoby při sportovním výkonu je 215 g/h.

$$Q = 30 \times 215 = 6450 \text{ g/h}$$

Do tělocvičny proudí 3800 m³/h vzduchu.

$$\Delta x = \frac{6450}{3800 \times 1,2} = 1,4 \text{ g/kg}$$



Obrázek 33 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 1

Změna měrné vlhkosti vlivem osob zajistí požadovanou relativní vlhkost vzduchu v tělocvičně.

Režim 2:

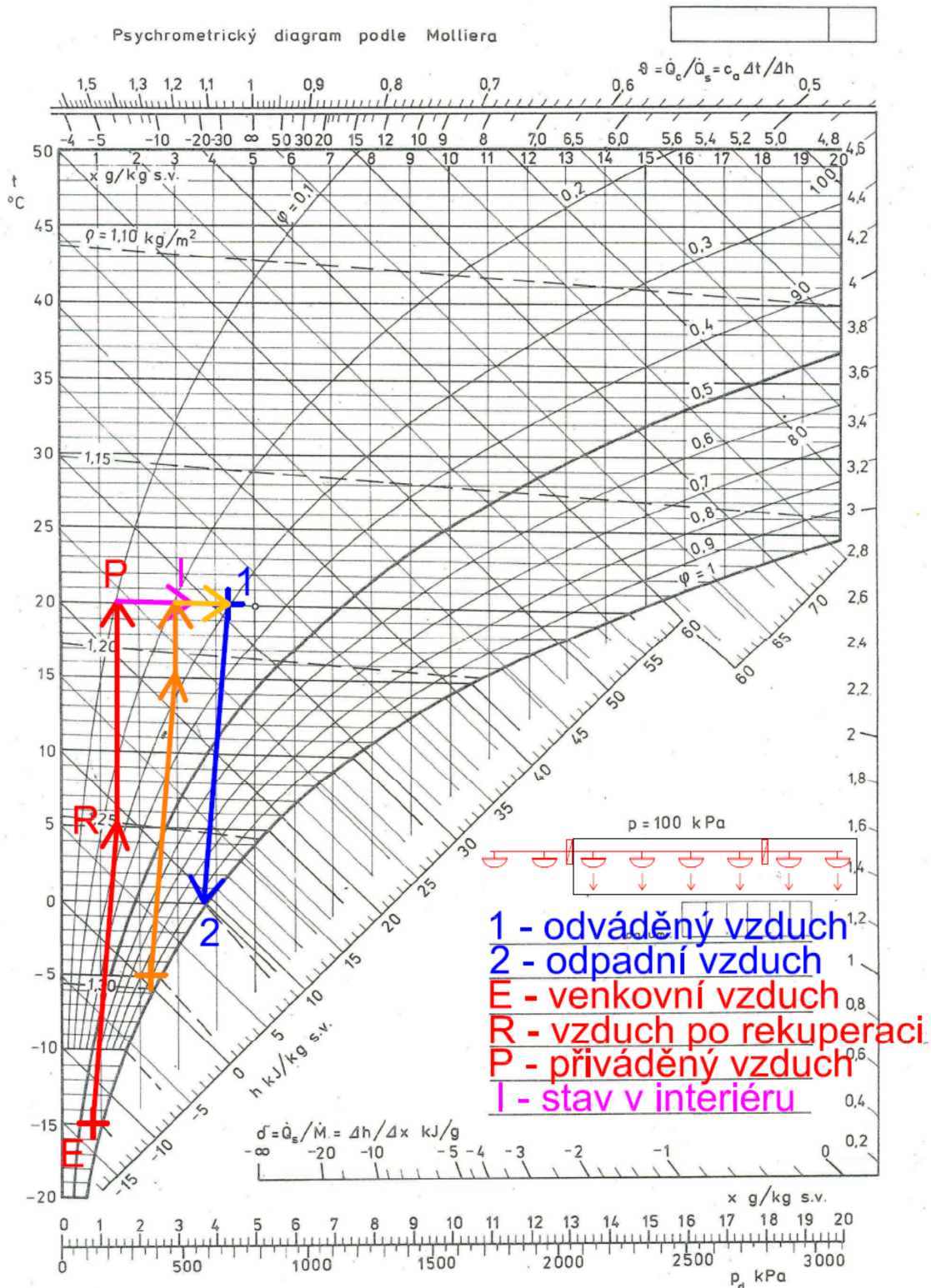
Je uzavřena jedna regulační klapka, vzduch je tedy do místnosti přiváděn pouze 6 dýzami a přivodní vzduch vzduchotechnické jednotky má průtok $6200 \text{ m}^3/\text{h}$. Výkon ventilátoru je snížen a do místnosti je přiváděn pouze venkovní vzduch bez cirkulace. Vzduch je poté ohříván na požadovanou teplotu místnosti.

Produkce páry od osoby při sportovním výkonu je 215 g/h , produkce páry diváka na tribuně je 70 g/h .

$$Q = 40 \times 215 + 60 \times 70 = 12800 \text{ g/h}$$

Do tělocvičny proudí $5700 \text{ m}^3/\text{h}$ vzduchu.

$$\Delta x = \frac{12800}{5700 \times 1,2} = 1,9 \text{ g/kg}$$



Obrázek 34 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 2

Změna měrné vlhkosti vlivem osob nezajistí v těchto podmínkách požadovanou relativní vlhkost vzduchu v tělocvičně. Jak ale vyplývá z h-x diagramu (Obrázek 34), požadované relativní vlhkosti vzduchu je dosaženo při vyšších teplotách venkovního vzduchu. V diagramu je znázorněna oranžovou barvou úprava vzduchu pro venkovní teplotu -5 °C. K teplotám venkovního

vzduchu -15 °C nedochází v našich klimatických podmínkách často, proto není nutné navrhovat do vzduchotechnické jednotky zvlhčování vzduchu.

Režim 3:

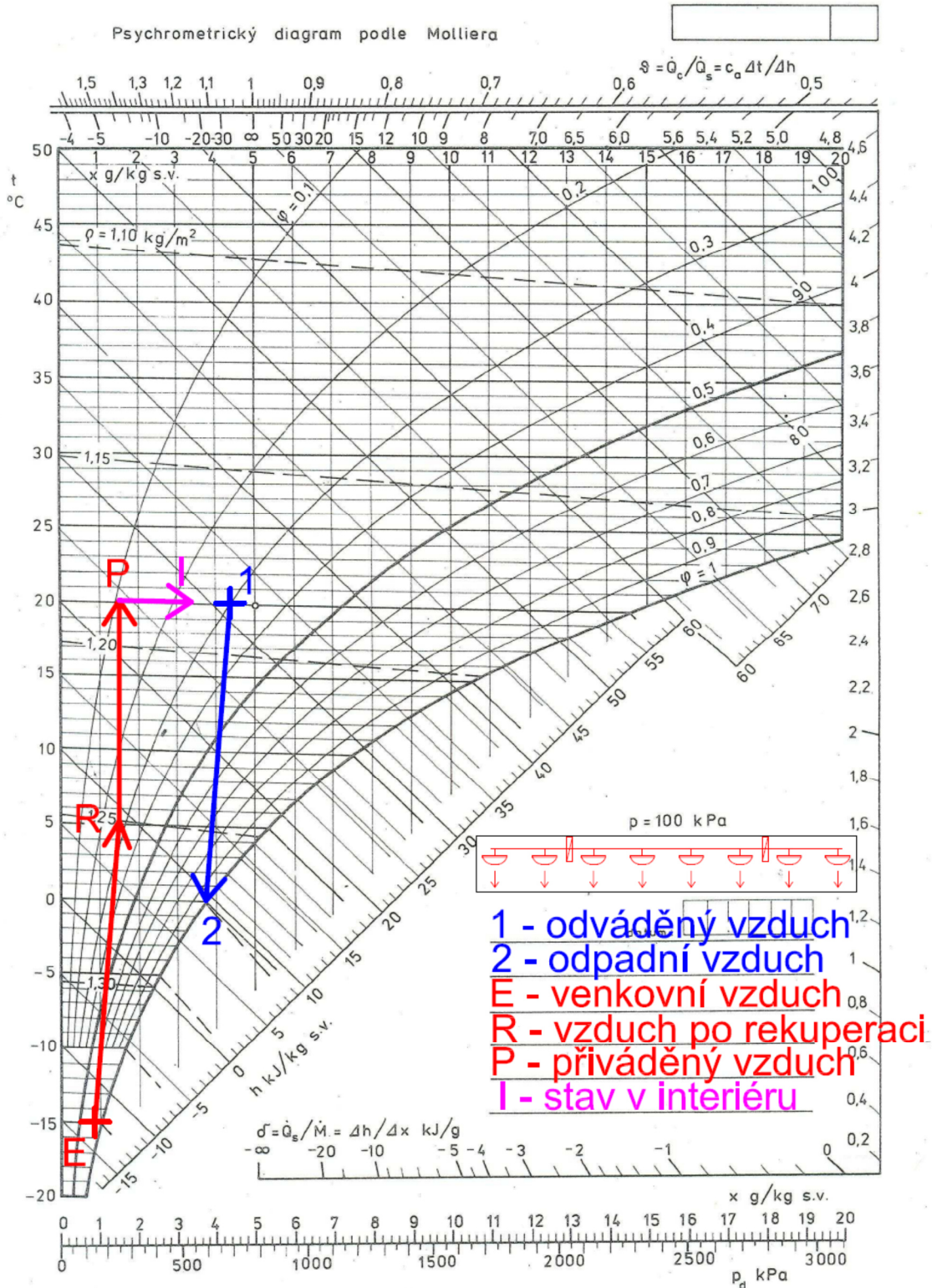
Obě regulační klapky jsou otevřeny, vzduch je tedy do místnosti přiváděn všemi 8 dýzami a přívodní vzduch vzduchotechnické jednotky má průtok 8100 m³/h. Výkon ventilátoru je maximální a do místnosti je přiváděn pouze venkovní vzduch bez cirkulace. Vzduch je poté ohříván na požadovanou teplotu místnosti.

Produkce páry diváka na tribuně je 70 g/h.

$$Q = 250 \times 70 = 17500 \text{ g/h}$$

Do tělocvičny proudí 7600 m³/h vzduchu.

$$\Delta x = \frac{17500}{7600 \times 1,2} 1,9 \text{ g/kg}$$



Obrázek 35 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 3

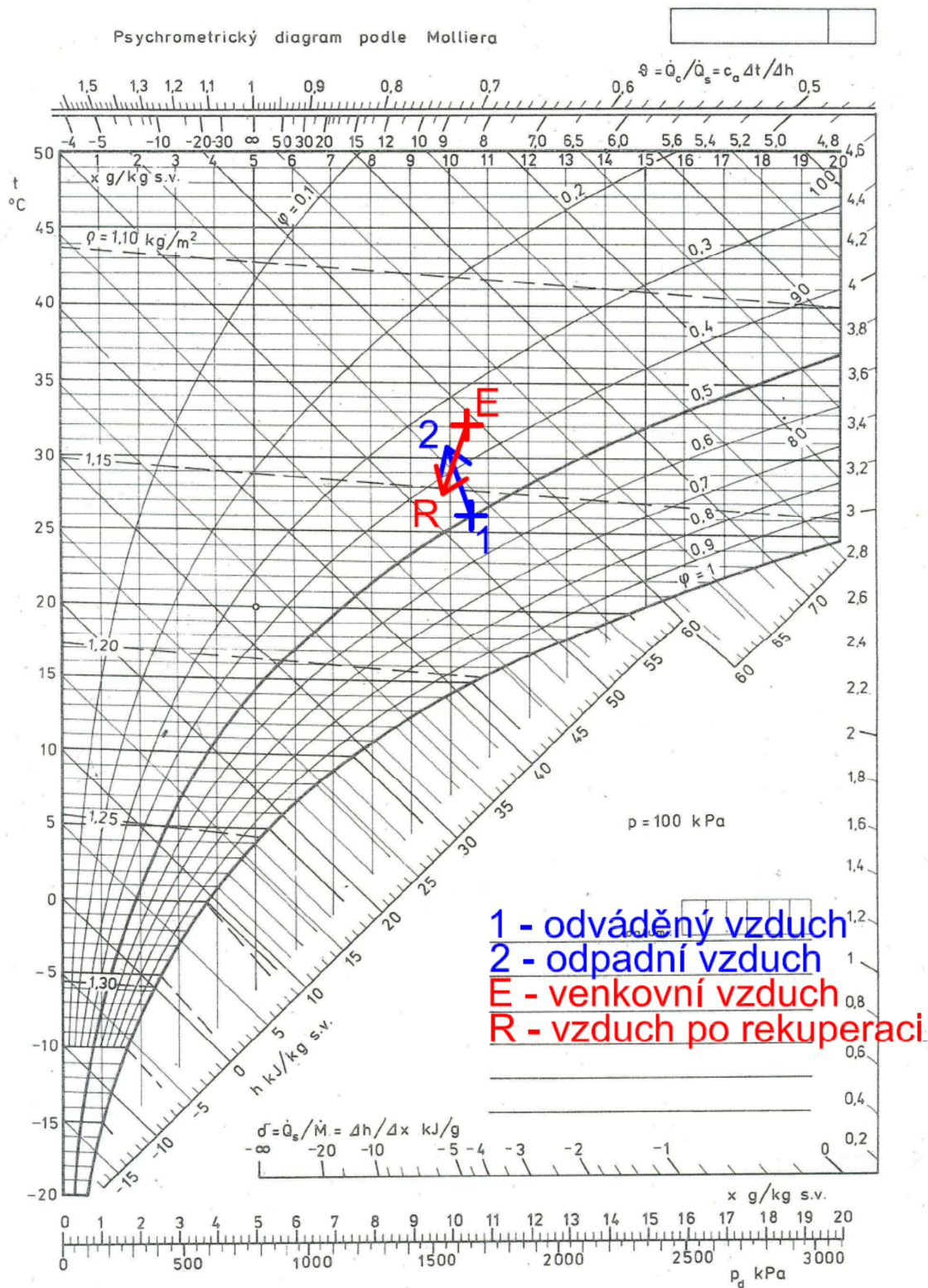
Změna měrné vlhkosti vlivem osob nezajistí v těchto podmínkách požadovanou relativní vlhkost vzduchu v tělocvičně. Jak ale vyplývá z diagramu (Obrázek 34), požadované relativní vlhkosti vzduchu je dosaženo při vyšších teplotách venkovního vzduchu. Není nutné navrhovat zvlhčení vzduchu do vzduchotechnické jednotky.

Teplotní účinnost rotačního výměníku zpětného získávání tepla v letním období je 75 %.

$$t_{zzt} = 26 - 0,75 \times (26 - 32) = 30,5 \text{ °C}$$

Rozdíl entalpie přiváděného vzduchu přes rotační výměník je stejný jako rozdíl entalpie odváděného vzduchu přes rotační výměník. Jedná se o rotační výměník zpětného získávání tepla, ve kterém nedochází ke kondenzaci vzduchu a vzdušná vlhkost z odváděného vzduchu je tedy přiváděna zpět do místnosti.

Úprava vzduchu v letním období je stejná pro všechny tři režimy.



Obrázek 36 h-x diagram pro letní úpravu vzduchu pro zařízení 1

Zařízení 2

Parametry vzduchu pro zařízení 2:

Léto $t_i = 26 \text{ °C}$, $\varphi = 50 \%$

Zima $t_i = 22 \text{ °C}$, $\varphi = 30 \%$

Teplotní účinnost deskového výměníku zpětného získávání tepla v zimním období je 55 %.

$$t_{zzt} = 22 - 0,55 \times (22 - (-15)) = 1,65 \text{ °C}$$

Rozdíl entalpie přiváděného vzduchu přes deskový výměník je stejný jako rozdíl entalpie odváděného vzduchu přes deskový výměník. Jedná se o deskový výměník zpětného získávání tepla, ve kterém dochází ke kondenzaci vzduchu a vzdušná vlhkost z odváděného vzduchu není přiváděna zpět do místnosti.

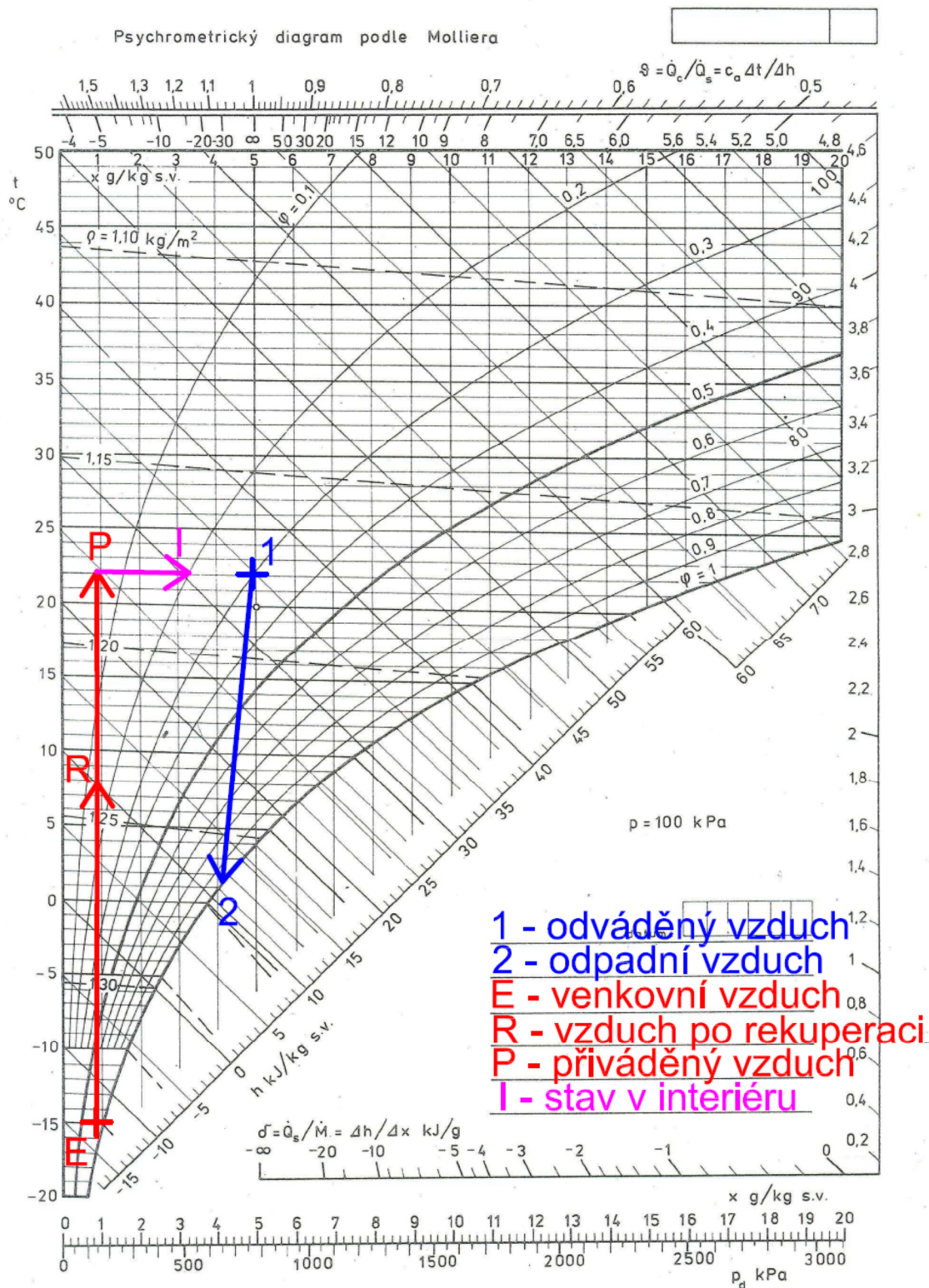
Vzduch je po rekuperaci ohříván na požadovanou teplotu v místnosti. V diagramu (Obrázek 37) je znázorněna úprava vzduchu pro šatnu.

Produkce páry od osoby v šatně je 70 g/h.

$$Q = 15 \times 70 = 1050 \text{ g/h}$$

Do šatny proudí 375 m³/h vzduchu.

$$\Delta x = \frac{1050}{375 \times 1,2} = 2,3 \text{ g/kg}$$



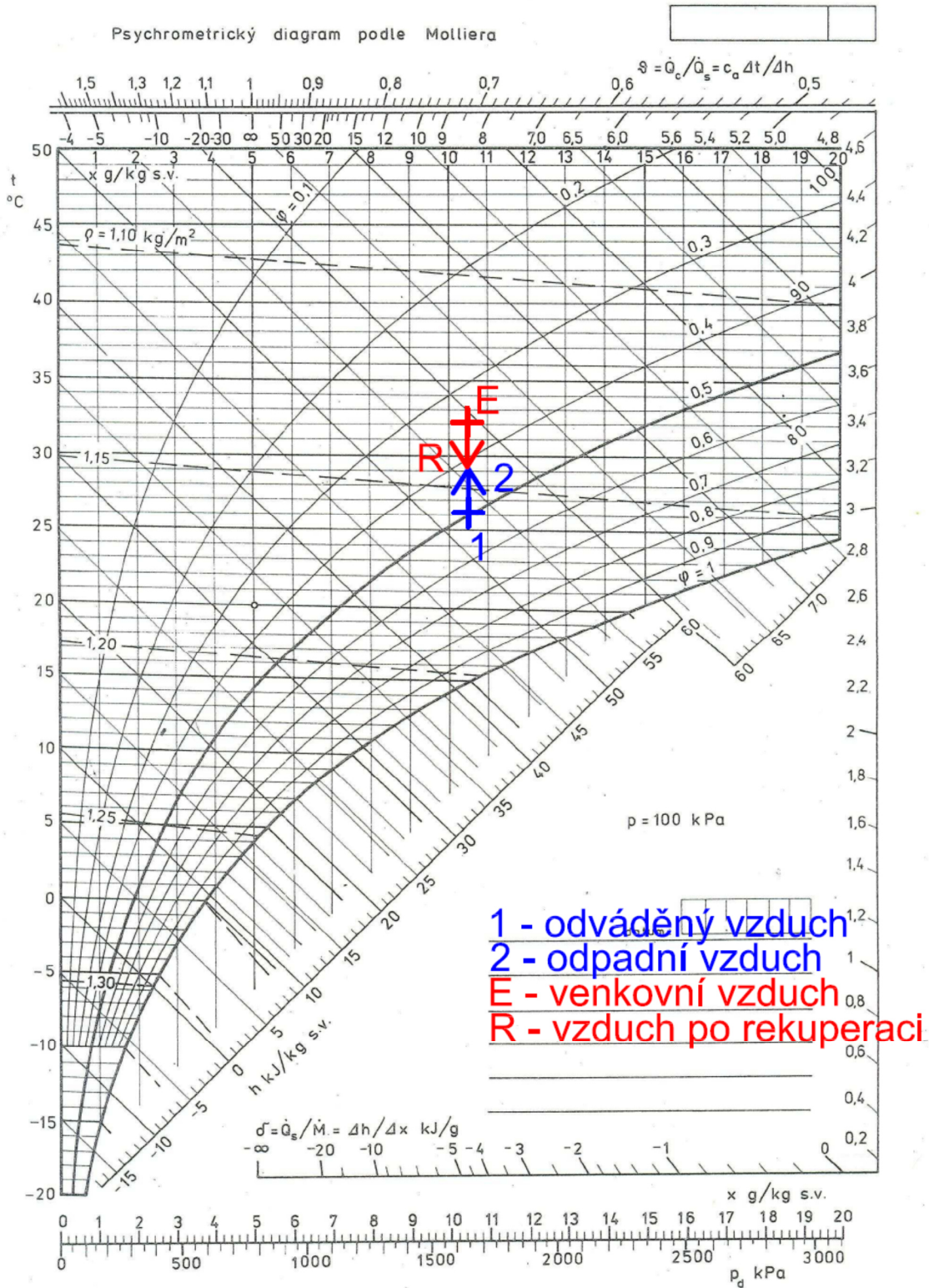
Obrázek 37 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 2

Změna měrné vlhkosti vlivem osob nezajistí v těchto podmínkách požadovanou relativní vlhkost vzduchu v šatně. Požadované relativní vlhkosti vzduchu je dosaženo při vyšších teplotách venkovního vzduchu. Není nutné navrhovat zvlhčení vzduchu do vzduchotechnické jednotky.

Teplotní účinnost deskového výměníku zpětného získávání tepla v letním období je 50 %.

$$t_{zzt} = 26 - 0,50 \times (26 - 32) = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Rozdíl entalpie přiváděného vzduchu přes deskový výměník je stejný jako rozdíl entalpie odváděného vzduchu přes deskový výměník. Jedná se o deskový výměník zpětného získávání tepla, ve kterém dochází ke kondenzaci vzduchu a vzdušná vlhkost z odváděného vzduchu není přiváděna zpět do místnosti.



Obrázek 38 h-x diagram pro letní úpravu vzduchu pro zařízení 2

2.8 Útlum hluku

Řešený objekt je školní areál. Hodnota hladiny akustického tlaku v tělocvičně, kde se předpokládá dlouhodobý pobyt dětí, je proto stanovena na 45 dB(A). V šatnách, umývárkách a ostatních místnostech obsluhovaných zařízení 2 se nepředpokládá dlouhodobý pobyt dětí, proto je hodnota hladiny akustického tlaku stanovena na 50 dB(A).

2.8.1 Hluk v potrubí

Ventilátor způsobuje hluk v potrubí, který se následně šíří až do místnosti, kde se posuzuje hladina akustického tlaku v místě posluchače. Pokud hladina přesáhne předepsanou hodnotu, instaluje se na potrubí tlumič hluku, který hodnotu hladiny akustického tlaku sníží.

Hladina akustického tlaku se posuzuje pro přívodní i odvodní potrubí. Pro zařízení 1 je na přívodním potrubí posuzována nejbližší dýza v tělocvičně a na odvodním potrubí nejbližší nastavitelná výustka v tělocvičně. Pro zařízení 2 je na přívodním i odvodním potrubí posuzován anemostat v bufetu.

V tabulce 8 až 11 je popsáno šíření hluku od ventilátoru do místnosti přívodním i odvodním potrubím pro obě vzduchotechnická zařízení.

L_w – součtová hladina (dB)

$$L_{vv} = 10 \times \log(10^{0,1 \times L_1} + \dots + 10^{0,1 \times L_8})$$

$L_1 \dots L_8$ – hladiny akustického výkonu v oktákových pásmech (dB)

D_k – útlum koncovým odrazem (dB(A))

$$D_k = 10 \times \log \left[1 + \left(\frac{c}{\pi \times f \times d} \right)^{1,88} \right]$$

c – rychlost vzduchu (m/s)

$$c = 344 \text{ m/s}$$

f – frekvence (Hz)

d – rovnocenný průměr otvoru (m)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

A – plocha otvoru (m²)

L_{s0} – hladina akustického tlaku v místě posluchače (dB)

$$L_{s0} = L_s + 10 \times \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

L_s – hladina akustického výkonu všech výustek (dB)

Q – směrový činitel (-)

r – vzdálenost od výustky k posluchači (m)

A_p – pohltivá plocha místnosti (m^2)

$$A_p = \alpha \times S$$

α – součinitel absorpce (-)

S – plocha konstrukcí obklopujících místnost (m^2)

Tabulka 8 Posouzení hluku na přívodu do místnosti pro zařízení 1

ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - PŘÍVOD											
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech									
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L_{vv}	Hluk ventilátoru										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	71	78	83	89	90	84	77	65	94
K_a	Hladina akustického výkonu zdroje 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
L_{vv}	součet	3	71	78	83	89	90	84	77	65	94
D_p	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí (14,7 m)	0	0	8,8	4,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
	Oblouky a kolena (5 ks)	0	0	0	5	10	15	15	15	15	
	Ohebné potrubí (0,5 m)	0	3,8	6,8	8,8	7,3	5,5	4,0	5,3	3,0	
D_k	Útlum koncovým odrazem	22,1	16,6	11,3	6,4	2,8	1,0	0,3	0,1	0,0	
	útlum tlumič hluku 1	0	3	9	21	24	40	40	26	21	
	útlum tlumiče hluku 1 (např. ohebné potr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	48	42	37	43	26	23	28	24	46
L_{vy}	Hladina akustického výkonu vyústky										21
K	Korekce na počet vyústek								počet vyústek:	8	9
L_s	Hladina akustického výkonu všech vyústek										55
Q	směrový činitel										2
r	vzdálenost od vyústky k posluchači										3,8
A_p	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m^2)					1193,5	pohltivost (-)		0,1	119
L_{s0}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										42
$L_{p,A}$	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										45

Aby hladina akustického tlaku v místě posluchače nepřesáhla 45 dB, je navržen kulisový tlumič hluku s mezerami $s = 60$ mm, délka tlumiče je 1500 mm.

Tabulka 9 Posouzení hluku na odvodu z místnosti pro zařízení 1

ZAŘÍZENÍ 1 - TĚLOCVIČNA - ODVOD											
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L_{vv}	Hluk ventilátoru										
L_{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	58	68	72	78	61	47	40	25	80
K_a	Hladina akustického výkonu zdroje 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
L_{vv}	součet	3	58	68	72	78	61	47	40	25	79
D_p	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí (9,1 m)	0	0	5,5	2,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
	Oblouky a kolena (3 ks)	0	0	0	3	6	9	9	9	9	
	Ohebné potrubí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D_k	Útlum koncovým odrazem	18,0	12,7	7,6	3,6	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	
	útlum tlumič hluku 1	0	3	12	29	32	46	49	31	25	
	útlum tlumiče hluku 1 (např. ohebné potr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L_{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	42	43	34	37	4	0	0	0	44
L_{vy}	Hladina akustického výkonu výústky										24
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:	8		9
L_s	Hladina akustického výkonu všech výústek										53
Q	směrový činitel										2
r	vzdálenost od výústky k posluchači										3,6
A_p	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m ²)					1193,5	pohltivost (-)		0,1	119
L_{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										40
$L_{p,A}$	Předeepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										45

Aby hladina akustického tlaku v místě posluchače nepřesáhla 45 dB, je navržen kulisový tlumič hluku s mezerami $s = 40$ mm, délka tlumiče je 1500 mm.

Tabulka 10 Posouzení hluku na přívodu do místnosti pro zařízení 2

ZAŘÍZENÍ 2 - ŠATNY - PŘÍVOD											
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L _{VV}	Hluk ventilátoru										
L _{VV}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	48	59	76	71	71	69	65	58	79
K _a	Hladina akustického výkonu zdroje 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
L _{VV}	součet	3	48	59	76	71	71	69	65	58	79
D _p	Přirozený útlum										
	Rovně potrubí (5,75 m)	0	0	3,5	1,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
	Oblouky a kolena (2 ks)	0	0	0	0	2	4	6	6	6	
	Ohebné potrubí (1 m)	0	10,5	17,5	23	19	15	11	14	8,5	
D _k	Útlum koncovým odrazem	25,5	20,0	14,5	9,3	4,8	1,9	0,6	0,2	0,0	
	útlum tlumič hluku 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum tlumiče hluku 1 (např. ohebné potr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _{V1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	17	24	42	44	49	51	44	43	54
L _{VY}	Hladina akustického výkonu vyústky										30
K	Korekce na počet vyústek							počet vyústek:	1		0
L _S	Hladina akustického výkonu všech vyústek										54
Q	směrový činitel										2
r	vzdálenost od vyústky k posluchači										1,1
A _p	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)					74,5	pohltivost (-)		0,3	22
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										49
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50

Hladina akustického tlaku v místě posluchače je nižší než 50 dB, proto není nutné navrhovat tlumič hluku.

Tabulka 11 Posouzení hluku na odvodu z místnosti pro zařízení 2

ZAŘÍZENÍ 2 - ŠATNY - ODVOD											
ozn.	ŠÍŘENÍ HLUKU OD VENTILÁTORU DO MÍSTNOSTI	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
	frekvence (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L _{vv}	Hluk ventilátoru										
L _{vv}	Hladina akustického výkonu zdroje 1	0	31	46	57	50	44	33	25	25	59
K _a	Hladina akustického výkonu zdroje 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
L _{vv}	součet	3	31	46	57	50	44	33	25	25	58
D _p	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí (4,8 m)	0	0	2,9	1,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	Oblouky a kolena (1 ks)	0	0	0	0	1	2	3	3	3	
	Ohebné potrubí (1 m)	0	10,5	17,5	23	19	15	11	14	8,5	
D _k	Útlum koncovým odrazem	25,5	20,0	14,5	9,3	4,8	1,9	0,6	0,2	0,0	
	útlum tlumič hluku 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	útlum tlumiče hluku 1 (např. ohebné potr.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L _{v1}	Hladina akustického výkonu ve výústce	0	0	11	23	24	24	18	7	13	29
L _{vy}	Hladina akustického výkonu výústky										36
K	Korekce na počet výústek							počet výústek:	1		0
L _s	Hladina akustického výkonu všech výústek										37
Q	směrový čítnel										2
r	vzdálenost od výústky k posluchači										1,1
A _p	pohltivá plocha místnosti	plocha všech povrchů místnosti (m2)					74,5	pohltivost (-)		0,3	22
L _{so}	Hladina akustického tlaku v místě posluchače										32
L _{p,A}	Předepsaná hodnota hladiny akustického tlaku v místnosti										50

Hladina akustického tlaku v místě posluchače je nižší než 50 dB, proto není nutné navrhovat tlumič hluku.

2.8.2 Hluk do okolí

Vzhledem k tomu, že jsou vzduchotechnické jednotky umístěny na střeše, je třeba ověřit hladinu akustického tlaku, která se šíří do okolí. Ověřuji hladinu akustického tlaku ve vzdálenosti 3 m od jednotky.

L_p – hladina akustického tlaku ve vzdálenosti r od zdroje hluku (dB)

$$L_p = L_w + 10 \times \log \left(\frac{Q}{4 \times \pi \times r^2} \right)$$

L_w – hladina akustického tlaku zdroje hluku (dB)

Q – směrový čítnel (-)

r – vzdálenost od zdroje hluku (m)

Zařízení 1:

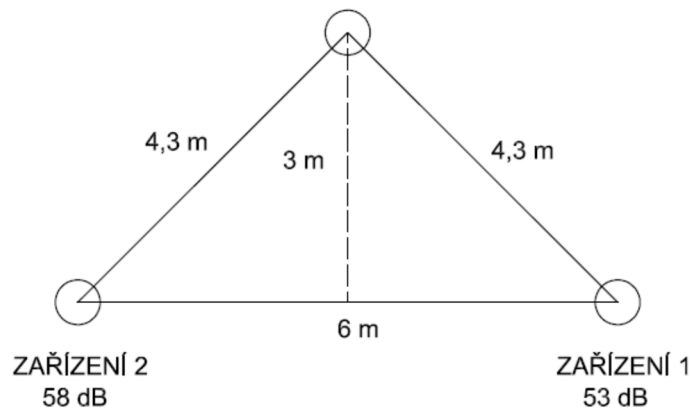
$$Lp = 53 + 10 \times \log\left(\frac{2}{4 \times \pi \times 3^2}\right) = 35dB$$

Zařízení 2:

$$Lp = 58 + 10 \times \log\left(\frac{2}{4 \times \pi \times 3^2}\right) = 40dB$$

Hladina akustického tlaku hluku ve vzdálenosti 3 m od zdroje nepřesáhne ani u jednoho vzduchotechnického zařízení hodnotu 45 dB.

Nejkritičtější situace nastává v místě mezi jednotkami. Hladina akustického tlaku hluku je opět posuzována ve vzdálenosti 3 m od vzduchotechnických jednotek.



Obrázek 39 Schéma kritického místa posouzení hluku

$$Lp1 = 53 + 10 \times \log\left(\frac{2}{4 \times \pi \times 4,3^2}\right) = 32dB$$

$$Lp2 = 58 + 10 \times \log\left(\frac{2}{4 \times \pi \times 4,3^2}\right) = 37dB$$

$$Lp = 10 \times \log(10^{0,1 \times 32} + 10^{0,1 \times 37}) = 38dB$$

Hladina akustického tlaku hluku v nejkritičtějším místě nepřekročí hodnotu 45 dB, proto není třeba navrhovat tlumiče hluku na straně proudění vzduchu do okolí.

2.9 Technická zpráva

2.9.1 Úvod do technické zprávy

Předmětem projektové dokumentace pro stupeň v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení je návrh vzduchotechnického zařízení v tělocvičně a přilehlém zázemí. Objekt se nachází v obci Karviná. Návrhem je zajištěno větrání tělocvičny, skladů, bufetu a přilehlých šaten s hygienickým zázemím.

2.9.1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování projektové dokumentace byly výkresy půdorysů a řezů. Součástí jsou také příslušné zákony, prováděcí vyhlášky, technické normy a podklady výrobců.

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- Mandík a.s. – podklady výrobce
- Atrea s.r.o. – podklady výrobce
- UNIVENT, s.r.o. – podklady výrobce
- Soler & Palau Ventilation Group – podklady výrobce

2.9.1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo:	Karviná
Nadmořská výška:	221 m n. m.
Normální tlak vzduchu:	98,1 kPa
Výpočtová teploty vzduchu:	Léto 32 °C, 35 %, Zima -15 °C, 90 %

2.9.1.3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Vzduchotechnika zajišťuje přívod čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu.

Tabulka 12 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Zařízení	Teplota (°C)		Relativní vlhkost (%)		Hladina akustického tlaku (dB)
	Zima	Léto	Zima	Léto	
1	20	26	30	50	45
2	22	26	30	50	50

2.9.2 Základní koncepční řešení

V návrhu jsou dvě vzduchotechnické jednotky, obě umístěné na ploché střeše nad sklady vedle tělocvičny a bufetem. Zařízení 1 obsluhuje tělocvičnu, sklad náradí a sklad u tribuny. Zařízení 2 obsluhuje bufet, zázemí bufetu, obě chodby, šatny, umývárny, WC a úklidovou místnost. Jednotky jsou navrženy pro větrání s ohřevem vzduchu na pokrytí ztráty větráním. Regulace vzduchotechniky je zajištěna pro zařízení 1 digitální regulací RD5 a pro zařízení 2 základní regulací CP.

2.9.2.1 Hygienické větrání a klimatizace

Obě vzduchotechnické jednotky jsou navrženy rovnotlaké.

- Dávka venkovního vzduchu na sportující osobu je 90 m³/h, na nespportující osobu 30 m³/h

- Dávka vzduchu na šatní místo je 25 m³/h
- Dávka vzduchu na umyvadlo je 30 m³/h, na WC 50 m³/h, na pisoár 25 m³/h, na sprchu 200 m³/h, na výlevku 30 m³/h
- Rovnotlaké větrání je zajištěno v tělocvičně, skladech, bufetu se zázemím a na chodbě propojující s dalším pavilonem
- Podtlakové větrání je zajištěno v hygienických místnostech, vzduch je přiváděn z okolních prostor
- Přetlakové větrání je v šatnách a v chodbě k tělocvičně
- V tělocvičně jsou navrženy 3 režimy provozu s různým přívodním průtokem vzduchu, ve 2 režimech je tělocvična větrána podtlakově
- U obou vzduchotechnických zařízení je použita jednostupňová filtrace stupně G4

2.9.2.2 Energetické zdroje

Elektrická energie

Elektrická energie je uvažována pro pohon EC ventilátorů a napájení digitálních ovladačů regulace.

Tepelná energie

Pro ohřev vzduchu v tepelných výměnících a ohřivačích vzduchotechnických jednotek bude sloužit topná voda 90/70 °C.

2.9.3 Popis technického řešení

2.9.3.1 Koncepce větracích zařízení

Vzduchotechnická zařízení zajišťují nucené větrání. Vzduchotechnické jednotky jsou umístěny na ploché střeše. Pro distribuci vzduchu slouží v celé navrhované části objektu obdélníkové potrubí z pozinkovaného ocelového plechu. Přívodní potrubí je tepelně izolováno, stejně jako potrubí vedoucí od vzduchotechnických jednotek do objektu. V tělocvičně jsou jako koncové prvky pro přívod vzduchu použity dýzy s dalekým dosahem napojeny pomocí flexi hadic. Pro odvod vzduchu v tělocvičně jsou použity nastavitelné výstky montované přímo do potrubí. V umývárkách, WC, šatnách a úklidové místnosti jsou pro odvod vzduchu instalovány talířové ventily napojeny pomocí flexi hadic. V ostatních místnostech jsou pro přívod i odvod vzduchu použity čtvercové anemostaty napojeny flexi hadicemi přes přípojovací skříň.

Zařízení 1 – větrání tělocvičny

Zařízení 1 slouží k nucenému větrání tělocvičny, skladu u tribuny a skladu náradí. Jedná se o nástřešní kompaktní jednotku, která přivádí a odvádí vzduch do všech jmenovaných místností. Jednotka je umístěna na soklu na ploché střeše nad skladem.

Skladba jednotky:

Přívod: tlumící vložka, uzavírací klapka, filtr, rotační výměník, cirkulační klapka, ohřivač, ventilátor, tlumící vložka

Odvod: tlumící vložka, uzavírací klapka, filtr, cirkulační klapka, rotační výměník, ventilátor, tlumící vložka

Zařízení 2 – větrání šaten

Zařízení 2 slouží k nucenému větrání šaten s hygienickým zázemím. Jedná se o nástřešní ležatou kompaktní jednotku, která přivádí vzduch na chodbu mezi tělocvičnou a šatnami, do šaten, bufetu a jeho zázemí a na chodbu do dalšího pavilonu. Jednotka odvádí vzduch z šaten, umývárny, WC, úklidové místnosti, chodby do dalšího pavilonu a bufetu se zázemím. Jednotka je umístěna na základovém rámu na ploché střeše nad bufetem.

Skladba jednotky:

Přívod: uzavírací klapka, filtr, obtoková klapka, deskový výměník, ohřívač, ventilátor

Odvod: uzavírací klapka, filtr, deskový výměník, ventilátor

2.9.4 Nároky na energie

K zajištění chodu větracích zařízení je potřeba zajistit elektrickou energii pro pohon elektromotorů ventilátorů, uzavíracích a regulačních klapek.

2.9.5 Měření a regulace

Zařízení 1 je řízeno a regulováno samostatným systémem digitální regulace RD5. Zařízení 2 je řízeno a regulováno samostatným systémem základní regulace CP.

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Regulace teploty vzduchu v zimním období řízením výkonu elektrického ohřívače
- Umístění teplotních a vlhkostních čidel dle požadavku
- Protimrazová ochrana deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- Protimrazová ochrana teplovodního výměníku
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení
- Snímání a signalizace zanesení filtrů
- Poruchová signalizace
- Snímání signalizace chodu, poruchy

2.9.6 Nároky na související profese

2.9.6.1 Stavební úpravy

- Zřízení soklu pro zařízení 1
- Zesílení ploché střechy pro umístění vzduchotechnických jednotek
- Zřízení prostupů pro vzduchotechnické potrubí
- Obložení a dotěsnění prostupů potrubí izolačními hmotami

2.9.6.2 Silnoproud

- Připojení a spínání vzduchotechnických jednotek a regulace
- Uzemnění zařízení a zajištění ochrany před zásahem elektrickým proudem

2.9.6.3 Vytápění

- Připojení ohřivačů vzduchotechnických jednotek na topnou vodu

2.9.6.4 Zdravotní technika

- Odvedení kondenzátu z deskového výměníku vzduchotechnické jednotky

2.9.7 Protihluková a protitřesová opatření

Do rozvodů jsou uloženy kulisové tlumiče hluku co nejbliž vzduchotechnickým jednotkám. Vzduchotechnické zařízení 1 je připojeno přes pružně manžety. Základový rám zařízení 2 je uložen na pružných podložkách.

2.9.8 Izolace a nátěry

Přívodní potrubí a všechny venkovní části potrubí jsou izolovány deskami z minerální vlny tloušťky 30 mm.

2.9.9 Protipožární opatření

Do rozvodů procházejících požárně dělícími konstrukcemi jsou vsazeny protipožární klapky. Ke klapkám je zajištěn přístup z důvodu údržby.

2.9.10 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

Montáž vzduchotechnických zařízení musí být provedena odbornou firmou podle návodu výrobce. Zařízení musí být po montáži odzkoušena a zregulována a musí být pravidelně kontrolována a čištěna.

2.9.11 Závěr technické zprávy

Navržená vzduchotechnická zařízení splňují požadavky kladené na provoz budovy. Zabezpečují hospodárnost provozu.

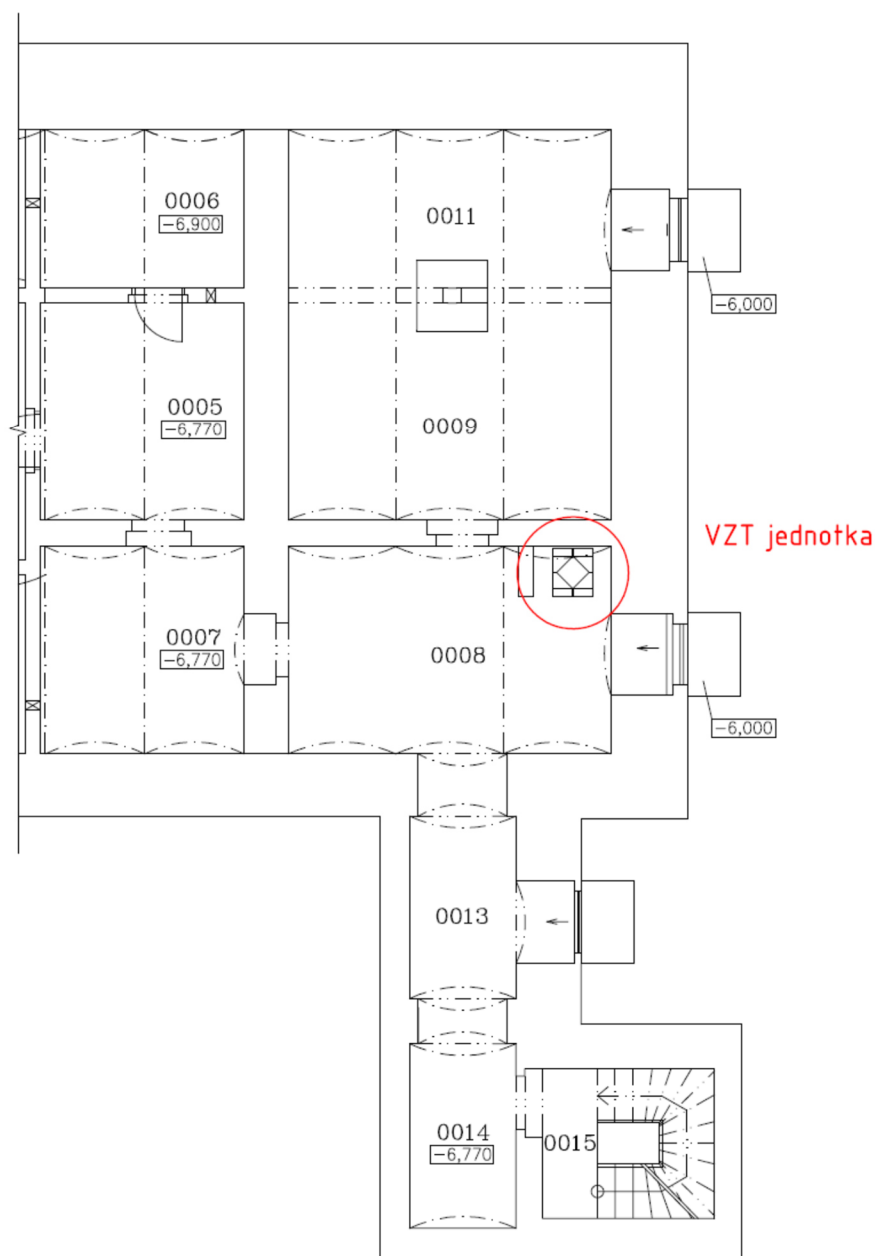
3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

3.1 Úvod

V této části diplomové práce se zabývám experimentálním řešením zadané vzduchotechnické jednotky se zpětným získáváním tepla. Cílem je zanalyzovat chování vzduchotechnické jednotky, určit její výkon a z naměřených hodnot určit účinnost zpětného získávání tepla.

3.2 Popis situace v měřeném prostředí

Vzduchotechnická jednotka se nachází v archivu Knihovnického informačního centra Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Archiv se nachází v suterénu budovy. Jde o několik propojených místností s regály, kde jsou uskladněny bakalářské a diplomové práce. V centrální místnosti je na podlaze v koutě umístěna vzduchotechnická jednotka.



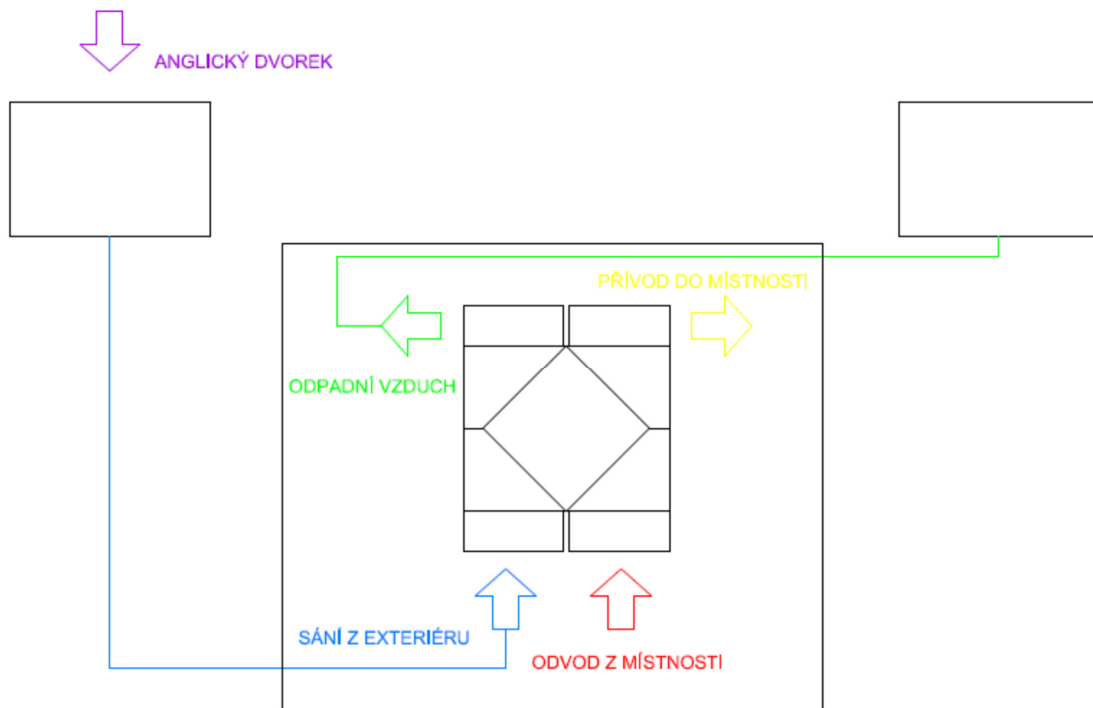
Obrázek 40 Schéma archivu se vzduchotechnickou jednotkou

3.2.1 Popis vzduchotechnické jednotky

Jedná se o malou lehkou kompaktní jednotku AKOR T3/7 od výrobce UNIVENT. Je to rekuperační jednotka se dvěma radiálními ventilátory umístěnými na přívodu do místnosti a odpadním vzduchu z místnosti. Na odvodu odpadního vzduchu je umístěn přídavný ventilátor TD-500/150 výrobce Soler&Palau. Skříň jednotky je vyrobena z odolného šedého polystyrenu, ventilátorové díly a regulační klapky ze žlutého ABS. Motory v jednotce jsou dvouotáčkové asynchronní. Jednotka obsahuje křížový protiproudý deskový výměník z polypropylénu. Maximální průtok vzduchu jednotkou je 400 m³/h, každý ventilátor má příkon 70 W.

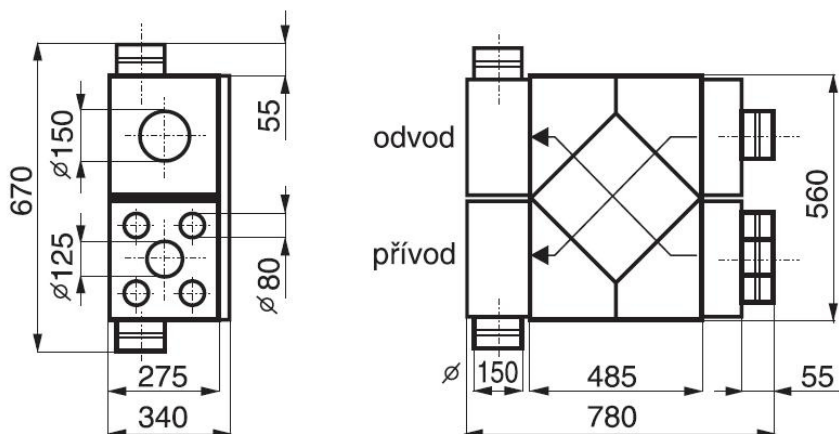


Obrázek 41 Vzduchotechnická jednotka AKOR T3/7



Obrázek 42 Schéma větrání v archivu

Na odvodu vzduchu z místnosti má jednotka jedno hrdlo DN 125 s regulační klapkou a 4 hrdla DN 80 s regulátory průtoku. Ostatní hrdla k přívodu a odvodu vzduchu jsou DN 150. Všechna hrdla jsou opatřena těsněním. Na hrdla jsou napojena plastová flexi potrubí Ø 150 mm, kromě odvodu vzduchu z místnosti, kde je vzduch odebírán přímo přes hrdla vzduchotechnické jednotky.

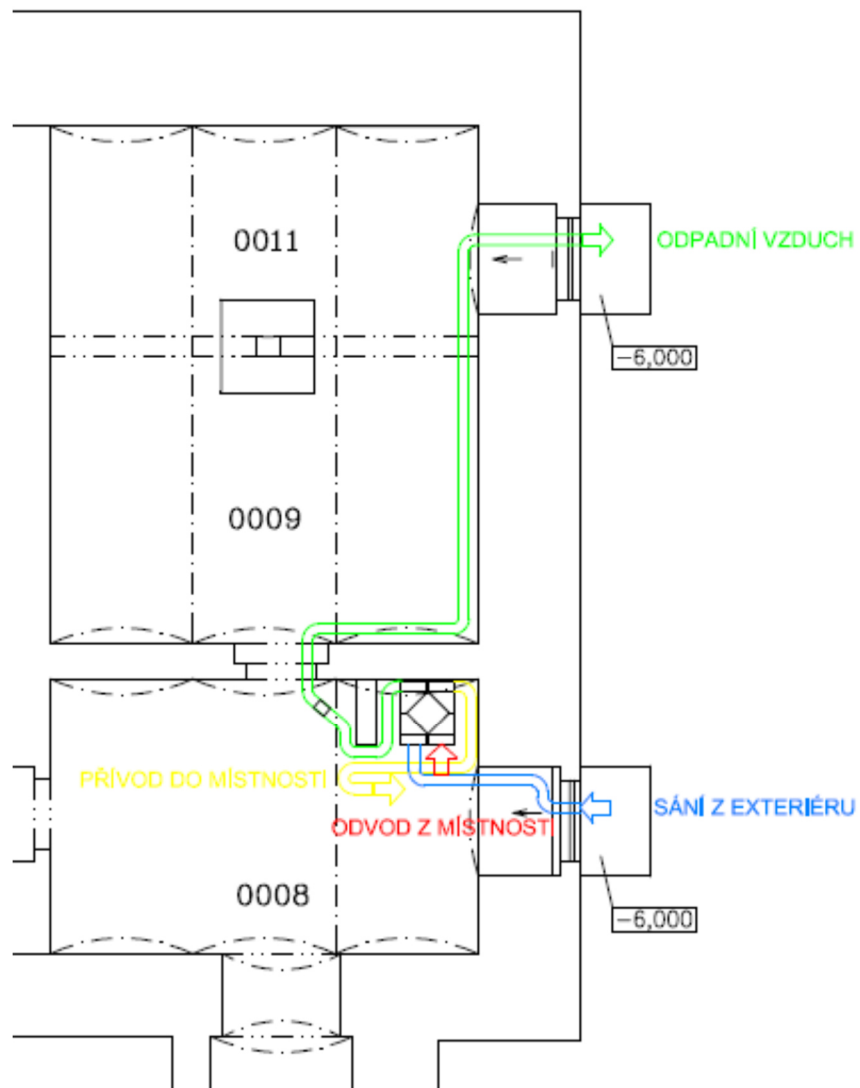


Obrázek 43 Rozměry vzduchotechnické jednotky AKOR T3/7



Obrázek 44 Hrdla pro odvod vzduchu z místnosti

Sání čerstvého vzduchu je realizováno přes anglický dvorek, který ústí na severozápadní straně budovy A Fakulty stavební. Potrubí vychází z anglického dvorku ve výšce 1,7 m a poté vede dolů na podlahu a po podlaze směrem ke vzduchotechnické jednotce. Délka potrubí sání venkovního vzduchu je 4,6 m. Ze vzduchotechnické jednotky vede po podlaze potrubí s přívodním vzduchem do místnosti. Potrubí končí v polici v regálu ve výšce 1,25 m. Délka přívodního potrubí do místnosti je 4,8 m. Z místnosti je vzduch odváděn přes hrdla vzduchotechnické jednotky a poté je odpadní vzduch veden potrubím po podlaze a nahoru do anglického dvorku ve výšce 1,7 m. Délka odpadního potrubí je 13,5 m. Anglický dvorek, přes který je odváděn znehodnocený vzduch se nachází 10 m od přívodního anglického dvorku. Potrubí nejsou izolována.



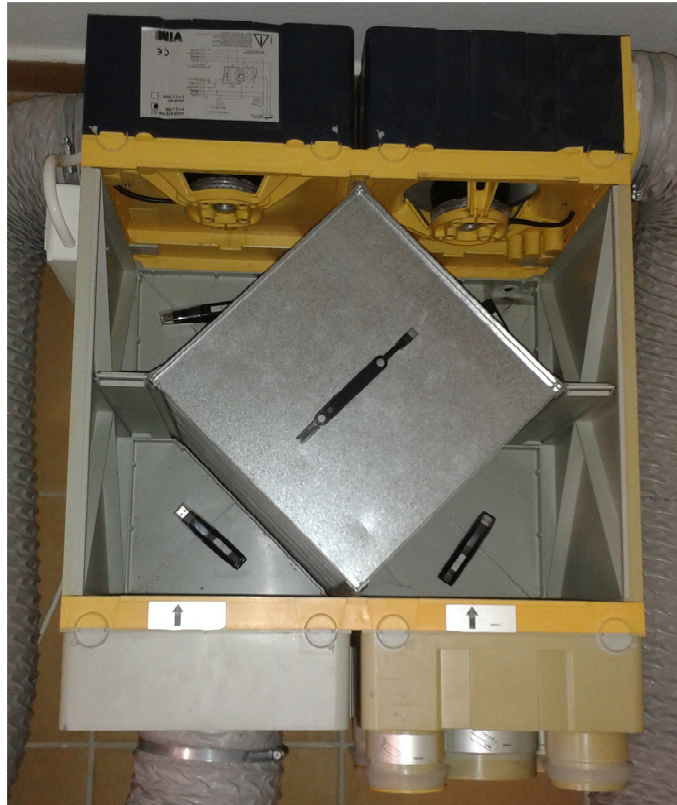
Obrázek 45 Schéma vedení potrubí v archivu



Obrázek 46 Přívod vzduchu z anglického dvorku

3.3 Postup měření

Uvnitř vzduchotechnické jednotky se nachází 4 USB adaptéry, které každých 15 minut zaznamenají aktuální teplotu a relativní vlhkost vzduchu. Adaptéry jsou na jedné straně opatřeny čidly pro měření a na druhé straně USB konektorem pro propojení s PC.



Obrázek 47 Vzduchotechnická jednotka s USB adaptéry



Obrázek 48 USB adaptér

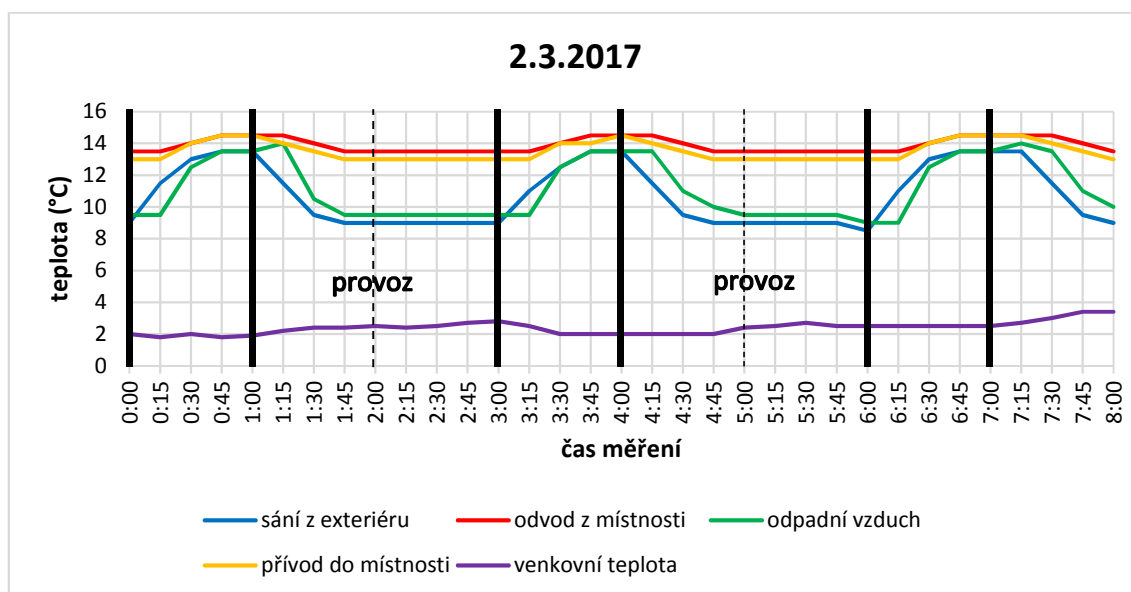
Pomocí programů Datalogger a EasyLog USB jsou naměřená data převáděna do textového souboru v PC. Takto se získá teplota a relativní vlhkost přiváděného vzduchu do místnosti, sání z exteriéru, odvodního vzduchu z místnosti a odpadního vzduchu.

3.4 Výsledky měření

Výsledky jsou zpracovány v počítačovém programu Microsoft Excel. Doba měření je od září 2016 do září 2017, tedy po celý rok.

3.4.1 Popis trendu

Z naměřených dat je v programu MS Excel zpracován graf, který ukazuje závislost naměřené teploty v čase.



Graf 1 Popis trendu vzduchotechnické jednotky

Z grafu jde vidět, že naměřený průběh teplot ve vzduchotechnické jednotce není konstantní. Vzduchotechnická jednotka není v provozu neustále, ale v pravidelných intervalech se vypíná a zapíná. Vypnutí jednotky se děje každé 3 hodiny a po hodině se jednotka opět zapíná. K vypínání dochází v čase 0:00, 3:00, 6:00 atd. Po vypnutí jednotky dochází k růstu teploty sání z exteriéru a teploty odpadního vzduchu, protože v tuto dobu není do vzduchotechnické jednotky přiváděn chladnější venkovní vzduch. Mírnější nárůst je zaznamenán také u přívodní teploty do místnosti a teploty odvodu z místnosti, děje se tak vlivem nepřiváděného chladnějšího venkovního vzduchu a růstu teploty v místnosti. Během hodiny, kdy je vzduchotechnická jednotka vypnuta, tedy dochází k postupnému nárůstu teplot a zmenšení rozdílu teplot mezi teplotami před výměníkem tepla a za výměníkem tepla. Po hodině dojde opět k zapnutí jednotky a teploty začnou klesat. Ustálení teplot trvá 1 hodinu (čárkovaná čára v Grafu 1).

V grafu jsou vyneseny hodnoty pro den 2.3.2017 od začátku dne do 8 hodin ráno. V tuto dobu dosahovala venkovní teplota ke 2 až 3 °C. Hodnoty pro venkovní vzduch jsou převzaty ze stanice TUBO FAST, která se nachází na střeše budovy B Fakulty Stavební. Vzduch je do vzduchotechnické jednotky přiváděn anglickým dvorkem, kde dochází k akumulování teploty, která je tak vyšší než venkovní teplota, v případě velké zimy byl naměřen rozdíl venkovní teploty a teploty sání do jednotky přes 10 °C (Tabulka 13). Teplota sání z exteriéru a teplota odpadního vzduchu jsou téměř stejné, odváděný vzduch totiž předá ve výměníku zpětného získávání tepla teplo přiváděnému vzduchu. Na vypnutí a zapnutí jednotky nejrychleji reaguje teplota sání z exteriéru, vliv se projeví teplotě odpadního vzduchu až poté, co stoupne přívodní a odvodní teplota.

Teplota přiváděného a odváděného vzduchu z místnosti je také téměř stejná, rozdíl mezi nimi je dán oteplením vzduchu v místnosti vlivem tepelných zisků. Jsou to teploty za výměníkem

zpětného získávání tepla. Rozdíl mezi nimi a teplotami před výměníkem udává účinnost výměníku zpětného získávání tepla.

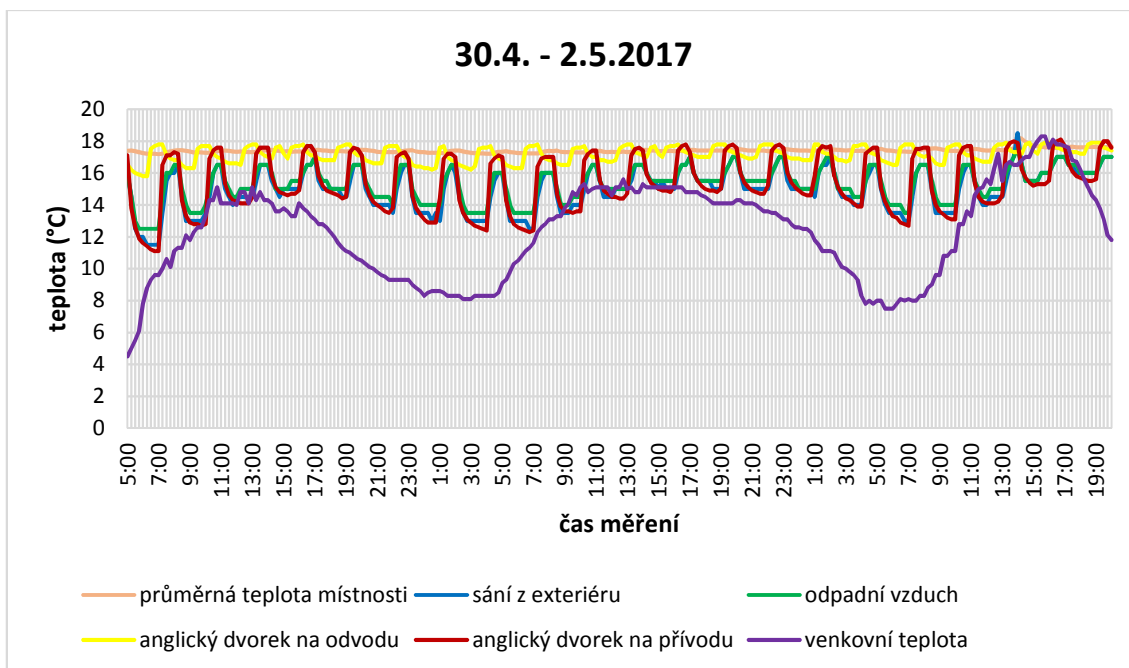
Tabulka 13 Rozdíl venkovní teploty a teploty sání vzduchu z exteriéru

Datum	Čas	t_6 (°C)	t_e (°C)	Δt (°C)	φ_6 (%)	ρ_{v6} (Pa)	x_6 (kg/kg)	φ_e (%)	ρ_{ve} (Pa)	x_e (kg/kg)
28.9.2016	2:00	20,0	9,3	10,7	68,0	2250	0,0099	100,0	1123	0,0072
7.10.2016	2:00	19,0	2,2	16,8	62,5	2114	0,0085	100,0	684	0,0044
15.11.2016	2:00	17,0	-3,5	20,5	56,5	1863	0,0067	100,0	450	0,0029
22.11.2016	2:00	18,0	8,8	9,2	59,5	1985	0,0076	100,0	1086	0,0070
5.12.2016	2:00	7,5	-6,3	13,8	44,5	994	0,0028	100,0	363	0,0023
7.1.2017	2:00	3,5	-14,1	17,6	32,0	751	0,0015	97,4	194	0,0012
13.1.2017	2:00	5,5	-0,7	6,2	61,5	865	0,0034	100,0	554	0,0035
24.2.2017	2:00	10,0	11,3	-1,3	63,0	1178	0,0047	57,9	1285	0,0048
14.3.2017	2:00	9,5	0,4	9,1	51,5	1139	0,0037	100,0	601	0,0038
2.4.2017	2:00	16,5	12,8	3,7	63,0	1805	0,0073	64,8	1419	0,0059
20.4.2017	2:00	15,0	1,5	13,5	60,0	1639	0,0063	75,3	651	0,0031
10.5.2017	14:00	17,0	14,0	3,0	59,5	1863	0,0071	38,5	1536	0,0038
1.7.2017	14:00	20,5	22,8	-2,3	74,0	2321	0,0111	43,5	2673	0,0075
1.8.2017	14:00	21,5	35,9	-14,4	76,5	2469	0,0122	35,2	5709	0,0130

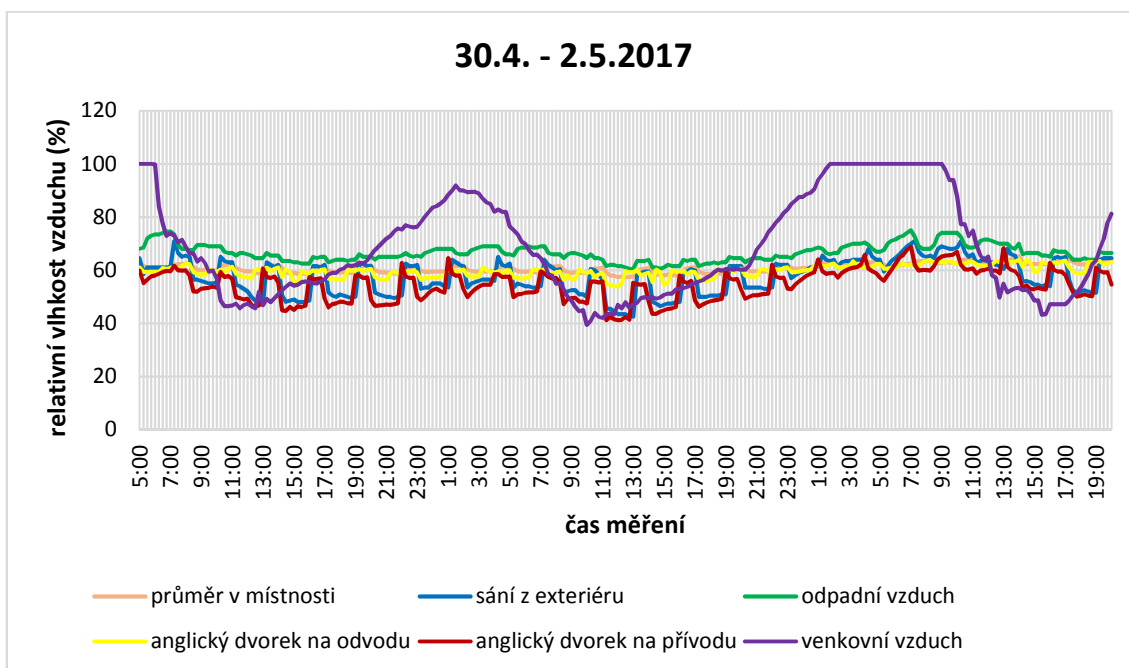
Jak vyplývá z tabulky, rozdíl mezi teplotou sání z exteriéru (modrá barva) a venkovní teplotou (fialová barva) je v průběhu roku velmi proměnlivý, přitom rozdíl měrných vlhkostí je většinou minimální. V zimních měsících je teplota venkovního vzduchu nižší než teplota sání z exteriéru. Naopak v letních měsících je venkovní teplota vyšší než teplota sání z exteriéru. Rozdíl mezi teplotami je dán tím, že vzduch je do vzduchotechnické jednotky přiváděn přes anglický dvorek, kde dochází k akumulaci.

3.4.2 Anglický dvorek

Po zjištění, jak velký vliv může mít v měření sání vzduchu z anglického dvorku, byly přidány USB adaptéry také do obou anglických dvorků. Data z anglických dvorků jsou v grafu srovnána s teplotami sání z exteriéru, odpadním vzduchem, průměrnou teplotou v místnosti a venkovní teplotou.



Graf 2 Porovnání teplot s anglickým dvorkem



Graf 3 Porovnání relativních vlhkostí s anglickým dvorkem

Vliv na teplotu v anglickém dvorku má zapínání a vypínání jednotky a také venkovní teplota. Data jsou z období 30.4. až 2.5.2017, kdy byla venkovní teplota většinu času nižší než teplota v archivu. Rozdíl teploty v anglickém dvorku na přívodu a venkovní teploty je dán akumulací vzduchu v anglickém dvorku. Téměř stejných hodnot jako teplota v anglickém dvorku na přívodu dosahuje teplota sání z exteriéru. Rozdíl je způsoben mírným ohřevem vzduchu v potrubí, jehož délka od anglického dvorku ke vzduchotechnické jednotce je 4,6 m. Teplota odpadního vzduchu je o trochu vyšší než teplota sání z exteriéru, protože vzduch se ohřál v místnosti. Nejvyšší teplotu má vzduch v anglickém dvorku na odvodu, je to způsobeno opět ohřátím vzduchu v potrubí,

které vede v místnosti od vzduchotechnické jednotky k anglickému dvorku. Jeho délka je 13,5 m. Průměrná teplota v místnosti je v tomto období mezi 17 a 18 °C.

Teploty ve vzduchotechnické jednotce kopírují s mírným zpožděním trend růstu a poklesu venkovní teploty. Čím nižší je venkovní teplota, tím je rozdíl teplot při vypnuté a zapnuté jednotce větší. Naopak při větší venkovní teplotě se zmenšuje rozdíl teplot při vypnuté a zapnuté jednotce. Dne 2.5. odpoledne venkovní teplota dosáhla vyšší hodnoty, než byla průměrná teplota v místnosti. Teplota sání z exteriéru byla tedy také vyšší a zmenšil se rozdíl mezi teplotami při vypnuté a zapnuté jednotce a tím poklesla účinnost zpětného získávání tepla.

Druhý graf ukazuje vývoj relativní vlhkosti vzduchu v témže období. Relativní vlhkost vzduchu ve vzduchotechnické jednotce kopíruje trend venkovní relativní vlhkosti vzduchu. Opět se zde projevuje vliv zapínání a vypínání vzduchotechnické jednotky. Nejnižší relativní vlhkost vzduchu je v anglickém dvorku na přívodu a na sání vzduchu z exteriéru. Nejméně proměnlivou vlhkostí je stejně jako u teploty relativní vlhkost vzduchu v anglickém dvorku na odvodu. Než se vzduch dostane do anglického dvoru, prochází potrubím v místnosti, kde se ohřívá. Nejvyšší relativní vlhkost ze vzduchotechnické jednotky má odpadní vzduch vlivem vlhkostní zátěže v místnosti.

Průměrná teplota a relativní vlhkost v místnosti nepatrně reagují na zapínání a vypínání jednotky, ale kopírují celkový trend venkovní teploty a relativní vlhkosti.

Po srovnání grafů teploty a relativní vlhkosti vyplývá obecná závislost: čím nižší teplota venkovního vzduchu, tím vyšší relativní vlhkost venkovního vzduchu. Maximální relativní vlhkost vzduchu je v deštivém počasí a také v noci, kdy dochází k poklesu teplot.

3.4.3 Měrná vlhkost

Aby se dalo porovnat množství vody ve vzduchu v různých částech vzduchotechnické jednotky (před výměníkem a za výměníkem zpětného získávání tepla), je potřeba relativní vlhkost vzduchu přepočítat na měrnou vlhkost vzduchu. Výpočet se provede pomocí teploty a tlaku syté vodní páry.

Tlak syté vodní páry

$$p_v'' = \exp\left(23.58 - \frac{4044,6}{235 + t}\right)$$

p_v'' – tlak syté vodní páry (Pa)

t – teplota (°C)

Měrná vlhkost vzduchu

$$x = 0,622 \times \frac{\varphi \times p_v''}{p - \varphi \times p_v''}$$

x – měrná vlhkost vzduchu (kg/kg)

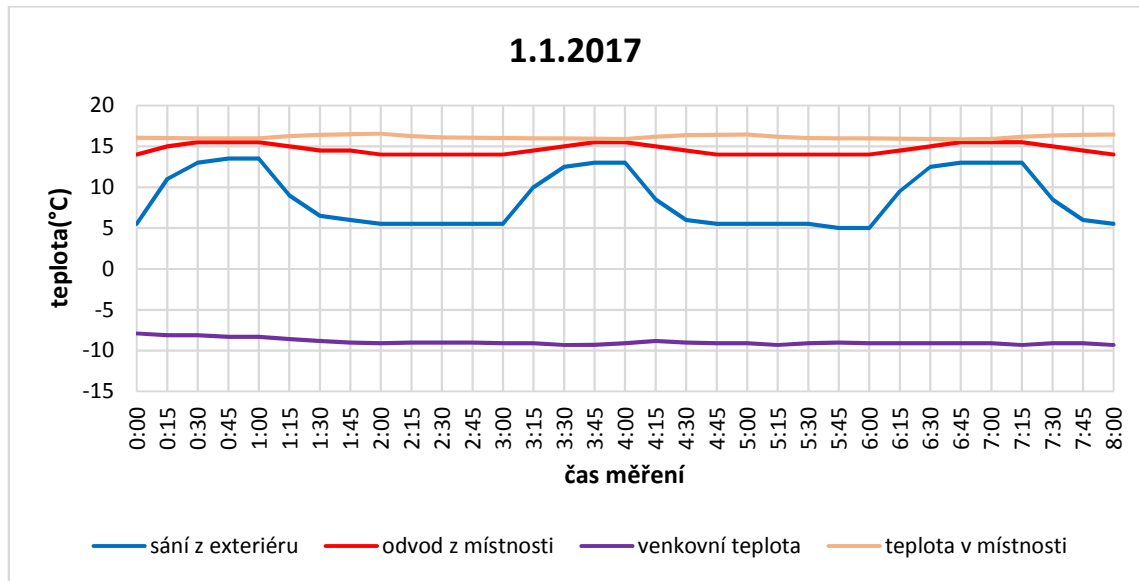
φ – relativní vlhkost vzduchu (%)

p_v'' – tlak syté vodní páry (Pa)

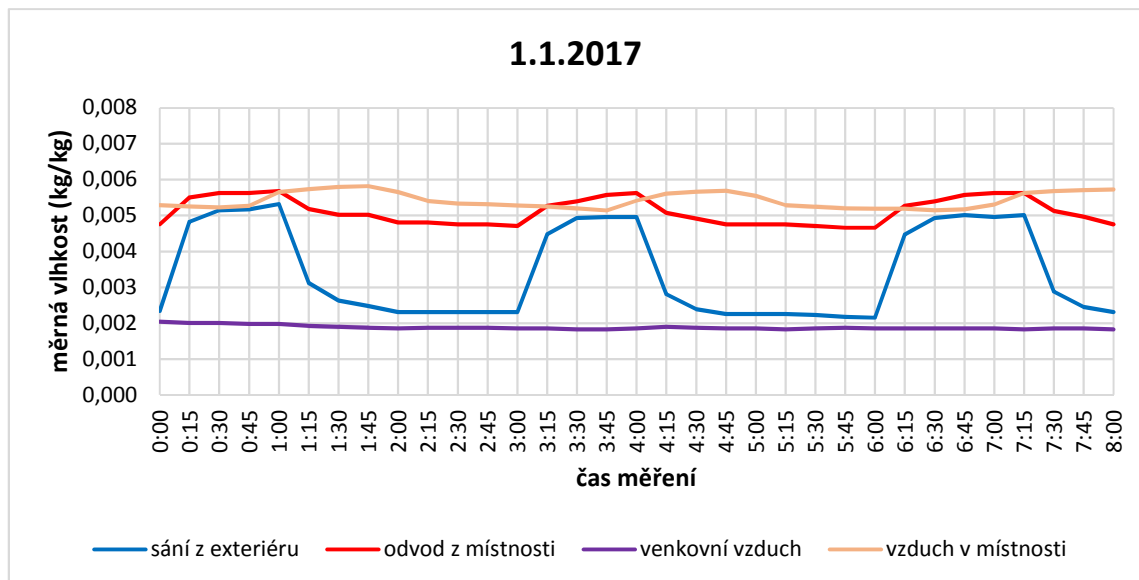
p – tlak atmosférického vzduchu (Pa)

Pro účely výpočtu jsem uvažovala konstantní tlak atmosférického vzduchu $p = 98100$ Pa.

Pro popis měrné vlhkosti ve vzduchu byly vybrány dva dny s různým průběhem měrných vlhkostí, je to 1.1.2017 a 30.1.2017 vždy v době od 0:00 do 8:00 hodin.



Graf 4 Porovnání teplot 1.1.2017

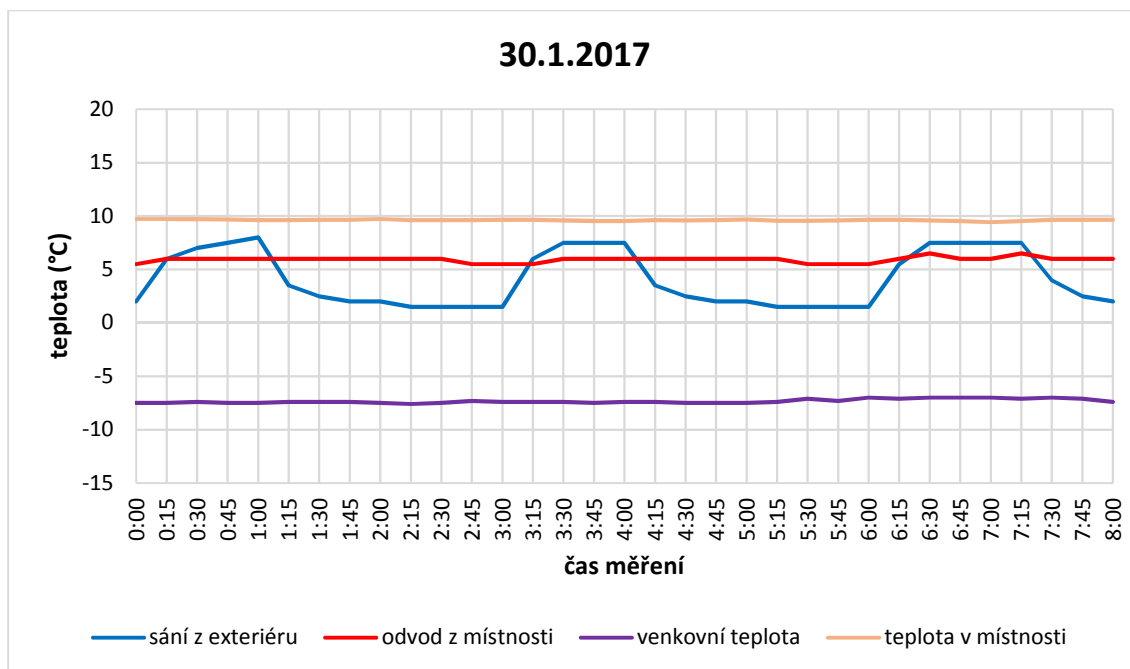


Graf 5 Porovnání měrných vlhkostí 1.1.2017

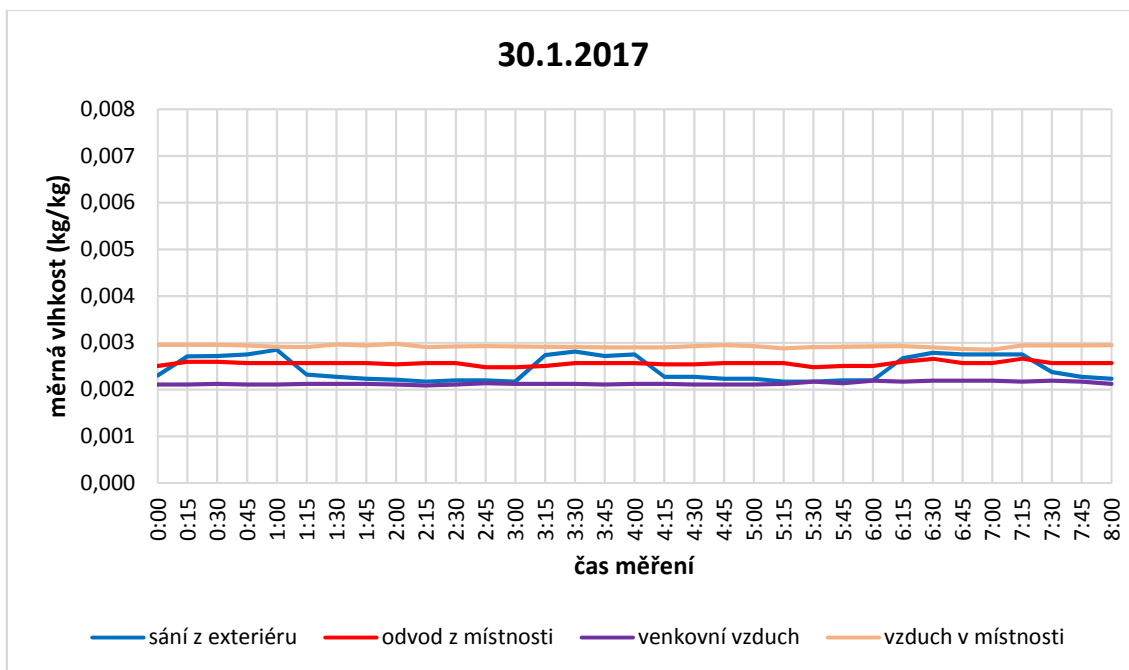
Dne 1.1.2017 dosahuje teplota sání z exteriéru (tedy z přívodního anglického dvorku) 5 °C v době provozu vzduchotechnické jednotky. Odpovídající měrná vlhkost vzduchu je zhruba 2,5 g/kg. Teplota vzduchu, který je odváděn z místnosti je 14 °C, odpovídající měrná vlhkost vzduchu

je 4,8 g/kg. Teplota odváděného vzduchu je po celou dobu vyšší než teplota sání z exteriéru, včetně času, kdy je jednotka vypnutá a teplota v místnosti výrazně stoupá. Teplota také reaguje na zapínání a vypínání jednotky, stoupá po vypnutí a klesá po opětovném zapnutí vzduchotechnické jednotky. Měrná vlhkost vzduchu kopíruje trend teploty. Měrná vlhkost odváděného vzduchu je po celou dobu větší než měrná vlhkost vzduchu z exteriéru. Množství vody ve vzduchu se zvyšuje a snižuje při vypínání a zapínání jednotky, rozdíl je zhruba 2,5 g/kg. Průměrná teplota v místnosti je 16 °C a měrná vlhkost v místnosti je mezi 5 a 6 g/kg.

Z grafu teploty jde vidět, že průměrná teplota v místnosti je nejvyšší a téměř konstantní. V době, kdy se vzduchotechnická jednotka vypne dochází postupně k oteplení vzduchu ve vzduchotechnické jednotce a hodnoty teploty sání z exteriéru a teploty odvodu z místnosti se přibližují průměrné teplotě v místnosti. Měrná vlhkost v místnosti při vypnutí vzduchotechnické jednotky mírně klesá a po zapnutí opět stoupá, průměrně dosahuje podobných hodnot jako měrná vlhkost odvodního vzduchu z místnosti. Měrná vlhkost vzduchu z exteriéru vykazuje velké rozdíly mezi dobou, kdy je jednotka v provozu a dobou, kdy jednotka v provozu není. Vzhledem k nízkým venkovním teplotám je měrná vlhkost venkovního vzduchu nízká (zhruba 2 g/kg).



Graf 6 Porovnání teplot 30.1.2017



Graf 7 Porovnání měrných vlhkostí 30.1.2017

Dne 30.1. 2017 dosahuje teplota sání z exteriéru 2 °C v provozu vzduchotechnické jednotky. Odpovídající měrná vlhkost je 2 g/kg. Teplota odváděného vzduchu z místnosti je 5 °C, odpovídající měrná vlhkost je 2,5 g/kg. Teplota odváděného vzduchu z místnosti je téměř stejná, nereaguje na zapínání a vypínání vzduchotechnické jednotky. Teplota vzduchu z exteriéru je v provozu jednotky nižší než teplota odváděného vzduchu, ale při vypnutí jednotky je vyšší. Měrná vlhkost odváděného vzduchu je také stejná po celou dobu. Měrná vlhkost vzduchu z exteriéru stoupá při vypnutí jednotky téměř k hodnotě 3 g/kg a je vyšší než měrná vlhkost odváděného vzduchu, při vypnutí jednotky je množství vody ve vzduchu 2 g/kg, což je méně než u odváděného vzduchu. Rozdíl množství vody ve vzduchu při vypnutí a zapnutí jednotky je tedy 1 g/kg. Průměrná teplota v místnosti je 10 °C a měrná vlhkost v místnosti je 3 g/kg.

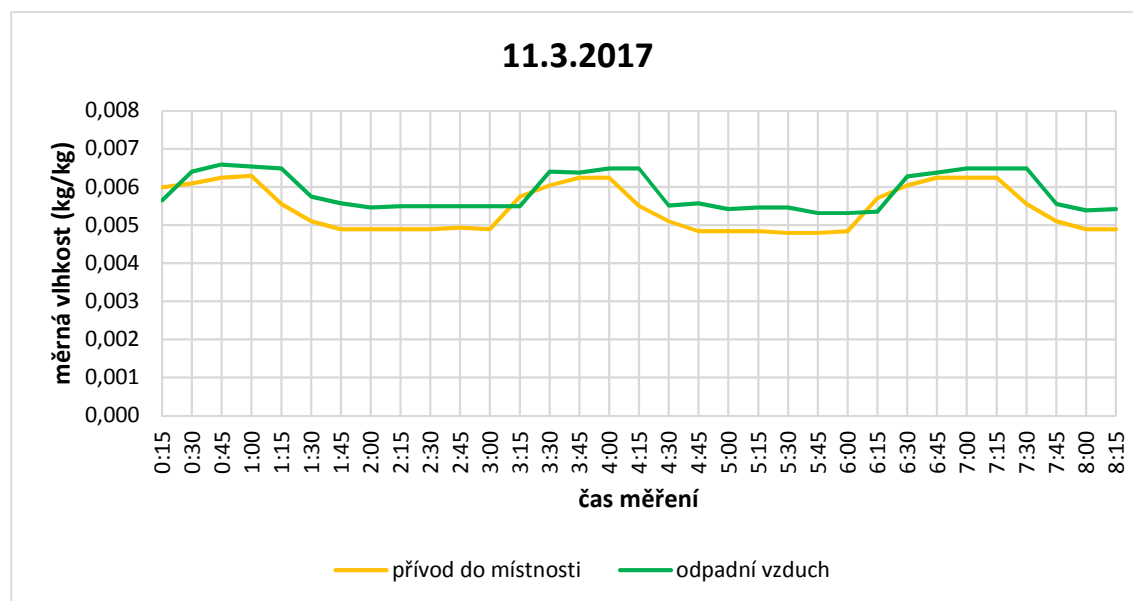
Z obou grafů vyplývá, že průměrná teplota v místnosti je i přes nízkou hodnotu vyšší než teplota ve vzduchotechnické jednotce, a to i v době, kdy jednotka není v provozu. Stejně tak je nejvyšší měrná vlhkost vzduchu v místnosti. Z grafu teploty vyplývá, že teplota odvodního vzduchu v místnosti se téměř nemění a zůstává tedy stejná v provozu jednotky i v přestávce. Naopak teplota sání z exteriéru vykazuje rozdíly v době, kdy je jednotka v chodu a kdy jednotka v chodu není. Teplota sání z exteriéru je dokonce při vypnutí jednotky vyšší než teplota odvodu z místnosti. Stejnou situaci vidíme i v grafu měrné vlhkosti. Měrná vlhkost odvodního vzduchu z místnosti se nemění a měrná vlhkost sání z exteriéru vykazuje rozdíly podle chodu jednotky a v době vypnutí je vyšší než měrná vlhkost odvodního vzduchu.

Z porovnání obou dnů vyplývá, že při zhruba stejné venkovní teplotě (-5 až -10 °C) a stejné měrné vlhkosti venkovního vzduchu (2 g/kg) je rozdíl v průměrných teplotách v místnosti a měrných vlhkostech vzduchu. Dne 1.1.2017 byla průměrná teplota v místnosti kolem 16 °C, zatímco dne 30.1.2017 pouze 10 °C. Měrná vlhkost vzduchu v místnosti byla dne 1.1.2017 5 až 6 g/kg a dne 30.1.2017 3 g/kg. Při vyšší průměrné teplotě v místnosti je vyšší teplota odvodního vzduchu

a také vyšší měrná vlhkost odvodního vzduchu a obě hodnoty jsou nezávisle na chodu jednotky vyšší než hodnoty vzduchu, který sajeme z exteriéru. Při nižší průměrné teplotě v místnosti a nižší měrné vlhkosti vzduchu v místnosti je i nižší teplota a měrná vlhkost odvodního vzduchu, při vypnutí vzduchotechnické jednotky dokonce nižší než teplota a měrná vlhkost vzduchu na straně sání z exteriéru. V tomto případě také dochází k výrazně menším rozdílům měrné vlhkosti vzduchu v době provozu jednotky a přestávky v provozu jednotky.

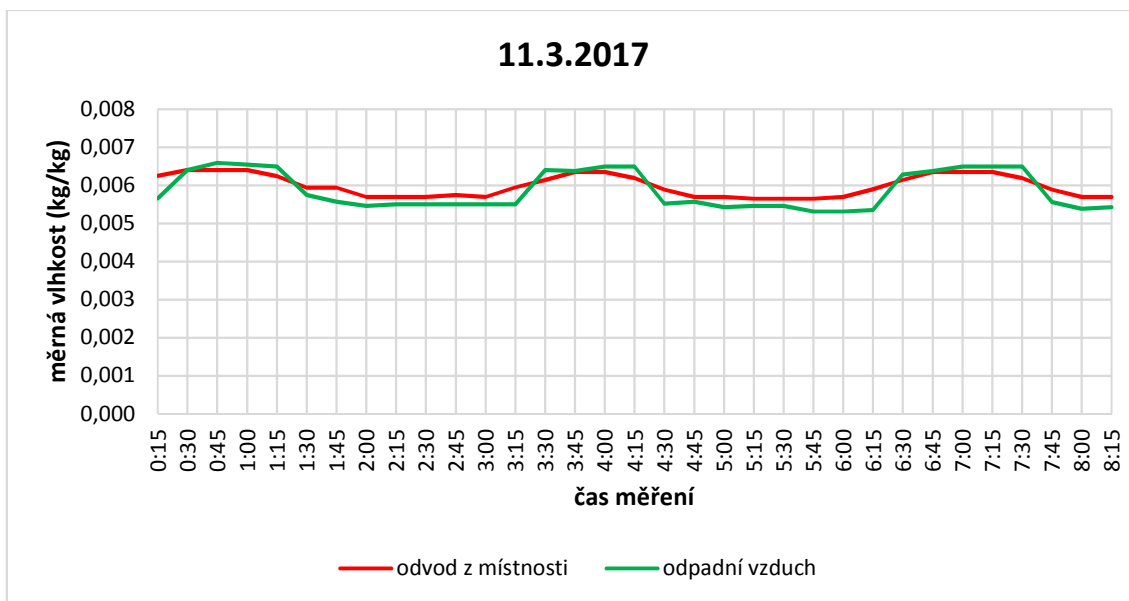
Důvodů k tomuto jevu může být několik. Archiv se nachází v suterénu, teplota a vlhkost v místnosti je velmi proměnlivá vlivem teploty okolní zeminy a vlivem klimatických podmínek. Například při dlouhodobé vysoké vlhkosti venkovního vzduchu může vzrůstat i vlhkost v archivu, stejně tak může být ovlivňována i teplota. Dalším důvodem je sání z exteriéru do vzduchotechnické jednotky, které je realizováno přes anglický dvorek. Zde opět dochází k výkyvům teplot a vlhkosti vlivem okolní zeminy a klimatických podmínek.

Dále jsem porovnávala měrné vlhkosti vzduchu v různých částech vzduchotechnické jednotky, abych zjistila, co se děje s vlhkostí vzduchu uvnitř výměníku zpětného získávání tepla. Pro toto porovnání jsem vybrala 11.3.2017, venkovní teplota dosahovala 2 až 3 °C, měrná vlhkost venkovního vzduchu byla 4,5 g/kg.



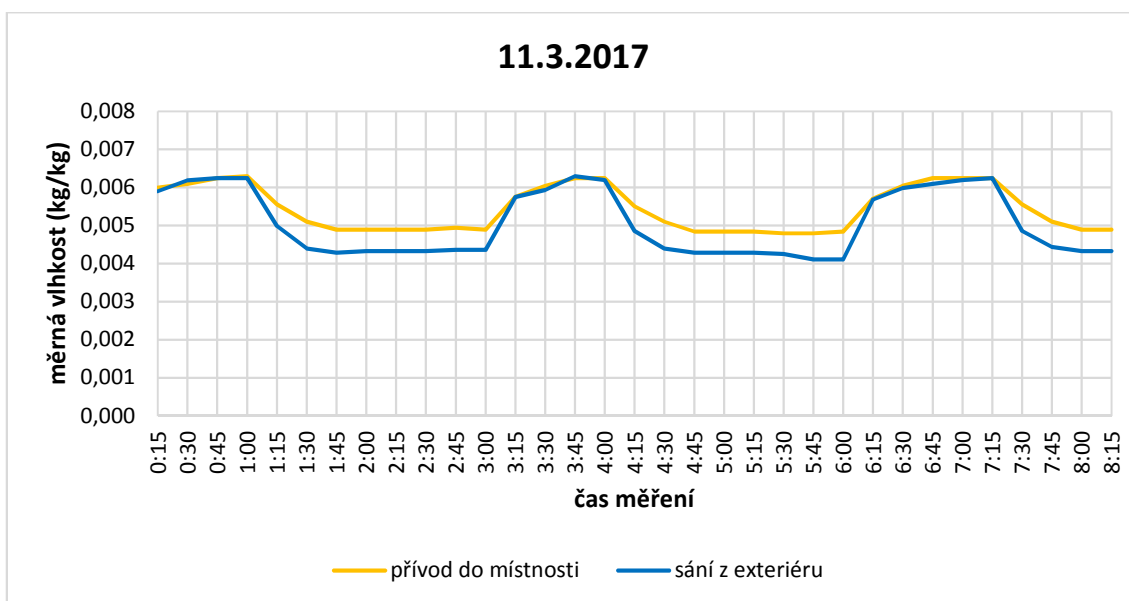
Graf 8 Porovnání měrné vlhkosti přiváděného vzduchu a odpadního vzduchu

Po srovnání odpadního vzduchu a přiváděného vzduchu do místnosti vyplývá, že odpadní vzduch má větší měrnou vlhkost než přiváděný vzduch do místnosti. Vzduch je zvlhčen v místnosti. Dochází zde k časovému zpoždění odpadního vzduchu po vypnutí jednotky v 3:00 a 6:00.



Graf 9 Porovnání měrné vlhkosti odvodního vzduchu a odpadního vzduchu

Při srovnání měrné vlhkosti odváděného vzduchu z místnosti a měrné vlhkosti odpadního vzduchu je zřejmé, že při provozu jednotky je měrná vlhkost odváděného vzduchu vyšší než měrná vlhkost odpadního vzduchu. Ve výměníku zpětného získávání tepla tedy dochází k odvlhčování odváděného vzduchu. V době, kdy jednotka není v provozu dochází ke zvýšení měrné vlhkosti vzduchu.



Graf 10 Porovnání měrné vlhkosti přívodního vzduchu a vzduchu z exteriéru

Ze srovnání měrné vlhkosti vzduchu přiváděného do místnosti a vzduchu, který je nasáván z anglického dvorku, vyplývá, že ve výměníku zpětného získávání tepla dochází ke zvlhčování vzduchu. V době, kdy vzduchotechnická jednotka není v provozu, jsou hodnoty měrné vlhkosti přiváděného vzduchu a nasávaného vzduchu téměř stejné, ve výměníku zpětného získávání tepla tedy nedochází ke střetnutí proudů vzduchu.

Ze srovnání měrné vlhkosti vzduchu v různých částech vzduchotechnické jednotky vyplývá, že ve výměníku zpětného získávání tepla dochází ke zvlhčování přívodního vzduchu a odvlhčování odvodního vzduchu. Při nízké teplotě je ve vzduchu obsaženo malé množství vody, je tedy nízká měrná vlhkost vzduchu. Do místnosti je nasáván chladnější vzduch z exteriéru, který má nižší měrnou vlhkost než ve vzduchu v místnosti. Proto při vypnutí jednotky dochází ke zvyšování měrné vlhkosti vzduchu ve všech částech vzduchotechnické jednotky.

3.4.4 Účinnost

Nejdůležitějším parametrem výměníku zpětného získávání tepla je jeho účinnost. U zpětného získávání tepla se určuje účinnost přívodní a účinnost odvodní.

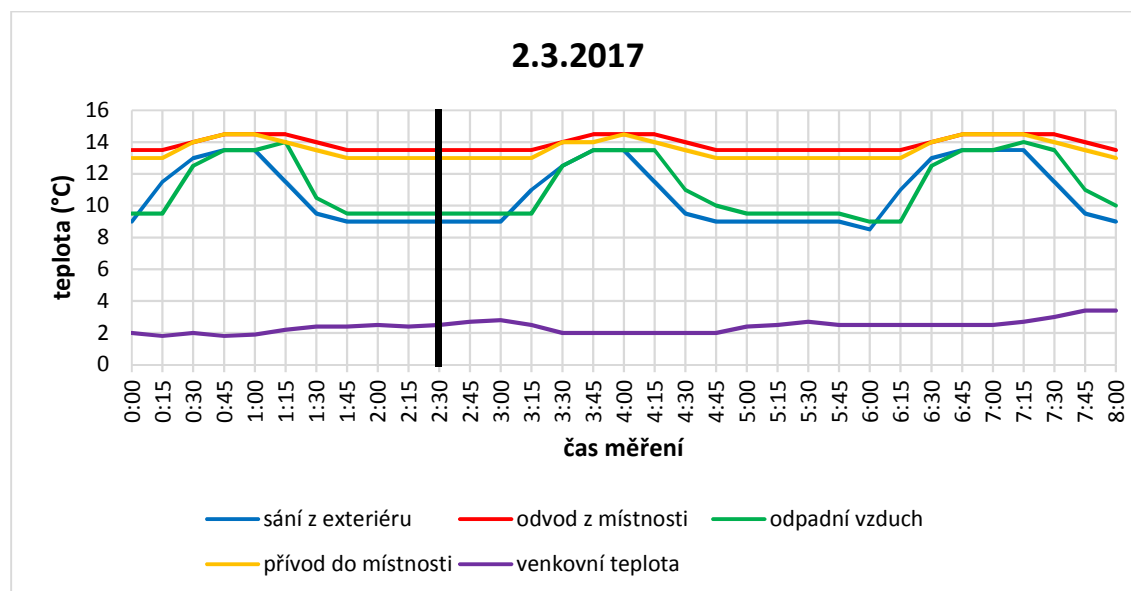
$$\eta_{př} = (t \text{ přívod do místnosti} - t \text{ sání z exteriéru}) / (t \text{ odvod z místnosti} - t \text{ sání z exteriéru}) \times 100$$

$$\eta_{od} = (t \text{ odvod z místnosti} - t \text{ odpadní vzduch}) / (t \text{ odvod z místnosti} - t \text{ sání z exteriéru}) \times 100$$

$\eta_{př}$ – přívodní účinnost (%)

η_{od} – odvodní účinnost (%)

Pro výpočet účinnosti zpětného získávání tepla jsem vybrala 10 dní, v období od března do května, kdy byl největší rozdíl teploty sání z exteriéru a odvodní teploty z místnosti, abych zjistila maximální účinnost zpětného získávání tepla. Z grafu z každého dne jsem odečetla teplotu odpadního vzduchu, přívodní teplotu do místnosti, teplotu sání z exteriéru a odvodní teplotu z místnosti. Z grafu jsem odečítala z ustáleného úseku při provozu vzduchotechnické jednotky.



Graf 11 Odečítání teplot

Účinnost jsem vypočítala nejprve pro teploty z čidel ve vzduchotechnické jednotce ($\eta_{př}$, η_{od} , Graf 11), poté jsem teplotu sání z exteriéru nahradila ve výpočtu venkovní teplotou ze stanice TUBO FAST a účinnost jsem spočítala znovu ($\eta_{př,e}$, $\eta_{od,e}$). Výsledky jsou zpracovány v následující tabulce.

Tabulka 14 Účinnost vzduchotechnické jednotky

č. úseku	datum	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_e (°C)	$\eta_{př}$ (%)	η_{od} (%)	$\eta_{př,e}$ (%)	$\eta_{od,e}$ (%)
1	2.3.2017	9,5	13,0	9,0	13,5	2,5	88,9	88,9	95,5	36,4
2	3.3.2017	9,5	13,0	9,0	14,0	4,8	80,0	90,0	89,1	48,9
3	8.3.2017	9,5	13,5	9,0	14,0	4,4	90,0	90,0	94,8	46,9
4	7.4.2017	13,0	16,0	12,5	16,0	6,8	100,0	85,7	100,0	32,6
5	17.4.2017	12,0	16,0	11,0	16,0	3,0	100,0	80,0	100,0	30,8
6	21.4.2017	10,5	15,5	9,5	15,5	0,7	100,0	83,3	100,0	33,8
7	23.4.2017	12,5	16,0	12,0	16,0	4,1	100,0	87,5	100,0	29,4
8	3.5.2017	13,5	16,5	13,5	16,5	5,1	100,0	100,0	100,0	26,3
9	8.5.2017	14,5	17,0	14,5	17,0	6,5	100,0	100,0	100,0	23,8
10	10.5.2017	12,0	16,0	11,5	16,5	7,1	90,0	90,0	94,7	47,9

t_4 – teplota odpadního vzduchu (°C)

t_5 – teplota přívodu do místnosti (°C)

t_6 – teplota sání z exteriéru (°C)

t_7 – teplota odvodu z místnosti (°C)

t_e – teplota venkovního vzduchu ze stanice TUBO FAST (°C)

V případě výpočtu účinnosti z teplot ve vzduchotechnické jednotce je jak přívodní, tak odvodní účinnost velmi vysoká. Hodnoty se pohybují od 80 do 100 %. Je to způsobeno poměrně malým rozdílem teplot ve vzduchotechnické jednotce.

Účinnosti vypočítané z venkovní teploty vykazují velké rozdíly. Přívodní účinnost je vyšší a odvodní účinnost o mnoho nižší. Rozdíl v účinnostech je dán vlivem anglického dvorku, který akumuluje teplotu a také přívodním a odvodním potrubím vzduchotechnické jednotky.

Tabulka 15 Rozdíly teplot

č. úseku	datum	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	t_e (°C)	Δt (e,6)	Δt (6,4)	Δt (4,5)	Δt (5,7)	Δt (6,5)
1	2.3.2017	9,5	13,0	9,0	13,5	2,5	6,5	0,5	3,5	0,5	4,0
2	3.3.2017	9,5	13,0	9,0	14,0	4,8	4,2	0,5	3,5	1,0	4,0
3	8.3.2017	9,5	13,5	9,0	14,0	4,4	4,6	0,5	4,0	0,5	4,5
4	7.4.2017	13,0	16,0	12,5	16,0	6,8	5,7	0,5	3,0	0,0	3,5
5	17.4.2017	12,0	16,0	11,0	16,0	3,0	8,0	1,0	4,0	0,0	5,0
6	21.4.2017	10,5	15,5	9,5	15,5	0,7	8,8	1,0	5,0	0,0	6,0
7	23.4.2017	12,5	16,0	12,0	16,0	4,1	7,9	0,5	3,5	0,0	4,0
8	3.5.2017	13,5	16,5	13,5	16,5	5,1	8,4	0,0	3,0	0,0	3,0
9	8.5.2017	14,5	17,0	14,5	17,0	6,5	8,0	0,0	2,5	0,0	2,5
10	10.5.2017	12,0	16,0	11,5	16,5	7,1	4,4	0,5	4,0	0,5	4,5

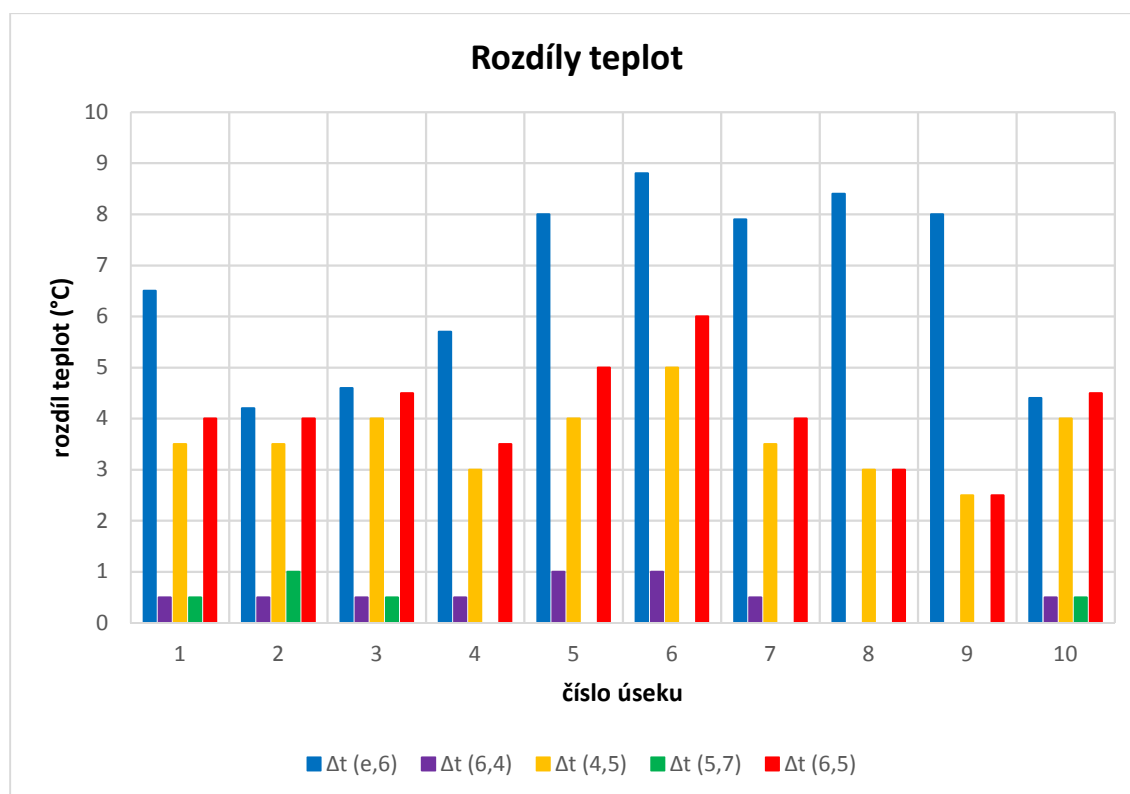
Δt (e,6) – rozdíl venkovní teploty a teploty sání z exteriéru (°C)

Δt (6,4) – rozdíl teploty sání z exteriéru a teploty odpadního vzduchu (°C)

Δt (4,5) – rozdíl teploty odpadního vzduchu a teploty přívodního vzduchu (°C)

Δt (5,7) – rozdíl teploty přívodního vzduchu a teploty odvodního vzduchu (°C)

Δt (6,5) – rozdíl teploty sání z exteriéru a teploty přívodního vzduchu (°C)



Graf 12 Rozdíly teplot

Z grafu 12 a tabulky 15 vyplývá, že největší rozdíl teplot je mezi venkovní teplotou a teplotou sání z exteriéru $\Delta t (e,6)$. Je to právě rozdíl teplot před vstupem do anglického dvorku a ve vzduchotechnické jednotce na straně sání venkovního vzduchu. Zahrnuje tedy vliv akumulace teploty v anglickém dvorku a ohřátí vzduchu ve vzduchotechnickém potrubí.

Další výrazný rozdíl je mezi teplotou sání z exteriéru a přívodní teplotou do místnosti $\Delta t (6,5)$. Tento rozdíl teplot vyjadřuje vliv zpětného získávání tepla. Vzduch, který je nasáván z exteriéru se ve výměníku zpětného získávání tepla ohřeje odvodním vzduchem na teplotu, která je přiváděna do místnosti.

Téměř stejný rozdíl je mezi teplotou odpadního vzduchu a přívodní teplotou $\Delta t (4,5)$. Jde o rozdíl teplot přímo ve výměníku zpětného získávání tepla. Rozdíl je menší než $\Delta t (6,5)$, protože nezahrnuje vliv teploty sání z exteriéru.

Malý rozdíl je mezi teplotou sání z exteriéru a odpadní teplotou $\Delta t (6,4)$. Jde o rozdíl teploty vzduchu před výměníkem zpětného získávání tepla a potom, co už bylo ze vzduchu ve výměníku odebráno teplo. V případě, že nastanou takové podmínky, že výměník zpětného získávání tepla má maximální účinnost na přívodu i odvodu, rozdíl teplot by byl nulový. To je případ úseku 8 a 9, jak vyplývá z tabulky 15 a z grafu 12. Přívodní i odvodní účinnost se započítáním teploty sání z exteriéru je v obou případech 100 %.

V úsecích 1,2,3 a 10 dochází k rozdílu mezi přívodní teplotou do místnosti a odvodní teplotou z místnosti $\Delta t (5,7)$. Rozdíl je způsoben ohřátím vzduchu v místnosti. Tím dochází ke snížení přívodní účinnosti zpětného získávání tepla, jak vyplývá z tabulky 14.

3.5 Výkon vzduchotechnické jednotky

Když už je známa účinnost zpětného získávání tepla, zbývá ještě určit výkon vzduchotechnické jednotky. Nejprve je třeba určit průtok přívodního a odvodního vzduchu z rychlostí proudění vzduchu ve vzduchotechnické jednotce.

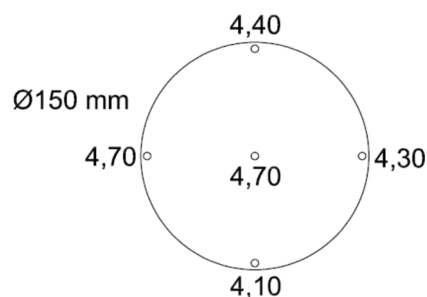
3.5.1 Měření rychlosti

Pro měření rychlosti proudění vzduchu byla použita anemometrická sonda, která byla připojena na přístroj ALMEMO 2590, který zobrazuje hodnoty rychlosti proudění vzduchu.



Obrázek 49 Soustava pro měření rychlosti

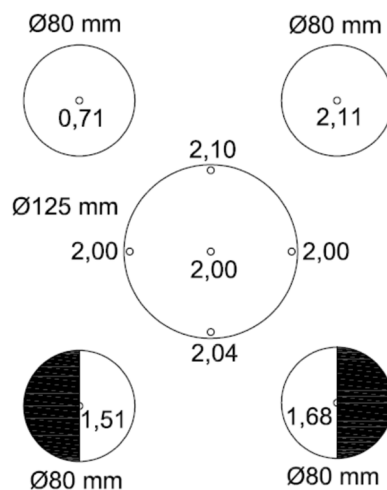
Rychlost byla měřena uprostřed a na okrajích hrdla. Celková rychlost byla určena jako průměr jednotlivých rychlostí. U odvodu vzduchu byla u malých hrdel měřena rychlost pouze uprostřed. Celková rychlost na odvodu vzduchu byla určena jako průměr rychlostí jednotlivých hrdel vzhledem k jejich ploše.



Obrázek 50 Naměřené rychlosti na přívodu vzduchu

$$S_{př} = \pi \times r^2 = \pi \times 0,075^2 = 0,0177 \text{ m}^2$$

$$v_{př} = (4,70 + 4,40 + 4,30 + 4,10 + 4,70) / 5 = 4,44 \text{ m/s}$$



Obrázek 51 Naměřené rychlosti na odvodu vzduchu

$$\varnothing 125: S = \pi \times r^2 = \pi \times 0,0625^2 = 0,0123 \text{ m}^2$$

$$\varnothing 80: S = \pi \times r^2 = \pi \times 0,040^2 = 0,005 \text{ m}^2$$

$$\varnothing 80/2: S = (\pi \times r^2) / 2 = (\pi \times 0,0625^2) / 2 = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$S_{od} = 0,0123 + 2 \times 0,005 + 2 \times 0,0025 = 0,0274 \text{ m}^2$$

$$v_{od} = [2,028 \times 0,0123 + (0,71 + 2,11) \times 0,005 + (1,51 + 1,68) \times 0,0025] / 0,0274 = 1,72 \text{ m/s}$$

S – plocha hrdla (m²)

v – rychlost proudění vzduchu (m/s)

3.5.2 Výpočet výkonu vzduchotechnické jednotky

Z rychlosti proudění vzduchu a plochy hrdel se vypočítá průtok vzduchu.

$$V_{př} = v_{př} \times S_{př} = 4,44 \times 0,0177 = 0,0785 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{př} = 0,0785 \times 3600 = 282,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{od} = v_{od} \times S_{od} = 1,72 \times 0,0274 = 0,0471 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{od} = 0,0471 \times 3600 = 169,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

V – průtok vzduchu (m³/h)

Výkon vzduchotechnické jednotky

$$Q = V \times \rho \times c \times \Delta t$$

Q – výkon vzduchotechnické jednotky (W)

ρ – hustota vzduchu (kg/m³)

c – měrná tepelná kapacita vzduchu (J/(kg.K))

Pro zjednodušení výpočtu jsou uvažovány konstantní hodnoty hustoty vzduchu a měrné tepelné kapacity vzduchu při 20 °C.

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 1010 \text{ J/(kg.K)}$$

$$Q_{př} = V_{př} \times \rho \times c \times (t_5 - t_6)$$

$$Q_{od} = V_{od} \times \rho \times c \times (t_7 - t_4)$$

Tabulka 16 Výkon vzduchotechnické jednotky

č. úseku	datum	t_4 (°C)	t_5 (°C)	t_6 (°C)	t_7 (°C)	$Q_{př}$ (W)	Q_{od} (W)	$Q_{od}/Q_{př}$ (%)
1	2.3.2017	9,5	13,0	9,0	13,5	380,4	228,2	60,0
2	3.3.2017	9,5	13,0	9,0	14,0	380,4	256,8	67,5
3	8.3.2017	9,5	13,5	9,0	14,0	427,9	256,8	60,0
4	7.4.2017	13,0	16,0	12,5	16,0	332,8	171,2	51,4
5	17.4.2017	12,0	16,0	11,0	16,0	475,5	228,2	48,0
6	21.4.2017	10,5	15,5	9,5	15,5	570,6	285,3	50,0
7	23.4.2017	12,5	16,0	12,0	16,0	380,4	199,7	52,5
8	3.5.2017	13,5	16,5	13,5	16,5	285,3	171,2	60,0
9	8.5.2017	14,5	17,0	14,5	17,0	237,7	142,7	60,0
10	10.5.2017	12,0	16,0	11,5	16,5	427,9	256,8	60,0

Maximální výkon vzduchotechnické jednotky dle měření je v úseku 6 (21.4.2017). Výkon vzduchotechnické jednotky na přívodu zhruba 570 W při $\Delta t = 15,5 - 9,5 = 6$ °C. Výkon vzduchotechnické jednotky na odvodu je zhruba 285 W při $\Delta t = 15,5 - 10,5 = 5$ °C.

Vzduchotechnická jednotka má tedy větší výkon na straně přívodního vzduchu, a to průměrně o 60 %. Větší je také přívodní průtok vzduchu a přívodní rychlost proudění vzduchu. V místnosti tedy dochází k přetlakovému nucenému větrání.

3.6 Závěr experimentální části

Z měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu ve vzduchotechnické jednotce se zpětným získáváním tepla vyplynulo, že jednotka má nastavený režim, ve kterém se v pravidelných intervalech na hodinu vypíná.

Po přepočítání relativní vlhkosti na měrnou vlhkost vzduchu došlo k porovnání měrných vlhkostí v různých částech vzduchotechnické jednotky (sání venkovního vzduchu, přívod, vzduchu, odvodní vzduch, odpadní vzduch). Z porovnání vyplývá, že ve výměníku zpětného získávání tepla dochází ke zvlhčování přívodního vzduchu a odvlhčování odvodního vzduchu.

V průběhu měření došlo k přidání měřícího adaptéru do anglického dvorku, ze kterého je přiváděn venkovní vzduch do vzduchotechnické jednotky. Byly totiž zaznamenány velké rozdíly teplot mezi venkovní teplotou a teplotou sání venkovního vzduchu z anglického dvorku.

Po porovnání teplot vyšlo najevo, že anglický dvorek má vyšší účinnost než výměník zpětného získávání tepla. Anglický dvorek zde funguje jako zemní výměník, ve kterém se akumuluje teplota.

ZÁVĚR

Tématem diplomové práce je zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice. Téma je obsaženo v teorii, návrhu vzduchotechniky i v experimentu.

Návrh vzduchotechniky se zpětným získáváním tepla byl řešen v tělocvičně s přilehlým zázemím s ohledem na pobyt dětí v objektu. Byla navržena dvě vzduchotechnická zařízení s odlišným typem výměníku zpětného získávání tepla. V tělocvičně byly stanoveny tři režimy s různým průtokem vzduchu podle aktivity v tělocvičně a počtu přítomných osob.

V experimentální části jsem zkoumala kompaktní jednotku se zpětným získáváním tepla umístěnou v archivu Fakulty Stavební. Jednalo se o měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Po vynesení hodnot do grafu bylo zjištěno, že jednotka se v pravidelných intervalech vypíná. Byly také zjištěny velké rozdíly mezi venkovní teplotou a teplotou sání z exteriéru do jednotky, které je realizováno přes anglický dvorek. Po dalším měření byl zjištěn velký vliv anglického dvorku na teploty ve vzduchotechnické jednotce. Anglický dvorek se ukázal být v archivu účinnějším než výměník zpětného získávání tepla.

4 POUŽITÉ ZDROJE

Bibliografické zdroje

1. VRÁNA, Jakub. Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1588-9.
2. CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
3. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.

Elektronické zdroje

4. TECHNIKA PROSTŘEDÍ: ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE. *TECHNIKA PROSTŘEDÍ: www.qpro.cz* [online]. 2014 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/ZZT-rekuperace-regenerace>
5. AKOR T3/7 rekuperační jednotka. *UNIVENT, s.r.o.* [online]. 2006 [cit. 2017-09-30]. Dostupné z: <https://www.univent.cz/web/cs/product/akor-t3-7-rekuperacni-jednotka>
6. TD-500/150 T *230V 50*. *SOLER & PALAU* [online]. xx [cit. 2017-09-30]. Dostupné z: <http://www.solerpalau.com/td-500-150-t-230v-50.html>
7. Snížení skleníkových plynů do roku 2020: rozhodnutí o sdílení úsilí. 26.03.2015. Bruselu: EUR-Lex, 2013
8. 406/2009/ES. ROZHODNUTÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY č. 406/2009/ES: o úsilí členských států snížit emise skleníkových plynů, aby byly splněny závazky Společenství v oblasti snížení emisí skleníkových plynů do roku 2020. Ze dne 23. dubna 2009. Bruselu: EUR-Lex, 2009
9. SZENDIUCH, Ivan. Eco-design jako nová strategie návrhu elektronických a elektrotechnických výrobků. *Novinky* [online]. 2008, (4) [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/novinky/ecodesign_sdelovacka.pdf
10. Podmínka k získání maximální dotace. *Jaknazelenou.cz* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.jaknazelenou.cz/vetrani-a-rekuperace-tepla/>
11. O Programu. *www.novazelenausporam.cz* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/o-programu-3-vyzva/>
12. JANOTKOVÁ, Eva. Technika prostředí. *www.fme.vutbr.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP5.pdf>
13. Zpětné získávání tepla a větrání objektů. *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
14. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (I). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3648-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci->
15. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>

16. Tepelná ztráta větráním a zpětné získávání tepla. *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vy-pocty-ventrání-klimatizace/2988-tepelná-ztrata-ventrání-a-zpetne-ziskavani-tepla>
17. Zpětné získávání tepla. *Zelenezpravy.cz* [online]. 2010 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.zelenezpravy.cz/zpetne-ziskavani-tepla/>
18. Lokální větrání s rekuperací Dimplex. *TERMOKOMFORT* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/ventrání-lokalni-rekuperace.html>
19. Větrání s rekuperací – teorie. *Nilan.cz - větrání s rekuperací* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.wv.nilan.cz/reseni-pro-dum-nebo-firmu/ventrání-s-rekuperaci/#!prettyPhoto>
20. Zkušenosti z větrání bytových domů v ČR (II). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/ventrání-bytovych-domu/4122-zkusenosti-z-ventrání-bytovych-domu-v-cr-ii>
21. Výměníky tepla. www.tzb.fsv.cvut.cz [online]. 2011 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>

Obrazové zdroje

22. Lokální větrání s rekuperací Dimplex. *TERMOKOMFORT* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.termokomfort.cz/ventrání-lokalni-rekuperace.html>
23. Řízené větrání s rekuperací tepla pro rodinné domy a byty (II). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/ventrání-s-rekuperaci/10635-rizene-ventrání-s-rekuperaci-tepla-pro-rodinne-domy-a-byty-ii>
24. EU gibt ab 2013 neue Mindesteffizienzwerte für Ventilatoren vor. www.pressebox.de [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/elektro-airsystems-gmbh/EU-gibt-ab-2013-neue-Mindesteffizienzwerte-fuer-Ventilatoren-vor/boxid/516314>
25. Nová zelená úsporám - pořídte si pasivní dům s dotací. *Centrum pasivního domu, z.s.* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/nova-zelena-usporam-poridte-si-pasivni-dum-s-dotaci/t4236>
26. Zpětné získávání tepla a větrání objektů. *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/ventrání-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-ventrání-objektu>
27. Co je to rekuperace. *ATREA s. r. o.* [online]. 1998 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>
28. Reference: trubkové výměníky. *Valášek spol. s r.o.* [online]. 2016 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: http://www.valasek.cz/?lang=cz&action=reference&group_id=2
29. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/ventrání-s-rekuperaci/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-ventrání-a-klimatizaci-ii>
30. Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II). *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/ventrání-s-rekuperaci/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-ventrání-a-klimatizaci-ii>

31. Moderní rotační výměníky tepla. *TZB-info: stavitelství, úspory energií a technické zařízení budov* [online]. 2006 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>
32. inVENTer - no.1 v oblasti decentrálního větrání s rekuperací. *Bydleníprokaždého.cz* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/vzduchotechnika-a-klimatizace/inventer-no.1-v-oblasti-decentralniho-vetrani-s-rekuperaci.php>
33. iV14R. *A-Invent, s. r. o.* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.inventer.cz/produkt/iv14r>
34. Větrání s rekuperací (8): Funkce entalpického výměníku a jeho využití. *infoBYDLENI.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/vetrani-s-rekuperaci-8-funkce-entalpickeho-vymeniku-a-jeho-vyuziti/>
35. Vliv větracího systému s entalpickým výměníkem na interiérové mikroklima. *Tzbportal.sk* [online]. 2010 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.tzbportal.sk/kurenie-voda-plyn/vliv-vetraciho-systemu-s-entalpickym-vymenikem-na-interierove-mikroklima.html>
36. Integrace reverzibilního tepelného čerpadla do VZT jednotek. *systemair AB* [online]. xx [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/News/News/DVU-HP1/>
37. DVOULETÝ, Tomáš. Rozbor různých způsobů zpětného získávání tepla při větrání. *docplayer.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/43026736-Vysoke-uceni-technicke-v-brne-brno-university-of-technology.html>
38. AKOR T3/7 rekuperační jednotka. *UNIVENT, s.r.o.* [online]. 2006 [cit. 2017-09-30]. Dostupné z: <https://www.univent.cz/web/cs/product/akor-t3-7-rekuperacni-jednotka>

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

ABS – Akrylonitrilbutadienstyren

DN – Diameter nominal (jmenovitá světlost)

EU – Evropská Unie

FAST – Fakulta Stavební

MS – Microsoft

NP – Nadzemní podlaží

OZE – Obnovitelné zdroje energie

PC – Personal computer (osobní počítač)

TUBO – Technical university Brno

USB – Universal seriál bus

VZT – vzduchotechnika

ZZT – zpětné získávání tepla

6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obrázek 1 Princip zpětného získávání tepla.....	13
Obrázek 2 Funkce obtoku v letním období	14
Obrázek 3 Cíle EU s názvem 20-20-20.....	17
Obrázek 4 Logo programu Nová zelená úsporám	17
Obrázek 5 Křížový deskový výměník	18
Obrázek 6 Šestihranný deskový výměník.....	19
Obrázek 7 Trubicový výměník	20
Obrázek 8 Lamelový výměník s kapalinovým okruhem	20
Obrázek 9 Tepelná trubice	21
Obrázek 10 Rotační výměník.....	22
Obrázek 11 Popis funkce přepínacího výměníku	23
Obrázek 12 Přepínací výměník	23
Obrázek 13 Funkce entalpického výměníku.....	24
Obrázek 14 Entalpický výměník.....	24
Obrázek 15 VZT jednotka s rotačním výměníkem a tepelným čerpadlem	25
Obrázek 16 Odvod kondenzátu deskového výměníku.....	26
Obrázek 17 Rozdělení objektu na funkční celky.....	30
Obrázek 18 Dýza s dalekým dosahem a odečet tlakové ztráty	34
Obrázek 19 Nastavitelná výustka a odečet tlakové ztráty	35
Obrázek 20 Schéma proudu vzduchu v tělocvičně.....	35
Obrázek 21 Anemostat a odečet tlakové ztráty	36
Obrázek 22 Talířový ventil a odečet tlakové ztráty	36
Obrázek 23 Schéma úseků dimenzování na úrovni 1NP	40
Obrázek 24 Schéma úseků dimenzování na úrovni střechy 1NP	41
Obrázek 25 Jednotka DUPLEX 12000 Roto-N.....	42
Obrázek 26 Rozměry jednotky DUPLEX 12000 Roto-N	42
Obrázek 27 Vzduchotechnické schéma pro zimní provoz jednotky DUPLEX 12000 Roto-N.....	43
Obrázek 28 Vzduchotechnické schéma pro letní provoz jednotky DUPLEX 12000 Roto-N	43
Obrázek 29 Jednotka DUPLEX 3400 Basic-N	44
Obrázek 30 Rozměry jednotky DUPLEX 3400 Basic-N.....	44
Obrázek 31 Vzduchotechnické schéma pro zimní provoz jednotky DUPLEX 3400 Basic-N	45
Obrázek 32 Vzduchotechnické schéma pro letní provoz jednotky DUPLEX 3400 Basic-N.....	45
Obrázek 33 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 1	48
Obrázek 34 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 2	50
Obrázek 35 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 1 v režimu 3	52
Obrázek 36 h-x diagram pro letní úpravu vzduchu pro zařízení 1	54
Obrázek 37 h-x diagram pro zimní úpravu vzduchu pro zařízení 2	56
Obrázek 38 h-x diagram pro letní úpravu vzduchu pro zařízení 2	58
Obrázek 39 Schéma kritického místa posouzení hluku.....	64
Obrázek 40 Schéma archivu se vzduchotechnickou jednotkou	70

Obrázek 41 Vzduchotechnická jednotka AKOR T3/7	71
Obrázek 42 Schéma větrání v archivu.....	71
Obrázek 43 Rozměry vzduchotechnické jednotky AKOR T3/7.....	72
Obrázek 44 Hrdla pro odvod vzduchu z místnosti	72
Obrázek 45 Schéma vedení potrubí v archivu	73
Obrázek 46 Přívod vzduchu z anglického dvorku.....	73
Obrázek 47 Vzduchotechnická jednotka s USB adaptéry	74
Obrázek 48 USB adaptér	74
Obrázek 49 Soustava pro měření rychlosti	87
Obrázek 50 Naměřené rychlosti na přívodu vzduchu.....	87
Obrázek 51 Naměřené rychlosti na odvodu vzduchu	88

Tabulky

Tabulka 1 Průtoky vzduchu v objektu	31
Tabulka 2 Průtoky vzduchu v režimech tělocvičny	32
Tabulka 3 Koncové prvky	33
Tabulka 4 Dimenzování přívodu zařízení 1	38
Tabulka 5 Dimenzování odvodu zařízení 1.....	38
Tabulka 6 Dimenzování přívodu zařízení 2	39
Tabulka 7 Dimenzování odvodu zařízení 2.....	39
Tabulka 8 Posouzení hluku na přívodu do místnosti pro zařízení 1.....	60
Tabulka 9 Posouzení hluku na odvodu z místnosti pro zařízení 1.....	61
Tabulka 10 Posouzení hluku na přívodu do místnosti pro zařízení 2.....	62
Tabulka 11 Posouzení hluku na odvodu z místnosti pro zařízení 2.....	63
Tabulka 12 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí.....	65
Tabulka 13 Rozdíl venkovní teploty a teploty sání vzduchu z exteriéru	76
Tabulka 14 Účinnost vzduchotechnické jednotky.....	85
Tabulka 15 Rozdíly teplot.....	85
Tabulka 16 Výkon vzduchotechnické jednotky	89

Grafy

Graf 1 Popis trendu vzduchotechnické jednotky	75
Graf 2 Porovnání teplot s anglickým dvorkem.....	77
Graf 3 Porovnání relativních vlhkostí s anglickým dvorkem	77
Graf 4 Porovnání teplot 1.1.2017.....	79
Graf 5 Porovnání měrných vlhkostí 1.1.2017.....	79
Graf 6 Porovnání teplot 30.1.2017.....	80
Graf 7 Porovnání měrných vlhkostí 30.1.2017.....	81
Graf 8 Porovnání měrné vlhkosti přiváděného vzduchu a odpadního vzduchu	82
Graf 9 Porovnání měrné vlhkosti odvodního vzduchu a odpadního vzduchu	83
Graf 10 Porovnání měrné vlhkosti přívodního vzduchu a vzduchu z exteriéru	83
Graf 11 Odečítání teplot	84

PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha 1: Technický popis vzduchotechnické jednotky DUPLEX 12000 Roto-N

Příloha 2: Technický popis vzduchotechnické jednotky DUPLEX 3400 Basic-N

Seznam výkresové dokumentace:

Výkres č. 1: PŮDORYS

Výkres č. 2: PŮDORYS

Výkres č. 3: ŘEZ

Výkres č. 4: ŘEZ

Příloha 1: Technický popis jednotky DUPLEX 12000 Roto-N



Technický popis
Nominální hodnoty
Nabídka č.:

strana 1 / 3

Akce:
Pozice: Jednotka tělocvična

Jednotka	DUPLEX 12000 Roto-N	Specifikace:	DUPLEX 12000 Roto-N / 60/neurčeno - Me.117.EC3 - Mi.117.EC3 - RT - Fe.K4 - Fl.K4 - C.LM24A-SR - T.2 - Ke.LF24-SR - Ki.LF24-SR - RE-TPO4.LM24A-SR - He1.KZ - He2.900/1000.P - Hi1.710/710.P - Hi2.400/900.P - RD5 - RD4-IO - PFe - PFI - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018
----------	----------------------------	--------------	---

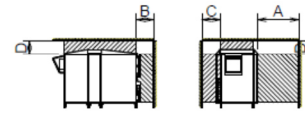
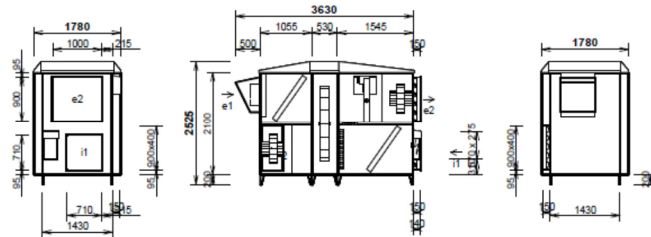
Typ jednotky

- Nástěšni s rotačním rekuperátorem
- Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.



Provedení **60/neurčeno** nástěšni svislé pohled z čela (ze strany dveří)
Hmotnost: cca 1398 kg, Dodávka v 3 blocích

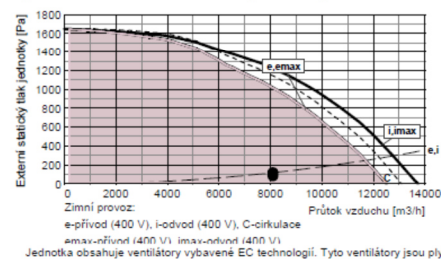
Manipulační prostor



hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)		uzavírací klapka, eliminátor kapek
e2	e2 - přiváděný vzduch (SUP)	900 x 1000 mm	pružná manžeta
i1	i1 - odváděný vzduch (ETA)	710 x 710 mm	uzavírací klapka, pružná manžeta
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)	400 x 600 mm	pružná manžeta

A	otvírání dveří	min. 1800 mm
B	regulační modul	min. 740 mm
C	regulační uzeň	min. 800 mm
D	horní prostor	min. 600 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



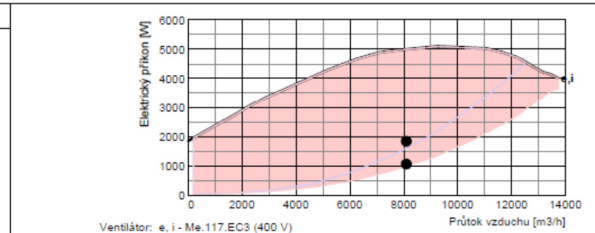
Akustické parametry:

Frekvence [Hz]	Hladina akustického výkonu LwA (dB)								
	Total dB(A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1 do okolí	74	47	63	69	69	67	68	47	36
výtlač e2	84	71	78	83	89	90	84	77	65
sání i1	80	58	68	72	78	81	47	40	25
výtlač i2	85	59	67	77	82	81	80	70	55
plášť do okolí	82	42	53	56	54	56	54	49	34

Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provoz obou ventilátorů a je změnen podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hrdlech je změnen podle normy ISO 5136.
Hladina akustického tlaku LpA (dB)
sání e1 do okolí 53 27 43 48 49 46 37 27 <25
plášť do okolí 41 <25 32 35 33 35 33 28 <25
Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provoz obou ventilátorů a je změnen podle normy ISO 3744.

Jednotka obsahuje ventilátory vybavené EC technologií. Tyto ventilátory jsou plynule regulovatelné v celé vyznačené oblasti.

Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	8100	8100
Externí statický tlak jednotky	Pa	120	85
Napětí (jmenovité)	V	400	400
Příkion (v pracovním bodě)	kW	1,8	1,1
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	1542	1374
Max. příkion (pro dimenzování)	kW	5,4	5,4
Max. proud (pro dimenzování)	A	8,6	8,6
Typ ventilátorů	Me.117	Mi.117	
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)	EC3	EC3	





Technický popis

Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka tělocvična

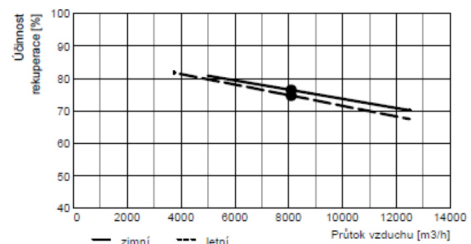
strana 2 / 3

Jednotka	DUPLEX 12000 Roto-N	Specifikace:	DUPLEX 12000 Roto-N / 60/neurčeno - Me.117.EC3 - Mi.117.EC3 - RT - Fe.K4 - Fi.K4 - C.LM24A-SR - T.2 - Ke.LF24-SR - Ki.LF24-SR - RE-TPO4.LM24A-SR - He1.KZ - He2.900/1000.P - Hi1.710/710.P - Hi2.400/900.P - RD5 - RD4-IO - PFe - PFI - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018
----------	----------------------------	--------------	---

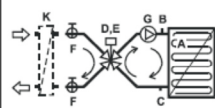
Připojovací prvky	přívod	odvod
Vstupní hrdlo i1 připojení	mm	710x710 pružně
Výstupní hrdlo e2 připojení	mm	900x1000 pružně
Odvod kondenzátu K	mm	-

Regulační a uzavírací klapky	Typ servopohonu
Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24-SR
Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LF24-SR
Cirkulační klapka (integrovaná v jednotce)	LM24A-SR

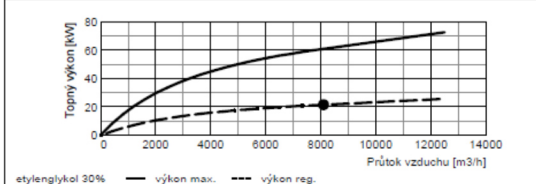
Rekupační výměník	přívod	odvod
Vzduchové množství	m ³ /h	8100
Vstupní teplota	°C	-15
Výstupní teplota	°C	12
Vstupní vlhkost	% r.h.	90
Výstupní vlhkost	% r.h.	25
Teplotní účinnost rekuperace zimní (letní)	%	77 (75)
Vlhkostní účinnost rekuperace zimní (letní)	%	37 (0)
Tepelný zisk celkový zimní (letní)	kW	78,6 (12,3)
Tepelný zisk citelný zimní (letní)	kW	70,2 (12)
Tepelný zisk vázaný zimní (letní)	kW	8,3 (0)
Otáčky rekuperátoru	ot/min	10-13
Typ rekupačního výměníku		R.T.1550 kondenzační regenerační



Vodní ohřivač	přívod	Příslušenství (součásti dodávky)
Topné médium	etylenglykol 30%	
Vzduchové množství	m ³ /h	8100
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	12
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	20
Topný výkon	kW	21,6
Teplotní spád topného média	°C	70 / 50
Průtok média (ze zdroje)	l/h	932
Připojovací rozměr (regulační uzel)		5/4" vnitřní
Typ ohřivače		T 12000 2R / typ 2 vestavěný
Omezení		viz upozornění



- | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|----|
| A | protimrazový termostat | 018-H6929-109 - 6m | 2) |
| B | odvzdušňovací ventil | automatický | 2) |
| C | odkalovací ventil | zátka | 2) |
| Regulační uzel: RE-TPO4.LM24A-SR | | | |
| D | směšovací ventil | IVAR.MIX4, Kv 12, 1" | 2) |
| E | servopohon | LM24A-SR | 2) |
| F | kulový ventil | 1" | 2) |
| G | čerpadlo | WILO YONOS PARA RS 20/ 6-R/KC | 2) |
| Ostatní: | | | |
| K | výměník voda/etylenglykol | | 3) |
- 1 - dodáváno samostatně
2 - osazeno a připojeno
3 - není součástí dodávky, doporučeno



Filtrace	přívod	odvod	Příslušenství (součásti dodávky)
Typ		kazetový	
Třída filtrace		G4	Manostat PFe pro signalizaci zanesení přívodního filtru
Počet filtrů	ks	3	Manostat PFI pro signalizaci zanesení odvodního filtru
Rozměr kazety	mm	1000x440x96	

Verze programu: 8.70.610 / CZ / 0
ze dne: 11.10.2017

Soubor: jednotka telocvicna.adu
Datum tisku: 4.1.2018



Technický popis

Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka tělocvična

strana 3 / 3

Jednotka	DUPLEX 12000 Roto-N	Specifikace:	DUPLEX 12000 Roto-N / 60/neurčeno - Me.117.EC3 - Mi.117.EC3 - RT - Fe.K4 - Fi.K4 - C.LM24A-SR - T.2 - Ke.LF24-SR - Ki.LF24-SR - RE-TPO4.LM24A-SR - He1.KZ - He2.900/1000.P - Hi1.710/710.P - Hi2.400/900.P - RD5 - RD4-IO - PFe - PFI - SW - CM.s - CPTOUCH.B.Wh - ErP 2016, 2018
----------	----------------------------	--------------	---

Regulace: Digitální regulace		Čidla (součásti dodávky)	
Základní funkce jednotky	RD5 400V-EC / 400V-EC na jednotce	Čidlo teploty venkovního vzduchu (ODA)	ADS TEa
Umístění regulačního modulu	standardní poloha	Čidlo teploty odváděného vzduchu (ETA)	ADS TEb
Celkový příkon (v pracovním bodě)	2,9 kW	Čidlo teploty odpadního vzduchu (EHA)	ADS TU2
Expandery	RD4-IO	Čidlo teploty přiváděného vzduchu (SUP)	ADS TU1
Ovládání	CP Touch (B) barva bílá		
Hlavní vypínač	SW		

ErP (NRVU)

Informace o větracích jednotkách pro obytné budovy podle NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1253/2014, čl. 4 odst. 2

Název nebo ochranná známka výrobce:

ATREA s.r.o.

Identifikační značka modelu:

DUPLEX 12000 Roto-N

Typ jednotky:

Větrací jednotka pro jiné než obytné budovy (NRVU)

Typ pohonu:

Obousměrná větrací jednotka (BVU)

Typ systému pro zpětné získávání tepla:

s proměnlivými otáčkami
rotační regenerační výměník

Tepelná účinnost zpětného získávání tepla:

76 %

Jmenovitý průtok vzduchu:

2,25 m³/s

Efektivní elektrický příkon:

2,1 kW

SFP int:

535 Ws/m³

Účinná nátoková rychlost:

1,7 / 1,7 m/s (přívod / odvod)

Jmenovitý vnější tlak:

120 / 85 Pa (přívod / odvod)

Vnitřní tlaková ztráta větracích součástí:

127 / 137 Pa (přívod / odvod)

Statická účinnost ventilátorů (dle 327/2011):

66,5 / 66,5 % (přívod / odvod)

Max. vnější netěsnost:

0,6 %

Max. vnitřní netěsnost:

2,7 %

Energetická klasifikace filtrů:

Zvolené filtry nepodléhají klasifikaci.

Upozornění

V jednotce je nutno pravidelně měnit filtry vzduchu. Zanesené vzduchové filtry způsobují snížení výkonu a celkové účinnosti větrací jednotky.

Internetová adresa návodu na demontáž:

www.atrea.cz/erp

Jednotka splňuje ErP (Ecodesign) - nařízení EU 1253/2014, platné od 1.1.2016 i 1.1.2018.

(ve výpočtu zahrnuta korekce filtru)

Upozornění:

Okruh vodního ohřivače nástěnné jednotky je nutné dostatečně tepelně chránit použitím nemrznoucí náplně s dostatečnou teplotní odolností.



Technický popis Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka šatny

strana 1 / 3

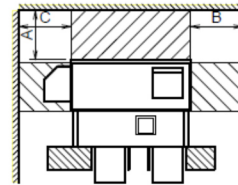
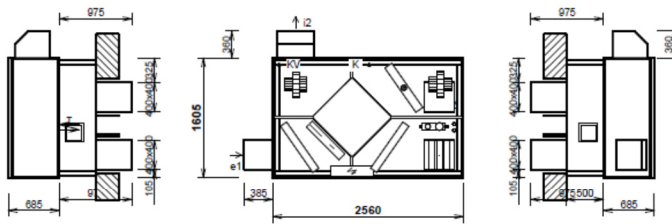
Jednotka	DUPLEX 3400 Basic-N	Specifikace:	DUPLEX 3400 Basic-N / nástřešní ležaté/neurčeno - Me.109.EC3 - Mi.109.EC3 - Fe.K4 - Fi.K4 - B.LM24A - T.3.U - Ke.LF24 - Ki.LF24 - RSE-TPO3.27 - H.400/400.DE - He1.KZ - Hi2.KZ - BF.500 - dveře bez pantů - CP / T.PKZT.B - SW - CM.i.s - CPA
----------	----------------------------	--------------	---

Typ jednotky
- Nástřešní s křížovým rekuperátorem

Provedení **neurčeno** nástřešní ležaté pohled shora (ze strany dveří)
Hmotnost: cca 493 kg, Dodávka jednotky vcelku

Manipulační prostor

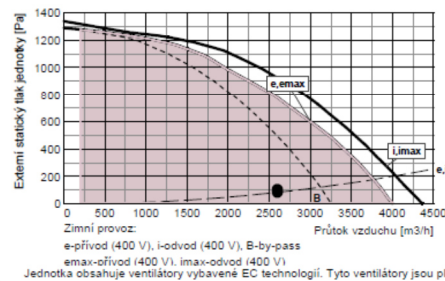
- dveře bez pantů



hrdlo	druh	rozměr	příslušenství
e1	e1 - venkovní vzduch (ODA)		uzavírací klapka, eliminátor kapek
e2	e2 - přiváděný vzduch (SUP)	400 x 400 mm	potrubní nástavec
i1	i1 - odváděný vzduch (ETA)	400 x 400 mm	uzavírací klapka, potrubní nástavec
i2	i2 - odpadní vzduch (EHA)		
K	výstup kondenzátu	Ø31 mm/40 mm	sifon
KV	výstup kondenzátu vyhřívání	Ø31 mm/40 mm	sifon
T	Vodní ohřivač	5/4" vnitřní	připojovací rozměr - regulační uzal

A	otvírání dveří	min. 700 mm
B	přední prostor	min. 700 mm
C	zadní prostor	min. 700 mm

Výkonová charakteristika jednotky:



Akustické parametry:

Frekvence [Hz]	Hladina akustického výkonu LwA (dB)								
	Total dB (A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1 do okolí	61	34	36	61	49	39	33	<25	<25
výtlač e2	79	48	59	76	71	71	69	65	58
sání i1	59	31	46	57	50	44	33	<25	<25
výtlač i2 do okolí	79	45	62	75	74	71	69	65	58
plášť do okolí	65	27	49	59	63	58	51	44	29

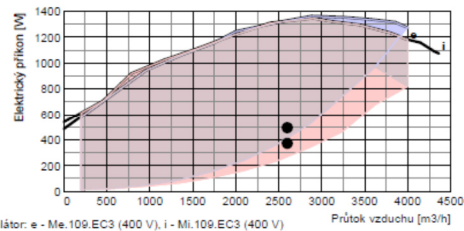
Akustický výkon do okolí je vypočten pro současný provoz obou ventilátorů a je změněn podle normy ISO 3744. Akustický výkon na hrdlech je změněn podle normy ISO 5136.

Frekvence [Hz]	Hladina akustického tlaku LpA (dB)								
	Total dB (A)	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1 k dB(A)	2 k dB(A)	4 k dB(A)	8 k dB(A)
sání e1 do okolí	41	<25	<25	40	29	<25	<25	<25	<25
výtlač i2 do okolí	58	25	41	54	53	50	48	45	38
plášť do okolí	44	<25	28	37	42	37	30	<25	<25

Hladina akustického tlaku do okolí je uváděna ve vzdálenosti 3 m pro současný provoz obou ventilátorů a je změněna podle normy ISO 3744.

Jednotka obsahuje ventilátory vybavené EC technologií. Tyto ventilátory jsou plynule regulovatelné v celé vyznačené oblasti.

Ventilátory	přívod	odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	2600	2600
Externí statický tlak jednotky	Pa	85	105
Napětí (jmenovité)	V	400	400
Příkon (v pracovním bodě)	kW	0,494	0,373
Počet otáček (v pracovním bodě)	1/min	2107	1983
Max. příkon (pro dimenzování)	kW	2,500	2,500
Max. proud (pro dimenzování)	A	4	4
Typ ventilátorů		Me.109	Mi.109
Druh ventilátoru (s proměnlivými otáčkami)		EC3	EC3





Technický popis

Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

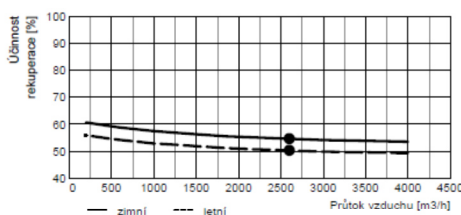
Pozice: Jednotka šatny

strana 2 / 3

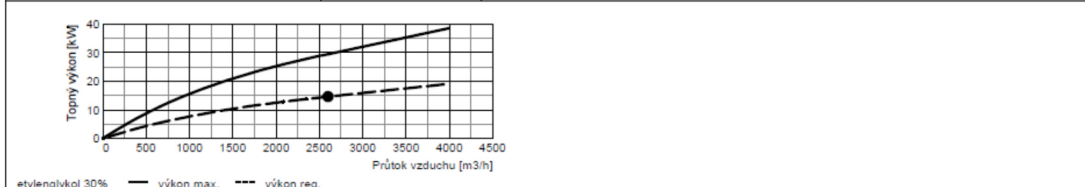
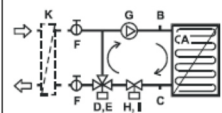
Jednotka	DUPLEX 3400 Basic-N	Specifikace:	DUPLEX 3400 Basic-N / nástřešní ležaté/neurčeno - Me.109.EC3 - Mi.109.EC3 - Fe.K4 - Fi.K4 - B.LM24A - T.3.U - Ke.LF24 - Ki.LF24 - RSE-TPO3.27 - H.400/400.DE - He1.KZ - Hi2.KZ - BF.500 - dveře bez pantů - CP / T.PKZT.B - SW - CM.Is - CPA
----------	----------------------------	--------------	--

Připojovací prvky			přívod		odvod		Regulační a uzavírací klapky		Typ servopohonu	
Vstupní hrdlo i1	mm	-	-	-	400x400	-	Uzavírací klapka e1 (součást jednotky)	LF24		
připojení						pevné	Uzavírací klapka i1 (součást jednotky)	LF24		
Výstupní hrdlo e2	mm	400x400	400x400	400x400	-	-	By-passová klapka (integrovaná v jednotce)	LM24A		
připojení										
Odvod kondenzátu K	mm	1 x Ø31/40, 1 x Ø32/40								

Rekupační výměník			přívod		odvod	
Vzduchové množství	m ³ /h	2600	2600	2600		
Vstupní teplota	°C	-15	22			
Výstupní teplota	°C	5	6			
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	30			
Výstupní vlhkost	% r.h.	17	61			
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%		55 (50)			
Výkon výměníku zimní (letní)	kW		18,2 (2,7)			
Tvorba kondenzátu	l/h		4,8			
Typ rekupačního výměníku			K750.F rekupační			



Vodní ohřivač		přívod	Příslušenství (součásti dodávky)	
Topné médium		etylenglykol 30%	A protimrazový termostat	016-H6927-107 - 3m 2)
Vzduchové množství	m ³ /h	2600	B odvěšovací ventil	automatický 2)
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	5	C odkalovací ventil	zátka 2)
Výstupní teplota (za rekuperací)	°C	22	Regulační uzel: RSE-TPO3.27	
Topný výkon	kW	14,7	pro regulaci teploty 6 až 27 °C	
Teplotní spád topného média	°C	70 / 32	D rozbočovací ventil	Heimeier DN 25, Kvs 7,3 2)
Průtok média (ze zdroje)	l/h	334	E termostatická hlavice	Heimeier, tykavka 1,25 m 2)
Připojovací rozměr (regulační uzel)		5/4" vnitřní	F kulový ventil	1" 2)
Typ ohřivače		T 3400 3R	G čerpadlo	WILO YONOS PARA RS 20/ 2)
Omezení		vestavěný	H ventil přímý	Heimeier DN 25 2)
		viz upozornění	I uzavírací hlavice	Honeywell MT4-230-NC 2)
			Ostatní:	
			K výměník voda/etylenglykol	3)



Filtrace		přívod	odvod	Příslušenství (součásti dodávky)	
Typ		kazetový			
Třída filtrace		G4	G4		
Počet filtrů	ks	1	1		
Rozměr kazety	mm	750x495x96	750x495x96		

Regulace: Základní regulace CP		Čidla (součásti dodávky)	
Základní funkce jednotky	CP 400V-EC / 400V-EC		
Umístění regulačního modulu	uvnitř jednotky		
Pomocný kontakt pro sepnutí zdroje tepla	relé		
Celkový příkon (v pracovním bodě)	0,871 kW		
Ovládání	CPA		
Hlavní vypínač	SW		

ErP (NRVU)

Verze programu: 8.70.610 / CZ / 0
ze dne: 11.10.2017

Soubor: jednotka satny.adu
Datum tisku: 4.1.2018



Technický popis

Nominální hodnoty

Nabídka č.:

Akce:

Pozice: Jednotka šatny

strana 3 / 3

Jednotka	DUPLEX 3400 Basic-N	Specifikace:	DUPLEX 3400 Basic-N / nástřešní ležaté/neurčeno - Me.109.EC3 - Mi.109.EC3 - Fe.K4 - Fi.K4 - B.LM24A - T.3.U - Ke.LF24 - Ki.LF24 - RSE-TPO3.27 - H.400/400.DE - He1.KZ - Hi2.KZ - BF.500 - dveře bez pantů - CP / T.PKZT.B - SW - CM.i.s - CPA
----------	----------------------------	--------------	---

Upozornění:

Okruh vodního ohříváče nástřešní jednotky je nutné dostatečně tepelně chránit použitím nemrznoucí náplně s dostatečnou teplotní odolností.