

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

KONSTRUKČNÍ NÁVRH SESTAVNÉ KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY

DESIGN OF AN AIR HANDLING UNIT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN MĚRKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL CHARVÁT, PhD.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Měrka Jan

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Konstrukční návrh sestavné klimatizační jednotky

v anglickém jazyce:

Design of an air handling unit

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je zaměřena na konstrukční návrh jednotlivých částí sestavné klimatizační jednotky. Sestavné klimatizační jednotky umožňují značnou pružnost při návrhu klimatizačních zařízení. Sestavná jednotka se skládá z několika částí (ohřívací díl, chladicí díl, zvlhčovací díl, ventilátorový díl atd.) takže má projektant možnost použít pouze ty části, které jsou nezbytné pro zajištění požadavků investora. Investor tak nemusí platit za součásti, které při provozu zařízení nevyužije. Sestavné jednotky jsou navíc vyráběny v různých výkonnostních řadách, takže lze sestavit jednotku, která svou kapacitou odpovídá požadavkům investora.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je na základě zadaných požadavků provést konstrukční návrh sestavné klimatizační jednotky. Návrh jednotky bude proveden pro požadovaný rozsah průtoků vzduchu, vytápěcí/chladicí výkon, kapacitu vlhčení a odvlhčování a účinnost zpětného získávání tepla. Bude proveden konstrukční návrh následujících prvků sestavné jednotky: ohřívací díl, chladicí díl, zvlhčovací díl, ventilátorový díl, filtrační díl a směšovací díl.

Seznam odborné literatury:

Publikace zabývající se návrhem a konstrukcí klimatizačních jednotek (knihy, časopisy)

Materiály ASHRAE a AIVC týkající se klimatizačních jednotek

Materiály výrobců komponent pro klimatizační jednotky: (ventilátory, výměníky tepla, servopohony, filtry atd.)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

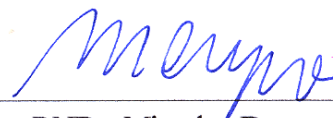
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 22.11.2007

L.S.



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je na základě stanovených požadavků provést konstrukční návrh sestavné klimatizační jednotky. Sestavné klimatizační jednotky umožňují značnou pružnost při návrhu klimatizačních zařízení. Sestavná jednotka se skládá z několika sekcí (sekce ohřivače, sekce chladiče, zvlhčovací sekce, ventilátorová sekce, směšovací sekce, filtrační sekce), takže má projektant možnost použít pouze ty části, které jsou nezbytné pro zajištění požadavků investora.

Klíčová slova: sestavná vzduchotechnická (klimatizační) jednotka, sekce, 3D návrh, konstrukce

ABSTRACT

The goal of this diploma thesis is to design a modular air handling unit based on determined requirements. Modular air handling units provide great flexibility for consultants when working on a project. Modular air handling units are assembled using many sections (heater section, cooler section, humidification section, fan section, etc) which gives the consultant an advantage to use only those sections necessary for particular project.

Keywords: air handling unit, section, 3D design, construction

Bibliografická citace VŠKP

MĚRKA, Jan. *Konstrukční návrh sestavné klimatizační jednotky : diplomová práce*. Brno, 2008. 64 str.

Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojní. Energetický ústav. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Charvát, PhD.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Vycházel jsem přitom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. 5. 2008

.....
podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mi byli při tvorbě diplomové práce nápomocní. Poděkování patří zejména panu Ing. Ivanu Měrkovi a také vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Charvátovi, PhD.

OBSAH

ÚVOD	11
1 HISTORIE A SOUČASNÝ STAV VE VZDUCHOTECHNICE	12
1.1 HISTORIE	12
1.2 SOUČASNOST	12
1.3 CERTIFIKAČNÍ A STANDARDIZAČNÍ POŽADAVKY EU	13
1.3.1 Certifikace	13
1.3.1.1 Certifikované zkušebny.....	14
1.3.1.2 Prohlášení o shodě	14
1.3.2 Standardizační požadavky a normy.....	14
2 SOUČASNÁ NABÍDKA TRHU KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK	16
2.1 HLAVNÍ VÝROBCI V EU A JEJICH SORTIMENT	16
2.2 TRENDY VÝVOJE KONSTRUKCÍ	16
2.2.1 Zvyšování účinností, optimalizace, regulace a návrh.....	16
2.2.2 Unifikace	17
3 SOUČASNÁ NABÍDKA TRHU KOMPONENT A MATERIÁLŮ	19
3.1 SKŘÍŇ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	19
3.2 FILTRY.....	19
3.3 VENTILÁTORY	19
3.4 VÝMĚNÍKY TEPLA.....	19
3.5 KOMPONENTY PRO VLHČENÍ.....	20
3.6 KOMPONENTY PRO SMĚŠOVÁNÍ	20
4 PARAMETRY VZT JEDNOTKY	21
4.1 SKŘÍŇ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	21
4.1.1 Požadavky dle ČSN EN 13053	21
4.1.2 Požadavky dle ČSN EN 1886	21
4.1.2.1 Mechanická stabilita skříně.....	21
4.1.2.2 Netěsnost skříně	23
4.1.2.3 Tepelně-izolační vlastnosti skříně.....	24
4.2 FILTRAČNÍ SEKCE	25
4.3 VENTILÁTOROVÁ SEKCE.....	26
4.4 SEKCE CHLADIČE/OHŘÍVAČE	26
4.5 SMĚŠOVACÍ SEKCE	26
4.6 SEKCE PARNÍHO ZVLHČOVÁNÍ	27
5 STANOVENÍ KRITÉRIÍ A CÍLŮ KONSTRUKCE	28
6 NÁVRH VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ A KOMPONENT	29
6.1 SKŘÍŇ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	29
6.2 FILTRAČNÍ SEKCE	29
6.3 VENTILÁTOROVÁ SEKCE.....	31
6.4 SEKCE PARNÍHO ZVLHČOVÁNÍ	33
6.4.1 Výpočet zvlhčování	34

6.5	SMĚŠOVACÍ SEKCE	35
6.6	SEKCE OHŘÍVAČE	37
6.7	SEKCE CHLADIČE	38
7	KONSTRUKCE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY	39
7.1	KONSTRUKCE SKŘÍNĚ	39
7.1.1	Rám	39
7.1.1.1	Základní použité rámové prvky	39
7.1.1.2	Stavba rámu	40
7.1.2	Panel.....	41
7.1.2.1	Boční panel	42
7.1.2.2	Horní a dolní panel	42
7.1.2.3	Panel dvířek	43
7.1.2.4	Koncový panel	44
7.1.3	Podstavný rám.....	45
7.1.4	Kompletace skříně VZT jednotky.....	46
7.2	KONSTRUKCE FILTRAČNÍ SEKCE.....	48
7.3	KONSTRUKCE SMĚŠOVACÍ SEKCE.....	50
7.4	KONSTRUKCE VENTILÁTOROVÉ SEKCE.....	51
7.5	KONSTRUKCE SEKCE OHŘÍVAČE.....	52
7.6	KONSTRUKCE SEKCE CHLADIČE	53
7.7	KONSTRUKCE ZVLHČOVACÍ SEKCE	55
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64

ÚVOD

V posledních několika letech začal být kladen velký důraz na kvalitu životního prostředí. Životním prostředím člověka se rozumí ta část světa, s níž člověk přichází do styku, kterou přetváří a využívá pro uspokojování svých potřeb. Pozornost se soustřeďuje především na hmotnou část prostředí, která je dána prostorem, kde člověk bydlí, pracuje a odpočívá. Životní prostředí člověka lze rozdělit podle různých hledisek. Pro účely této diplomové práce je nejvhodnější rozdělení podle umístění, tj. na životní prostředí vnější a vnitřní.

Vnější prostředím se rozumí životní prostředí vně staveb a vnitřním prostředím je prostředí uvnitř staveb, tj. v interiéru budov. Ve vnitřním prostředí člověk tráví 70 až 80% svého života, a proto je potřeba věnovat kvalitě vnitřního prostředí zvýšenou pozornost.

Oblast studia životního prostředí zahrnuje tři nejdůležitější aspekty. Těmi jsou vzduch, voda a půda. Předmětem studia oboru techniky prostředí je zejména vzduch. Proto se zabýváme právě jím. Kvalitu vnějšího prostředí respektive vzduchu ve vnějším prostředí můžeme ovlivnit pouze systematickými a koncepčními změnami, což z časového hlediska znamená běh na dlouhou trať. Přestože kvalita vnitřního prostředí je úzce spjata a odvíjí se od toho vnějšího, tak existují způsoby, jak ji upravit podle našich představ a požadavků v reálném čase. To znamená v intervalu hodin, ne-li minut.

K tomuto účelu byla vyvinuta zařízení, která jsou označována jako vzduchotechnické (klimatizační) jednotky. Jsou to zařízení mající několik funkcí. Primární funkcí je doprava vzduchu. Sekundárními funkcemi je úprava vzduchu na požadovanou čistotu, teplotu a v neposlední řadě vlhkost. Tato zařízení jsou určena zejména pro tzv. komfortní vzduchotechniku a klimatizaci. To znamená, že jsou konstruovány pro větrání a klimatizaci kanceláří, bytů a jiných veřejných prostor, kde je kladen důraz na komfort lidí, kteří se v těchto místech pohybují. Jednotky spadají do oblasti nízkotlaké vzduchotechniky a různí výrobci je vyrábí v různých velikostech. Od 400 m³/h až do 250 000 m³/h.

Cílem této diplomové práce je navrhnout sestavnou klimatizační, která bude sestávat ze sekce směšovací, filtrační, ventilátorové, ohřívací, chladící a zvlhčovací. Jednotka bude konstruována pro průtok vzduchu 10 000 m³/h, respektive pro rozsah průtoků, který pokryje ventilátor primárně vybraný pro jmenovitý průtok. Diplomová práce bude obsahovat teoretickou část věnující se obecně problematice sestavných klimatizačních jednotek a praktickou část, ve které bude uveden výběr základních komponent pro konstrukci a ve které budou naznačeny základní konstrukční principy.

1 HISTORIE A SOUČASNÝ STAV VE VZDUCHOTECHNICE

1.1 Historie

Sestavné klimatizační jednotky se na trhu začaly objevovat v období po 2. světové válce jako důsledek specializace, typizace a sériové výroby. Bohužel nebylo tomu tak na československém trhu, ale na trzích zemí západních Evropy, které nebyly ovlivněny poválečnou politickou situací ve východní Evropě. Poslání sestavných jednotek bylo jednoznačné. Byla jím kompaktní vzduchotechnika obsahující pouze ty části, které jsou podstatné pro zajištění požadavků investora.

Do Československa se tento koncept dostal počátkem sedmdesátých let. V roce 1971 byla zakoupena licence od švédského výrobce Svenska Flakt na sestavné jednotky vyráběné v závodě Kovona Karviná pod názvem KDK. Kovona Karviná byla součástí Československých vzduchotechnických závodů, jejichž další dceřinou společností byla Janka s pobočkami v Milevsku, Brně, Radotíně, Praze a Liberci. Základní konstrukční principy jednotek řady BKC společnosti Janka z roku 1983 jsou aktuální i dnes. Po revoluci v roce 1989 společnost Československé vzduchotechnické závody zanikla, ale společnost Janka a jiné nově vzniklé firmy, specializující se na výrobu VZT komponentů, pokračují v činnosti dodnes.

Koncept sestavných klimatizačních jednotek se uplatňuje i nadále. Jeho výhody jsou dosud velmi ceněné. Nicméně to jistě neznamená, že by se vývoj v této oblasti zastavil. Vývoj se soustřeďuje na vylepšení konstrukcí, vývoj nových materiálů a zejména vývoj vestaveb (ventilátorů, výměníků apod.).

V době prvních sestavných jednotek se standardně používala rámová konstrukce. Panely jednotky měly sendvičovou konstrukci, to znamená dva plechy, mezi které byl vložen izolační materiál. Ventilátory se používaly radiální s dopředu i dozadu zahnutými lopatkami s jednostranným nebo oboustranným sáním. Pohon byl zajištěn pomocí elektromotorů, které přenášely hnací sílu na ventilátor přímo nebo pomocí klínového řemene. Motory v té době byly jedno nebo dvouotáčkové a klasifikovány dle IP44.

Přirozený vývoj se nevyhnul ani výměníkům tepla respektive chladu. Přestaly se používat litinové výměníky, které byly nahrazeny lamelovými. Jejich výhoda spočívala ve velikosti teplosměnné plochy, která kompenzovala malý součinitel přestupu tepla na straně vzduchu. Způsob zpětného získávání tepla byl omezen na využití dvou výměníků propojených do jednoho okruhu. Teplu získané z odpadního vzduchu se prostřednictvím média transportovalo do výměníku umístěného v proudu přívodního vzduchu.

Vlhčení vzduchu probíhalo výhradně prostřednictvím adiabatických praček vzduchu. Vzduch se vlhčil rozprašováním vody tryskami s cirkulačním oběhem přes sběrnou vanu a čerpadlo. Nevýhoda praček vzduchu spočívala v nutnosti častého čištění a desinfekce vlhčící komory.

Kvalita tehdejších jednotek byla nesrovnatelná s dneškem. Posun v kvalitě vyráběných dílů a komponentů lze jednoznačně připsat vývoji strojní techniky v oblasti zpracování plechů, pokročilé typizaci a specializaci a dokonalejším konstrukčním nástrojům.

1.2 Současnost

Jak už bylo řečeno v předcházející kapitole, koncept sestavných klimatizačních jednotek je velice oblíbený i v současnosti. Rámová konstrukce je pro mnoho výrobců základním stavebním kamenem celé jednotky. Přesto se v posledních deseti letech objevilo několik výrobců, kteří se při vývoji vzduchotechnických jednotek vydali cestou bezrámové

samonosné konstrukce. Nosným prvkem bezrámové konstrukce jsou vyztužené panely, které jsou velice tuhé a schopné bez trvalých deformací vydržet velké zatížení. Historicky a jistě i z funkčních důvodů se panely vzduchotechnických jednotek izolují pomocí skelné či minerální vaty. Minerální vata má výborné izolační vlastnosti, relativně velkou akustickou pohltivost, je nehořlavá a ekologicky nezávadná. Zároveň se ale v posledních letech začaly objevovat panely, kde izolaci zabezpečuje polyuretanová pěna, tzv. PUR pěna. Jejimi výhodami jsou nízká hmotnost a lepší tepelně-izolační vlastnosti než u minerální vaty. Nevýhodami jsou naopak menší akustická pohltivost, hořlavost a obtížná likvidace.

Přeprava vzduchu je nadále zajišťována pomocí radiálních ventilátorů, jejichž výkonová charakteristika je pro použití v jednotkách nevhodnější. Kromě radiálních ventilátorů s dopředu zahnutými lopatkami se stále častěji používají ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami a přímým náhonem. Jedná se o tzv. volná oběžná kola. Jsou charakteristická menším počtem lopatek (+/-7) a přímým spojením ventilátoru s elektromotorem, čímž odpadá nutnost údržby a výměny hnacího řemene. Volná oběžná kola dosahují vyšších účinností a neoddiskutovatelnou výhodou je snadná údržba a čištění. Výrobci ventilátorů neusnuli na vavřínech a nadále se snaží vyvíjet nové, účinnější typy ventilátorů. Jako příklad uveďme firmu Ziehl-Abegg, která minulý rok přišla na trh s inovací jednoho z typů volných oběžných kol. Vývoj technologií v oblasti zpracování plastů umožnil vyvinout celoplastové volné oběžné kolo. Jeho charakteristickým znakem byly aerodynamicky tvarované lopatky. Dle inženýrů z firmy Ziehl-Abegg tato aplikace umožnila významně snížit hlučnost ventilátorů při zachování všech zbylých dynamických vlastností. S vývojem ventilátorů jde ruku v ruce vývoj elektromotorů. Rozbor konstrukce elektromotorů a jejich vývoj by vydal na samostatnou diplomovou práci, ale lze říci, že všechny důležité charakteristiky elektromotorů se za posledních deset let výrazně zlepšily. A to zejména díky tlaku vlád vyspělých zemí a veřejnosti na co nejmenší spotřebu energie a úspory materiálů.

Ohřev a chlazení vzduchu jsou téměř výhradně zajišťovány lamelovými výměníky tepla. Jejich konstrukce je již několik desetiletí v podstatě nezměněná. Stále se jedná o výměníky, ve kterých teplonosné médium proudí měděnými trubkami s nalisovanými hliníkovými lamelami. V menší míře se také uplatňuje elektrický a plynový ohřev.

Zpětný zisk tepla zabezpečují tři nejpoužívanější typy výměníků. Jedná se o deskové výměníky, rotační regenerační výměníky a výměníky s tzv. glykolovým okruhem. Výrobci ZZT výměníků se soustřeďují zejména na zvyšování jejich účinnosti. Není neobvyklé, že regenerační výměníky dosahují až 90% účinnosti.

Nedostatky adiabatických praček vedly k nutnosti vyvinout další na údržbu méně náročnou alternativu systému zvlhčování. V současnosti se v komfortní klimatizaci s oblibou využívá parní zvlhčování. Údržba parních zvlhčovačů je několikanásobně jednodušší než údržba adiabatických praček, které je potřeba čistit alespoň jednou týdně.

1.3 Certifikační a standardizační požadavky EU

1.3.1 Certifikace

Jednou z povinností každého výrobce je prohlásit, že jeho výrobky jsou ve shodě s příslušnými požadavky. Jinými slovy výrobce má zodpovědnost za to, že jeho výrobek má parametry, které deklaruje a které od něj vyžadují normy.

K tomuto účelu slouží tak zvaná certifikace. Cílem certifikace je zjistit, zda dané zařízení splňuje požadavky, které jsou mu uloženy normou, případně zjistit konkrétní parametry zařízení. O těchto měřeních je následně vydán protokol. Protokol o zkoušce.

1.3.1.1 Certifikované zkušebny

Certifikací výrobků jsou pověřeny zkušebny. Je důležité, aby zkušebna, která zkoušky provádí, byla řádně vybavena pro daný typ zkoušek. Jak materiálně, tak školenými odborníky. Aby byla zajištěna základní nadnárodní kompatibilita, tak se navzájem zkušebny uznávají a zejména certifikáty, které vystavují, jsou již vystavovány jako nadnárodní. Každá zkušebna, která nadnárodní certifikáty vystavuje, musí být uznána jinými zahraničními zkušebnami. Tedy i ten, kdo certifikuje, musí být certifikován k tomu, aby jeho výsledky byly akceptovány.

Další z možností, jak mohou výrobci své produkty certifikovat, je využít služeb evropské organizace EUROVENT. EUROVENT je evropská asociace výrobců vzduchotechnických a chladírenských zařízení, která je zastupuje na mezinárodním a evropském poli. Jedním z úkolů EUROVENTu je certifikovat vzduchotechnická a chladírenská zařízení z pohledu výkonových parametrů dle evropských a mezinárodních norem a standardů. Cílem EUROVENTu je podpořit důvěru zákazníků ve výrobky, a to zvyšováním nároků na všechny výrobce a zvyšováním celistvosti a přesnosti měření výkonových parametrů produktů.

1.3.1.2 Prohlášení o shodě

Poté, co výrobce, respektive jeho výrobek, je úspěšně certifikován, může výrobce vydat tzv. Prohlášení o shodě výrobku (Declaration of conformity) a výrobek označit značkou CE. Toto označení představuje prohlášení odpovědné osoby, že výrobek vyhovuje všem příslušným předpisům Společenství a že byl proveden náležitý postup posouzení shody.

1.3.2 Standardizační požadavky a normy

Každý výrobce vzduchotechnických jednotek je povinen se řídit základními dvěma normami. Mechanické parametry vzduchotechnických jednotek jsou stanoveny evropskou normou ČSN EN 1886: Větrání budov - Potrubní prvky - Mechanické vlastnosti (Ventilation of buildings - Air handling units - Mechanical performance). Výkonové parametry vzduchotechnických jednotek jsou stanoveny evropskou normou ČSN EN 13053: Větrání budov - Jednotky pro úpravu vzduchu - Třídění a provedení jednotek, prvků a částí (Ventilation of buildings - Air handling units - Rating and performance for units, components and sections).

U vzduchotechnických jednotek se certifikují tyto parametry:

Mechanické parametry – Evropská norma EN 1886 : Ventilation for buildings – Air Handling Units – Mechanical performance (listopad 1997)

- mechanická stabilita skříně
- netěsnost skříně
- netěsnost mezi filtrem a rámem
- prostup tepla skříní
- faktor tepelných mostů
- akustická izolace pláště

Výkonové parametry – Evropská norma EN 13053 : Ventilation for buildings – Air Handling Units – Ratings and performance for units, components and sections (červen 2006)

- průtok vzduchu - dostupný statický tlak - odběr proudu
- hladina akustického výkonu v oktávových pásmech
- hladina akustického výkonu do okolí
- výkonnost topení
- výkonnost chlazení
- rekuperace tepla
- tlaková ztráta na straně vody

2 SOUČASNÁ NABÍDKA TRHU KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK

2.1 Hlavní výrobci v EU a jejich sortiment

Výrobci sestavných vzduchotechnických jednotek je v Evropě celá řada. V České republice se nachází tři významní výrobci.

Jedním z nich je společnost CIC, s.r.o. se sídlem v Dobříši. Společnost CIC byla založena v roce 1990 jako projekční, montážní a dodavatelská firma vzduchotechniky. V roce 1994 se začala soustředit výhradně na výrobu sestavných vzduchotechnických jednotek. Základním výrobním programem firmy CIC jsou vzduchotechnické jednotky řady H, HL a HLX ve vzduchových výkonech od 500m³/h do 100 000m³/h. Jednotky H a HL jsou jednotky čtvercového respektive obdélníkového průřezu s klasickou rámovou konstrukcí s panely plněnými minerální vatou. Řada HLX představuje ploché podstropní jednotky určené pro centrální distribuci a úpravu vzduchu.

Druhým významným výrobcem VZT zařízení je společnost Janka, a.s., která se v roce 1998 stala dceřinou společností firmy LENNOX Europe. V současnosti společnost vyrábí tři hlavní řady vzduchotechnických a klimatizačních jednotek Senator 25 (KLM 25), Senator 50 (KLM 50) a poslední vývojová řada má název EcoAir (KLME). Společně tyto jednotky pokrývají vzduchové výkony od 720m³/h do 95 000m³/h. Všechny jednotky používají rámovou konstrukci a panely jsou plněny minerální vatou.

Dalším výrobcem je společnost REMAK, a.s. se sídlem v Rožnově pod Radhoštěm. Jednotky řady XP a FP jsou zástupci této firmy na trhu sestavných vzduchotechnických jednotek, které společně pokrývají vzduchové výkony od 500m³/h do 28 000m³/h. Společnost REMAK patří mezi výrobce, kteří se vydali cestou bezrámové konstrukce. Proto dosahují jednotky XP a FP vynikající hodnoty faktoru tepelných mostů, jsou předurčeny pro použití v hygienických aplikacích a v neposlední řadě vynikají i designem.

Nejznámějšími výrobci vzduchotechnických jednotek v zemích EU mimo ČR jsou společnosti GEA (Německo), VTS CLIMA (Polsko), FLÅKTWOODS (Švédsko), CIAT (Francie), ROBATHERM, Wolf, Rosenberg a AL-KO (Německo).

2.2 Trendy vývoje konstrukcí

Trendy ve vývoji vzduchotechnických jednotek lze rozdělit do dvou úrovní. Jednak to jsou trendy vedoucí ke snížení energetických nároků na provoz VZT zařízení a maximalizaci účinností a za druhé trendy, které se vztahují na samotnou výrobu vzduchotechnických jednotek vedoucí k větší konkurenceschopnosti samotných výrobců.

2.2.1 Zvyšování účinností, optimalizace, regulace a návrh

Jak už bylo zmíněno v předchozích odstavcích, vlády vyspělých zemí tlačí na maximalizaci účinností všech možných komponentů a to nejen v oblasti vzduchotechniky. Oblast, kde se dá uspořit spousta energie, jsou elektromotory a výměníky tepla. Výrobci vyvíjejí nové, účinnější komponenty, které u zařízení, které je v provozu 365 dní v roce dvanáct hodin denně, umožní ušetřit nemalé finanční prostředky, potažmo životní prostředí.

V souvislosti se zvyšováním účinnosti výměníků ale narážíme na jiný problém. Problém optimalizace. Zákazníci bohužel nevnímají vzduchotechnickou jednotku jako celek z pohledu spotřeby energie. Tudíž při výběru jednotky hledí zejména na účinnost výměníků a na výkon elektromotorů v dané jednotce již obvykle neberou zřetel. Zvyšování účinnosti výměníků

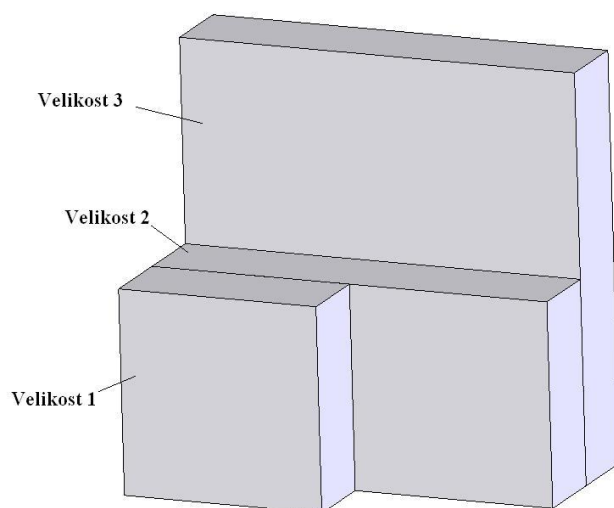
s sebou nenese pouze pozitiva. Většina výrobců výměníků tepla dosahuje zvýšení jejich účinnosti na úkor zvýšení tlakové ztráty na straně vzduchu. V praxi to znamená, že například lamely výměníků umísťují blízko u sebe, což zvyšuje odpor proudění vzduchu, a tudíž roste tlaková ztráta. Čím větší tlaková ztráta výměníku, tím výkonnější elektromotor ventilátoru je potřeba použít, čímž se vykompenzuje zvýšení účinnosti výměníku. V konečném důsledku je sestava stejně nebo více energeticky náročná, jako sestava s výměníkem o menší účinnosti, menší tlakovou ztrátou a slabším elektromotorem. Tento postup samozřejmě nelze uplatnit všeobecně na každou vzduchotechnickou jednotku, ale každá jednotka by měla před výrobou projít procesem optimalizace. Bude úkolem výrobců najít a správně prezentovat argumenty, které přesvědčí zákazníky, že právě jejich řešení je to optimální.

Dalším trendem je maximální regulovatelnost průtoku. Historicky bylo možno regulovat průtok vzduchu jednotkou buď přepínáním pólů elektromotorů, které umožnilo regulaci průtoku ve dvou úrovních, nebo napětíovou regulací umožňující pětistupňovou regulaci. V posledních dvou letech se začala drát do popředí možnost regulovat průtok vzduchu pomocí frekvenčních měničů, které umožní dosáhnout téměř nekonečného množství výkonových úrovní. Frekvenční měniče samy o sobě samozřejmě nejsou vynálezem novým, ale vývoj elektroniky dokázal stáhnout jejich cenu na minimum, čímž začaly konkurovat již zmíněným napětíovým regulátorům. Komfort, který přinášejí, je zákazníky velmi oceňován a dá se proto předpokládat, že se v brzké době stanou standardem v oblasti regulace průtoků.

V neposlední řadě je potřeba zmínit trend, který spočívá v návrhu jednotek. Projektanti pracují v časovém presu a vyžadují, aby jim návrh jednotky zabral pokud možno co nejméně času. Výrobci vzduchotechnických jednotek proto investují nemalé finanční prostředky do vývoje počítačových programů, které umožní maximální automatizace návrhu. Jako příklad uveďme návrhový software společnosti CIC Jan Hřebec s.r.o. či program AeroCAD společnosti Remak a.s. Program AeroCAD umožní plně automatizovaný návrh vzduchotechnické jednotky, který je podpořen příjemným grafickým prostředím a dokonce umožňuje plně automatizovaný návrh kompletní regulace.

2.2.2 Unifikace

Aby byli výrobci vzduchotechnických jednotek schopni obstát v tvrdém konkurenčním boji, je potřeba minimalizovat náklady na výrobu. Již samotný návrh umožní maximální úsporu prostředků. Jelikož výroba jednotek není sériovou výrobou v tom pravém slova smyslu, je nutno učinit takové kroky, aby se jí co nejvíce přiblížila. V tu chvíli přichází na řadu tak zvaná unifikace. Unifikace v oblasti velikostí jednotlivých řad vzduchotechnické jednotky spočívá v tom, že se maximalizuje počet společných komponent jednotek. Například rozměrová unifikace je zřejmá z přiloženého obrázku (*Obr. 1*). Princip spočívá v tom, že boční panely jednotky 2 jsou totožné s jednotkou o číslo menší a zároveň horní a dolní panely jsou totožné s jednotkou o číslo větší.



Obr. 1. Rozměrová unifikace

3 SOUČASNÁ NABÍDKA TRHU KOMPONENT A MATERIÁLŮ

Pro většinu výrobců vzduchotechnických zařízení by bylo velmi neekonomické, kdyby si všechny komponenty měli vyrábět sami. To je důvod, proč vznikl velice rozsáhlý trh s komponenty pro vzduchotechnické jednotky. Výrobci jednotek, jako koncového produktu, se většinou specializují na výrobu panelů a samotnou kompletaci jednotek.

3.1 Skříň vzduchotechnické jednotky

Výrobci využívající rámové konstrukce většinou nakupují rámy od firem, které se na jejich výrobu specializují. Tito dodavatelé jsou schopni dodávat různé typy rámových konstrukcí včetně různých materiálových variant a příslušenství. Jako příklad specializovaného výrobce ráamů a jejich příslušenství uvedme italskou firmu APS Arosio. Naopak výrobci využívající výhod bezrámové konstrukce jsou v tomto směru většinou odkázáni pouze na lokální dodavatele výtuh či příslušenství jednotek.

Standardními vstupními materiály pro konstrukci panelů jsou ocelové plechy s různou povrchovou úpravou a minerální vata. Za studena válcované plechy s různou povrchovou úpravou (pozink, RAL) jsou dodávány velkými nadnárodními ocelárenskými podniky. Jako příklad dodavatele z relativně blízkého okolí uvedme Košické ocelárny U.S. Steel Košice. Výrobci minerální vaty je celá řada, mimo jiné díky rozsáhlému použití ve stavebnictví. Nejvýznamnějšími výrobci na českém trhu jsou společnosti Saint-Gobain Orsil a Rockwool.

Díky rozmachu PUR technologie začaly na trhu vznikat firmy, specializující se na výrobu polotovarů pro PUR panely. Vedoucí firmou v tomto oboru je společnost Kingspan.

3.2 Filtry

Nejpoužívanějšími filtry ve vzduchotechnice jsou kapsové filtry. Kapsové filtry pokrývají třídy filtrace od EU3 až po EU9. Stejný rozsah filtrace jsou také schopny zajistit filtry rámečkové. V menší míře se používají vložkové filtry, které jsou určeny pro hrubou filtraci. Jako příslušenství jsou výrobci schopni dodat tzv. ukládací rámy s jedinečným a jednoduchým způsobem uchycení.

Ryze českým výrobcem filtrů a příslušenství je společnost KS Klima-service a.s. se sídlem v Dobříši. Dalším z výrobců je společnost American Air Filters Company - AAF International, která, jak již z názvu plyne, byla založena ve Spojených státech amerických.

3.3 Ventilátory

Trh s ventilátory je obrovský, proto i výrobců je v této oblasti více než v kterékoliv jiné. Téměř každý z výrobců má v nabídce ventilátory používané ve vzduchotechnických jednotkách, tedy radiální s dopředu i dozadu zahnutými lopatkami.

Největšími výrobci v Evropě jsou německé společnosti Ziehl-Abegg, Rosenberg či EBM a italské společnosti Nicotra a Comefri.

3.4 Výměníky tepla

Výrobou lamelových výměníků se v České republice zabývá společnost HTS Heat Transfer Systems se sídlem v Novosedlích na Moravě. Jedná se o dceřinou společnost celosvětové skupiny LU-VE Group, jejíž dceřiné firmy vyvíjí a vyrábí výměníky pro chladiřství a vzduchotechniku.

Dalšími společnostmi věnujícími se výrobě lamelových výměníků jsou společnosti ROEN EST se sídlem v Itálii a RTV Coils se sídlem na Slovensku.

3.5 Komponenty pro vlhčení

Vývin páry pro vlhčení mají za úkol vyvíječe páry. Používají se dva typy vyvíječů - elektrodový a plynový. Pára se distribuuje pomocí hadic k distribučním trubicím. Hadice a distribuční trubice se dodávají jako příslušenství k vyvíječům páry.

Průmyslové vyvíječe jsou ve výrobním programu švýcarské firmy Nordmann, české firmy Flair a.s. a italské firmy Carel.

3.6 Komponenty pro směšování

Směšování je umožněno pomocí dvou klapek. Díky relativní jednoduchosti konstrukce směšovací klapky je většinou produkuje sami výrobci vzduchotechnických jednotek. Nicméně na trhu existuje celá řada malých i větších firem, které se na výrobu klapky specializují. Jako příklad uveďme společnost Mandík s.r.o., která se mimo jiné zabývá i výrobou protipožárních klapky. Klapky mohou být ovládány ručně, ale nejčastější možností ovládní je pomocí servopohonu. Nejznámějším evropským výrobcem servopohonů je společnost Belimo.

4 PARAMETRY VZT JEDNOTKY

Doporučení na provedení a parametry VZT jednotek a jednotlivých sekcí jsou dvojího typu. Za prvé to jsou doporučení daná normami. Jak již bylo zmíněno, touto problematikou se zabývají dvě normy. Jsou to evropské normy ČSN EN 1886 a ČSN EN 13053. Za druhé to jsou doporučení daná výrobcí jednotlivých komponent. Žádné z nich ovšem nemá charakter zákonného nebo jinak nutného požadavku, ale jejich splnění by mělo zaručit správný chod VZT jednotky. Přesto jsou tyto doporučené parametry sledovány investory, a proto se v přeneseném slova smyslu jedná o požadavky. Jednotka konstruována v rámci této diplomové práce je konstruována právě dle zásad uvedených ve výše zmíněných materiálech.

Jelikož je těchto požadavků celá řada, bude vhodné je rozdělit na požadavky pro skříň VZT jednotky a jednotlivé sekce.

4.1 Skříň vzduchotechnické jednotky

4.1.1 Požadavky dle ČSN EN 13053

Požadavky na provedení skříně z pohledu konstrukce a zejména doporučených vstupních materiálů pro konstrukci jsou uvedena v normě ČSN EN 13053. Použité materiály skříně a jejích komponenty by měly být vyrobeny z antikoročních nebo nízkokoročních a antiabrasivních materiálů, které nejsou nijak zdraví škodlivé a zároveň nejsou zdrojem množení mikroorganismů. Stěna jednotky by měla být ze dvou panelů se sandwichovou izolací. Kvalita povrchu skříně by měla odpovídat kvalitě povrchu pozinkovaného plechu. Ostré hrany a jiné vyčnívající objekty by měly být eliminovány. [3]

Všechny komponenty v rámci VZT jednotky by měly být kontrolovatelné, čistitelné a desinfikovatelné za přijatelných nákladů. Proto by všechny sekce a komponenty měly být navrženy tak, aby se daly jednoduše čistit skrz servisní dvířka, či odnímatelné servisní panely. Použitá těsnění by neměla absorbovat vlhkost, či být zdrojem pro množení mikroorganismů. [3]

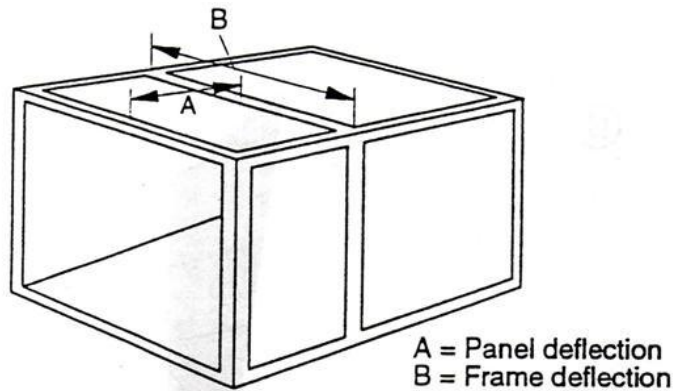
Norma ČSN EN 1886 specifikuje mechanické a tepelné vlastnosti vzduchotechnické jednotky jako celku. Do jisté míry se konkrétně zabývá i požadavky na provedení filtrační sekce, ale o tom více v sekci věnované filtraci.

Kvůli různým požadavkům vzhledem ke klimatickým podmínkám, tradičním požadavkům v různých částech Evropy a specifickým podmínkám jednotlivých aplikací je většina požadavků dána formou tříd. Požadavek na danou třídu může být poté upřesněn pro použití v určitých regionech nebo pro určité aplikace. Hlavní tři oblasti, kterým se norma věnuje, jsou mechanická stabilita skříně, netěsnost skříně a tepelně-izolační vlastnosti skříně. [3]

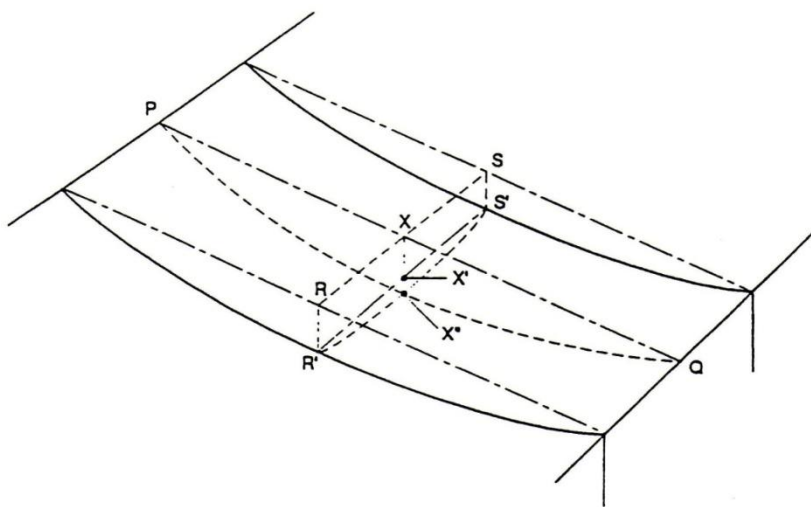
4.1.2 Požadavky dle ČSN EN 1886

4.1.2.1 Mechanická stabilita skříně

Skříň vzduchotechnické jednotky je kategorizována do pěti tříd – 1, 1A, 1B, 2 a 2A (*Tab. 1*). Tento parametr sleduje průhyby panelů (Panel deflection) a rámu (Frame deflection) za stanovených provozních podmínek (*Obr. 2*). Kromě dodržení předepsaných průhybů tříd 1, 2, 1A a 2A musí všechny skříně být schopny vydržet maximální tlakový rozdíl vůči okolí vyvinutý ventilátorem při daných provozních podmínkách bez poškození, či viditelné trvalé deformace skříně. [2]



Obr. 2. Ilustrace roztečí panelu a rámu [2]



Obr. 3. Průhyby panelu a rámu VZT jednotky [2]

Průhyb $X'X''$ je funkcí tuhosti panelu. Průhyb XX'' je jak funkcí tuhosti rámu, tak panelu. Průhyb rámu je znázorněn úsečkami RR' a SS' (Obr. 3). [2]

Tab. 1. Klasifikace mechanické stability skříně VZT jednotky [2]

Třída stability skříně	Maximální relativní průhyb $\text{mm}\cdot\text{m}^{-1}$	Při maximálním tlaku ventilátoru
1	10	Ne
1A	10	Ano
1B	Bez požadavku	Ano ¹⁾
2	4	Ne
2A	4	Ano

¹⁾ Průhyb u třídy 1B nesmí způsobit trvalou deformaci skříně. Zároveň po pěti minutách chodu na maximální tlak ventilátoru nesmí únik vzduchu z jednotky přesáhnout 5%. Test těsnosti se provádí před a po testu mechanické pevnosti při maximálním tlaku ventilátoru.

4.1.2.2 Netěsnost skříně

Netěsnost skříně je parametr, který udává, jaké množství vzduchu unikne ze vzduchotechnické jednotky za stanovených provozních podmínek. Požadavky na netěsnost se liší podle způsobu uspořádání jednotky. První uspořádání je takové, kde jednotka pracuje v podtlaku. V praxi to znamená, že ventilátor je vždy posledním prvkem v sestavě. V druhém uspořádání pracuje jednotka jak v podtlaku, tak v přetlaku. Převáděno do praxe se jedná o situaci, kdy ventilátor je umístěn buď jako první komponent v sestavě, nebo je vložen kdekoli mezi první a poslední komponent v sestavě. [2]

Těsnost jednotky pracující v podtlaku se určuje při negativním tlaku (podtlaku) 400Pa v jednotce a neměla by překročit hodnoty v tabulce (Tab. 2). [2]

Tab. 2. Třídy netěsnosti skříně VZT jednotky při podtlaku 400Pa [2]

Třída netěsnosti	Maximální hodnota netěsnosti $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$	Třída filtrace (EN 779)
3A	3,96	G1-4
A	1,32	F5-7
B	0,44	F8-9

Příslušná hodnota netěsnosti je funkcí třídy filtrace ve vzduchotechnické jednotce. Pokud jednotka obsahuje více stupňů filtrace, potom je potřeba se při stanovení maximální hodnoty netěsnosti řídit nejvyšší třídou filtrace. [2]

Těsnost jednotky pracující v podtlaku i v přetlaku se určuje tak, že ty sekce jednotky, které pracují v přetlaku, se testují samostatně od zbytku jednotky. Tato podmínka platí pouze v případech, kdy tlak za ventilátorem překročí hodnotu 250Pa. Pokud ne, potom je test pro jednotku pracující v podtlaku dostačující. Test sekcí jednotky pracujících v přetlaku vyžaduje přetlak 700Pa nebo maximální pracovní přetlak jednotky, pokud je tento větší než 700Pa. Na

zbytek jednotky se vztahuje test pro jednotku pracující v podtlaku. Netěsnost sekcí v přetlaku 700Pa je stanovena tabulkou (Tab. 3). [2]

Tab. 3. Třídy netěsnosti skříně VZT jednotky při přetlaku 700Pa [2]

Třída netěsnosti	Maximální hodnota netěsnosti $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$
3A	5,70
A	1,90
B	0,63

Samozřejmě v praxi mohou existovat případy, kdy maximální přetlak jednotky překročí hodnotu 700Pa. V takovém případě se maximální hodnota netěsnosti liší od hodnot v tabulce a počítá se dle rovnice (1). [2]

$$f_m = f_{700} \cdot \left(\frac{\text{testovací tlak}}{700} \right)^{0,65}, \quad (1)$$

kde

f_m je maximální přípustná netěsnost při daném tlaku ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$),

f_{700} je maximální přípustná netěsnost při 700Pa ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$). (Tab. 3)

Postup při stanovení netěsnosti skříně vzduchotechnické jednotky je následující.

Provede se výpočet povrchu jednotky ze jmenovitých rozměrů jednotky, vyjma plochy vstupních a výstupních otvorů a plochy komponentů, které nejsou součástí vzduchotěsné skříně. Z tabulek 2 a 3 se vyčte příslušná maximální povolená netěsnost a porovná se s povrchem testované jednotky. Testem jednotka projde, pokud naměřená hodnota netěsnosti není větší než povolená hodnota netěsnosti. Testuje-li se jednotka po sekcích, pak se jako hodnota k posouzení netěsnosti bere součet netěsností jednotlivých sekcí. [2]

Aparát pro měření netěsnosti a postup měření je podrobně popsán v normě ČSN EN 1886.

4.1.2.3 Tepelně-izolační vlastnosti skříně

Norma ČSN EN 13053 požaduje, aby plášť vzduchotechnické jednotky byl izolován. Je proto logické, že tepelně-izolační vlastnost skříně je dalším kritériem pro sledování kvality vzduchotechnické jednotky. Norma ČSN EN 1886 dále rozvíjí a kategorizuje požadavky v této oblasti ve dvou směrech. [2]

Prvním prostředkem pro stanovení tepelně-izolačních vlastností skříně je hodnota prostupu tepla U. Prostup tepla se určuje v laboratorních podmínkách na panelech jednotky za striktních podmínek stanovených normou ČSN EN 1886. Pro klasifikaci izolačních vlastností je použita forma tříd (Tab. 4). [2]

Tab. 4. Klasifikace prostupu tepla U skříní vzduchotechnické jednotky [2]

Třída	Prostup tepla U ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
T1	$U \leq 0,5$
T2	$0,5 < U \leq 1$
T3	$1 < U \leq 1,4$
T4	$1,4 < U \leq 2$
T5	bez požadavku

Druhý sledovaný parametr je tzv. faktor tepelných mostů. Za daného rozdílu teplot uvnitř a vně skříně se sleduje teplota povrchu skříně a na základě nejnižšího teplotního rozdílu mezi teplotou bodu na skříní z venkovní strany a teplotou uvnitř jednotky se stanoví faktor tepelných mostů k_b . Na základě tohoto faktoru se klasifikuje skříň VZT jednotky (Tab. 5). [2]

Tab. 5. Klasifikace skříně z pohledu faktoru tepelných mostů [2]

Třída	k_b
TB1	$0,75 < k_b \leq 1$
TB2	$0,6 < k_b \leq 0,75$
TB3	$0,45 < k_b \leq 0,6$
TB4	$0,3 < k_b \leq 0,45$
TB5	bez požadavku

Jelikož rozdíl teplot vně a uvnitř jednotky může v extrémních situacích dosáhnout až 60K, jsou kvalitní tepelné vlastnosti skříně zvláště důležité. Pokud by teplota stěny dosáhla teploty rosného bodu, začne na stěnách kondenzovat voda, a to v žádném případě není žádoucí. [2]

Mimo tři výše zmíněné vlastnosti jednotky je také sledována akustická izolace pláště a požární bezpečnost. Metody měření akustické izolace pláště jsou popsány, ale jako parametr není akustická izolace kategorizována. Platí zásada, že čím větší izolace, tím lepší. Požadavky na požární bezpečnosti VZT jednotek jsou popsány v normě ČSN EN 1886 a jejich splnění závisí na složení vstupních materiálů pro konstrukci. [2]

4.2 Filtrační sekce

Filtrační sekce je ve vztahu ke všem ostatním sekcím do jisté míry specifická. Požadavky na tuto sekci se dělí mezi obě výše zmíněné normy. Zejména u jednotek s jemnou a vyšší třídou filtrace je nutné zajistit, aby uložení filtrů ve skříní jednotky bylo co nejtěsnější a eliminovaly se netěsnosti. Vzduch, který projde kolem filtru, není filtrován a tím snižuje účinnost filtrace. Požadavky na těsnost uložení filtrů a metody měření netěsnosti jsou specifikovány v normě ČSN EN 1886. Čím vyšší třída filtrace, tím více vzrůstají nároky na těsnost uložení filtrů. Hodnota netěsnosti filtrů se stanoví jako poměr vzduchu, který neprojde filtrace, vůči celkovému specifickému průtoku jednotkou. Udává se v procentech (Tab. 6). Test se provádí za přetlaku 400Pa. [2]

Tab. 6. Přijatelné celkové netěsnosti [2]

Třída filtrace	G1-4	F5	F6	F7	F8	F9
Celková netěsnost k %	-	6	4	2	1	0,5

Další požadavky se týkají pouze normy ČSN EN 13053. Filtrační sekce by měla být vybavena servisními dvířky, kvůli snadnému přístupu k filtru a snadné výměně. Filtry by měly být vyrobeny dle normy EN 779. Při použití jemných kapsových filtrů by filtrační plocha měla být 10m^2 na 1m^2 průřezu jednotky. Těsnění by nemělo absorbovat vlhkost a zároveň být zdrojem pro množení mikroorganismů. [3]

4.3 Ventilátorová sekce

Z energetických důvodů by měl být instalován takový ventilátor, který v dané situaci nabídne nejvyšší účinnost. To znamená, že ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami je vhodné použít při malých diferencích tlaku, kdy dosahují vyšší účinnosti, než ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami, a naopak, při velkých tlakových ztrátách je vhodnější použít ventilátory s dopředu zahnutými lopatkami. Kvůli další úspoře energie by měly být ventilátory vybaveny motory se zvýšenou účinností. [3]

Dalšími neméně důležitými požadavky jsou požadavky na nízké vibrace při provozu, nízký hluk a snadná údržba. Platí, že čím nižší otáčky ventilátoru, tím nižší hluk.

4.4 Sekce chladiče/ohřivače

Tepelné výměníky použité ve vzduchotechnických jednotkách by měly odpovídat normě EN 1216. Výkon výměníku se počítá z rozdílu entalpií a průtoku na straně vody. Konstrukce výměníků by měla umožňovat snadné čištění. Směr lamel by měl odpovídat směru proudění vzduchu. Maximální hloubka lamel je stanovena na 300mm. Z energetických důvodů je minimální povolená vzdálenost mezi lamelami 2,0mm. U chladičů určených k odvlhčování je minimální vzdálenost 2,5mm. [3]

Zvláštní požadavky se vztahují na chladiče a eliminátory kapek, které by měly být součástí každé chladicí sekce. Zkondenzovaná vlhkost ze vzduchu by neměla být přenášena do dalších komponent vzduchotechnické jednotky. Proto je nutné použít eliminátor kapek. Chladiče by měly být vybaveny vyspádanou nerezovou vanou pro sběr kondenzátu, který se odvede mimo jednotku. Kvůli omezení vzniku kondenzátu by měly být přívodní trubky chladicího média izolovány v místech, kde vstupují do jednotky. Chladič by měl být čistitelný z obou stran VZT jednotky. Eliminátor kapek by měl být zkonstruován tak, aby se dal kdykoliv z jednotky demontovat. [3]

4.5 Směšovací sekce

Směšovací sekce s plynulou regulací směšovacího poměru by měla být vybavena těsnými klapkami. Riziko zamrznutí a kondenzace by mělo být eliminováno.

Důležitými parametry udávajícími kvalitu směšování vzduchu ve směšovací sekci je teplotní účinnost směšování a rovnoměrnost proudu vzduchu za směšovací sekci. Pro určení teplotní účinnosti je potřeba znát teplotu venkovního vzduchu, odvodního vzduchu a maximální a minimální teplotu vzduchu kdekoli v průřezu za směšovací sekci. Výpočet účinnosti se provede dle následující rovnice (2) a zjištěné hodnotě se přiřadí třída teplotní účinnosti směšování (Tab. 7). [3]

$$\eta_{\text{mix}} = \left(1 - \frac{t_{\text{max}} - t_{\text{min}}}{t_{\text{H}} - t_{\text{L}}}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

kde η_{mix} je účinnost směřování,
 t_{max} je nejvyšší naměřená teplota za směšovací sekci,
 t_{min} je nejnižší naměřená teplota za směšovací sekci,
 t_{H} je nejvyšší naměřená teplota před směšováním,
 t_{L} je nejnižší naměřená teplota před směšováním.

Tab. 7. Třídy účinnosti směšování [3]

Třída	Účinnost směšování %
M1	≥ 95
M2	$85 \leq \eta < 95$
M3	$70 \leq \eta < 85$
M4	$50 \leq \eta < 70$
M5	< 50

Rovnoměrnost proudu vzduchu se zjistí porovnáním maximální a minimální rychlosti vzduchu za směšovací sekci s nominální vypočtenou rychlostí proudu ve VZT jednotce dle následující rovnice (3). Čím menší je výsledný interval, tím je proud vzduchu rovnoměrnější. [3]

$$\frac{v_{\text{min}}}{v_{\text{n}}} \leq U_{\text{v}} \leq \frac{v_{\text{max}}}{v_{\text{n}}}, \quad (3)$$

kde v_{min} je nejnižší naměřená rychlost v průřezu za směšováním,
 v_{max} je nejvyšší naměřená rychlost v průřezu za směšováním,
 v_{n} je vypočtená rychlost z průtoku a průřezu,
 U_{v} je výsledný interval.

4.6 Sekce parního zvlhčování

Materiály použité při konstrukci sekce parního zvlhčování by měly být korozivzdorné, hygienické, neměly by být zdrojem usazování a množení bakterií a mikroorganismů, měly by odolávat desinfekčním prostředkům a být jednoduše čistitelné. Vnitřní plášť zvlhčovací sekce by měl být vyroben z pozinkovaného plechu nebo lakovaného plechu. Případně použité plasty by neměly být zdrojem potravy pro mikroorganismy. Sekce parního zvlhčování by měla být vybavena eliminátorem kapek. [3]

5 STANOVENÍ KRITÉRIÍ A CÍLŮ KONSTRUKCE

Sestavná vzduchotechnická jednotka konstruovaná v rámci této diplomové práce bude určena pro komfortní vzduchotechniku a klimatizaci s průtokem vzduchu $10\,000\text{m}^3/\text{h}$ a externí tlakovou ztrátou 200Pa . Jednotka bude určena pro montáž na podlahu a bude vybavena základovým rámem. Konstrukční a materiálové provedení umožní montáž jak ve vnitřním, tak venkovním prostředí s pracovním rozsahem teplot od -40°C do $+40^\circ\text{C}$.

Filtrace bude zajištěna kapsovými filtry s rozsahem filtrace od G3 do F9. Filtry budou snadno vyjímatelné a vyměnitelné.

Při konstrukci bude použit ventilátor, který bude snadno regulovatelný a čistitelný.

Ohřívač bude navržen pro ohřev vzduchu z -12°C na běžnou vnitřní teplotu $+21^\circ\text{C}$. Chladič zajistí ochlazení vzduchu z $+32^\circ\text{C}$ na $+21^\circ\text{C}$.

Vlhčení bude mít dostatečný výkon pro navlhčení vzduchu o teplotě $+21^\circ\text{C}$ z relativní vlhkosti 10% na 60%.

Při konstrukci budou v maximálně míře použity standardně vyráběné komponenty. Díly pro upevnění vestaveb a skříně budou konstruovány tak, aby byly co nejjednodušší na výrobu a zároveň, aby umožňovaly co nejjednodušší montáž.

6 NÁVRH VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ A KOMPONENT

V této sekci budou navrženy vstupní materiály a komponenty pro konstrukci vzduchotechnické jednotky. Vše bude navrženo tak, aby vyhovovalo požadavkům z předchozí kapitoly (4).

6.1 Skříň vzduchotechnické jednotky

Rám je tvořen standardními hliníkovými prvky italské společnosti APS Arosio specializující se na výrobu komponentů pro vzduchotechniku a vzduchotechnické jednotky. Hliníkové provedení všech rámových komponentů přispívá k nízké hmotnosti jednotlivých sekcí jednotky. Konkrétní typ vybrané rámové konstrukce je popsán v pododstavci Rám (7.1.1).

Plechové vaničky panelů jsou vyrobeny z pozinkovaného plechu slovenské společnosti U.S. Steel Košice. Možnou alternativou k pozinkovanému plechu je lakovaný plech, který je nejvhodnější pro venkovní použití.

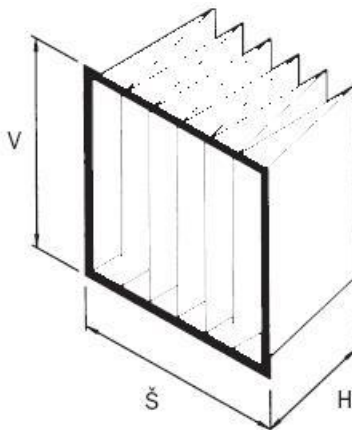
Izolace panelů je zajištěna minerální vatou. Minerální vata je výrobkem firmy Rockwool specializující se na tepelné a požární izolace. Jedná se o typ Techrock 60, jehož výhodou jsou vysoké izolační schopnosti, nehořlavost, zvuková pohltivost, vodoodpudivost a tvarová stálost. Střední objemová hmotnost použité minerální vaty je $60\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, přičemž hodnota součinitele tepelné vodivosti při $+25^\circ\text{C}$ je $0,036\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Díky těmto dvěma vlastnostem minerální vaty se podaří dosáhnout výborných tepelných parametrů jednotky při zachování nízké hmotnosti. [7]

6.2 Filtrační sekce

Hlavním vstupním komponentem filtrační sekce je samozřejmě filtr. Pro tuto vzduchotechnickou jednotku byly vybrány kapsové filtry firmy KS Klima-Service, a.s. Firma KS Klima-Service a.s. vyrábí mnoho různých druhů filtrů v různých velikostech, nicméně pro účely této diplomové práce byly vybrány kapsové filtry od třídy filtrace G3 až po třídu F9.

Hrubou filtraci zajišťují filtry KS PAK 25 a KS PAK 35. Jsou to filtry filtrační třídy G3 a G4. Používají se jako předfiltry nebo jak hlavní filtry v méně náročných aplikacích. Filtry jsou vyrobeny ze syntetických vláken progresivní konstrukce. Médium je uspořádáno do šitých filtračních kapes. Doporučená koncová ztráta filtrů je 250Pa. Filtry jsou účinné pro částice o velikosti $>5\mu\text{m}$. Odlučivost (A_m) filtrů KS PAK 25 dle EN 779 je 80-90% a odlučivost filtrů KS PAK 35 je $>90\%$. Maximální teplotní odolnost je 100°C . [4]

Rozměry filtrů jsou $592 \times 592 \times 360$ (š x v x h) s celkovou filtrační plochou $2,2\text{m}^2$.



Obr. 4. Schematický náčrt filtru [4]

Filtry pro jemnou filtraci jsou vyrobeny z filtračního média ze syntetických nebo skelných vláken, filtrační médium je na straně čistého vzduchu zpevněno laminovanou syntetickou gázovinou a je uspořádáno do filtračních kapes. Šité kapsy jsou upevněny do čelního rámu z U-profilu. Kapsy jsou dále vybaveny rozpěrkami umožňujícími maximální využití filtrační plochy. [4]

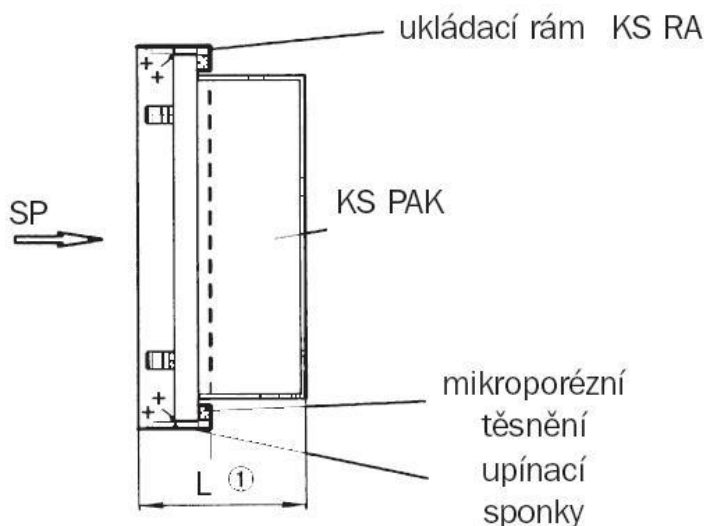
Třídu filtrace F5 zajišťuje filtr KS PAK 45 účinný pro částice o velikosti 1-5 μm s účinností (E_m) dle EN 779 40-60%. Doporučená koncová ztráta je 450Pa a teplotní odolnost 100°C. Rozměry filtru jsou 592 x 592 x 625 s filtrační plochou 5,3m². [4]

Filtrem s účinností 60-80% pro částice o velikosti 1-5 μm je filtr KS PAK 62 s filtrační třídou F6. Teplotní odolnost je 100°C, koncová tlaková ztráta 450Pa, filtrační plocha a rozměry jsou stejné jako u filtru KS PAK 45. [4]

Filtr KS PAK 85 filtrační třídy F7 pro zachycení částic o velikosti > 1 μm má účinnost 80-90%. Jeho koncová tlaková ztráta a teplotní odolnost jsou 450Pa, respektive 100°C. Rozměry filtru jsou 592 x 592 x 635 a filtrační plocha má velikost 6,1m². [4]

Rozměry, filtrační plocha, teplotní odolnost a koncová tlaková ztráta filtru KS PAK 95 jsou stejné jako u filtru KS PAK 85. Filtr KS PAK 95 s filtrační třídou F8/F9 se používá při nejvyšších nárocích na odloučení jemného prachu a s účinností 90-95% je určen pro odchyení částic o velikosti > 0,5 μm . [4]

Filtry se ukládají do ukládacího rámu, který se vsune do VZT jednotky. Použitý ukládací rám je vyráběn jako příslušenství firmou KS Klima-Service a.s. Ukládací rámy KS RA jsou vyrobeny z pozinkovaného plechu, součástí rámu jsou čtyři sponky a těsnění. Jednoduché a bezpečné osazení filtru se provede jeho vložením a přitlačením sponek na mikroporézní těsnění. Postranní montážní otvory umožňují sestavení rámu do filtračních stěn. [4]



Obr. 5. Uložení filtru v ukládacím rámu [4]

Díky rozměrům konstruované jednotky budou použity čtyři kusy ukládacího KS RA rámu o velikosti 610x610mm. Z nich se sestaví filtrační stěna, do které se vloží příslušné filtry. [4]

Všechny ostatní komponenty filtrační sekce budou vyrobeny z pozinkovaného plechu a jako těsnění bude použito samolepící těsnění cellband příslušného rozměru.

6.3 Ventilátorová sekce

Dalším komponentem vzduchotechnické jednotky je ventilátor. Z výše zmíněných důvodů je konkrétně pro tuto jednotku použit ventilátor s volným oběžným kolem renomované německé firmy Ziehl-Abegg. Jedná se o kompaktní vestavný ventilátor ER..C (Obr. 6.).



Obr. 6. Vestavný ventilátor ER..C [9]

Volné oběžné kolo ventilátoru nese označení RH..C. Ventilátor je konstruován ze sedmi dozadu zakřivených lopatek a dosahuje vysoké účinnosti. Jednou z jeho důležitých vlastností je schopnost dosáhnout příznivých akustických vlastností. Volné oběžné kolo je vyrobeno svařováním ocelových plechů a povrchová odolnost je dosažena práškovým nanášením laku. Ventilátor je odolný do 80°C. Kvůli klidnému chodu bez vibrací a jiných rušivých zvuků jsou ventilátory již z výroby vyváženy dle DIN ISO 8821.

Ventilátor je poháněn třífázovým elektromotorem firmy Siemens nebo Ziehl-Abegg. Motor je klasifikován dle IP55 a je tedy chráněn proti vniknutí prachu a proti proudu vody z jakéhokoliv směru. Ochrana motoru proti přehřátí je zajištěna pomocí integrovaného termokontaktu. [9]

Výběr konkrétní vestavby se provádí z výkonových charakteristik jednotlivých typů ventilátorů.

Pro konkrétní výběr je zapotřebí znát charakteristiku tlakové ztráty sestavy vzduchotechnické jednotky, požadovanou externí tlakovou ztrátu při požadovaném průtoku a požadovaný objemový průtok. Jednotka je konstruovaná pro průtok vzduchu 10 000m³/h a tlaková ztráta sestavy Δp_s se určí součtem dílčích tlakových ztrát komponent Δp_i .

$$\Delta p_s = \sum_1^n \Delta p_i \quad (4)$$

Jelikož exaktní určení tlakových ztrát některých komponent je při pouhém návrhu nemožné, budou některé tlakové ztráty pouze odhadnuty. Ventilátor bude navrhnout pro sestavu, která bude obsahovat všechny sekce, které jsou předmětem konstrukce v této diplomové práci.

Sekce směšování	$\Delta p_1 = 20\text{Pa}$
Sekce filtrační	$\Delta p_2 = 265\text{Pa}$
Sekce ohřívače	$\Delta p_3 = 50\text{Pa}$
Sekce chladiče	$\Delta p_4 = 250\text{Pa}$
Sekce ventilátorová	$\Delta p_5 = 0\text{Pa}$
Sekce zvlhčovací	$\Delta p_6 = 120\text{Pa}$

Dosažením do rovnice (4) vypočítáme celkovou tlakovou ztrátu komponent.

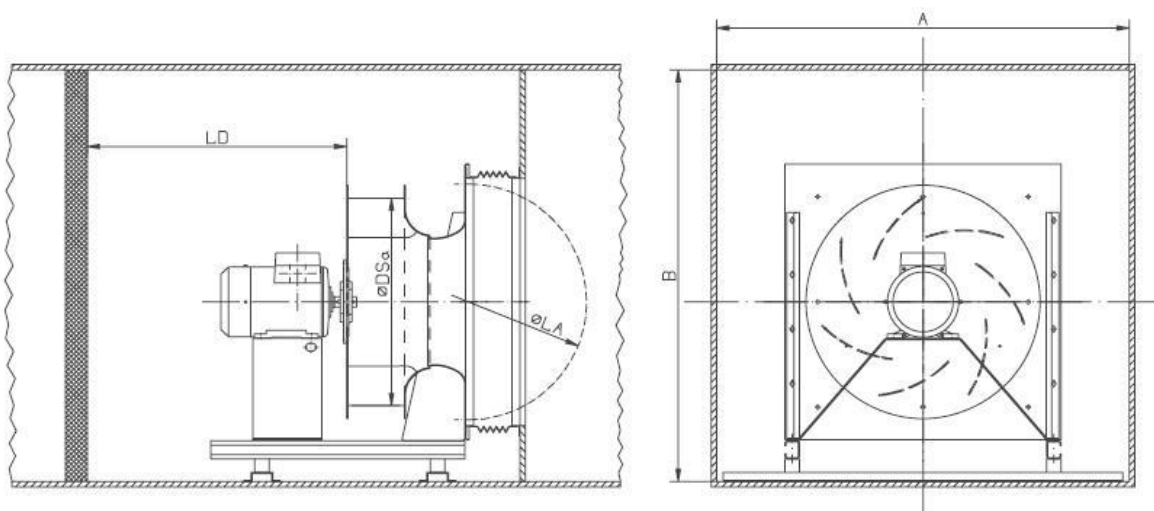
$$\Delta p_s = \sum_1^6 \Delta p_i = 20 + 265 + 50 + 250 + 0 + 120 = \underline{705\text{Pa}}$$

Externí tlaková ztráta vzduchotechnického potrubí a komponent je ze zadání 200Pa. Celkový tlak pro výběr ventilátoru je tedy 905Pa.

Těmto parametrům odpovídá ventilátor firmy Ziehl-Abegg s označením ER56C-4DN.F7.1R. Jedná se o ventilátor řady ER..C s elektromotorem o výkonu 4kW. Jak je z výkonové charakteristiky (*Příloha P I*) patrné, při průtoku 10 000m³/h dosahuje ventilátor tlaku 1070Pa, což znamená, že tlaková rezerva ventilátoru k zaregulování je 165Pa. [9]

Kvůli maximální eliminaci vibrací je ventilátor umístěn na silentblocích. Nasávací část ventilátoru je s jednotkou propojena dilatační vložkou, která má také za úkol zabránit přenosu vibrací na plášť ventilátorové sekce. Jak silentbloky, tak dilatační vložka jsou součástí příslušenství ventilátorové vestavby ER..C. [9]

Firma Ziehl-Abegg, výrobce ventilátorové vestavby ER..C, poskytuje jisté doporučení pro instalaci (*Obr. 7*). Splnění těchto doporučení má za následek zrovnomnění proudu vzduchu za ventilátorem a zároveň eliminaci různých vibrací a hluku. [9]



Obr. 7. Doporučení pro instalaci ventilátorové vestavby [9]

Vzdálenost od středu sacího nástavce k předchozímu komponentu by měla být větší než polovina průměru oběžného kola.

$$LA \geq 0,5 \cdot DSa \quad (5)$$

Vzdálenost od nosné části oběžného kola k dalšímu komponentu v jednotce by měla být větší než průměr oběžného kola.

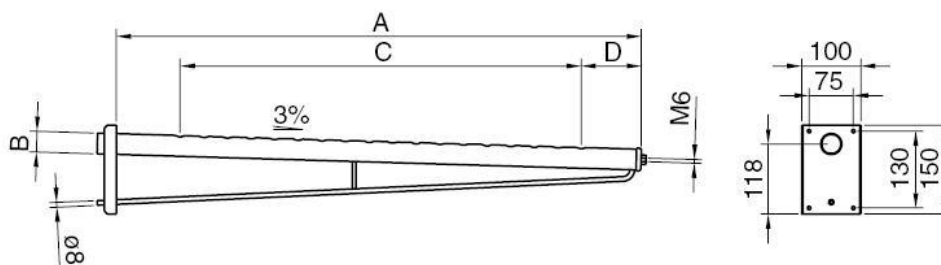
$$LD \geq 1 \cdot DSa \quad (6)$$

Rozměr skříně vzduchotechnické jednotky by měl být větší než 1,8 násobek průměru oběžného kola.

$$A \geq 1,8 \cdot DSa \quad (7)$$

6.4 Sekce parního zvlhčování

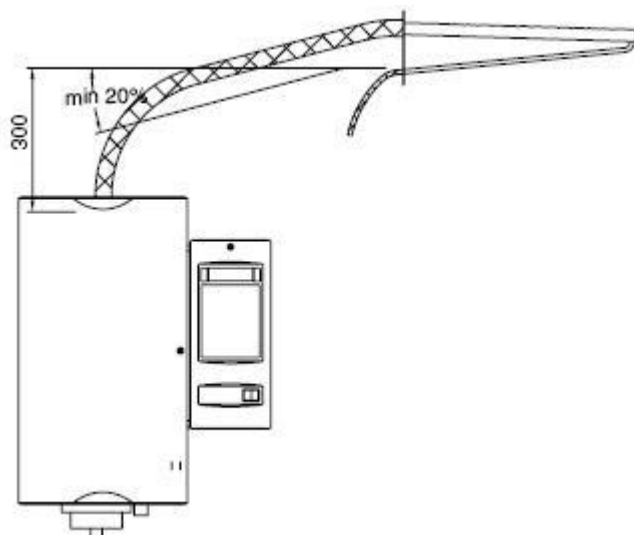
Zdrojem vodní páry pro zvlhčování je elektrodový zvlhčovač firmy Nordmann. Jedná se o typ AT 3000, který se dodává v deseti výkonových provedeních. Od 4kg/h do 130kg/h. Pára se rozvádí pomocí hadic a distribučních trubice (Obr. 8). [6]



Obr. 8. Distribuční trubice [6]

Vodní pára se do vzduchu dostává skrz vyvrtané díry na horní straně distribuční trubice. Pára, která zcondenzuje v trubici, je odvedena do odpadu.

Celá soustava parního zvlhčování obsahující elektrodový zvlhčovač, distribuční hadice a distribuční trubice je ilustrována na dalším obrázku (Obr. 9).



Obr. 9. Soustava parního zvlhčování [6]

6.4.1 Výpočet zvlhčování

Relativní vlhkost vzduchu je jedním z faktorů ovlivňujících tepelnou pohodu člověka. Aby se člověk cítil dobře, je potřeba udržet relativní vlhkost vzduchu v rozmezí od 30% do 70%. Pro základní výpočet potřebného vlhčícího výkonu budou použity následující parametry.

Objemový průtok vzduchu	$\dot{V} = 10\,000\text{m}^3/\text{h}$
Teplota vzduchu před vlhčením	$t = 21^\circ\text{C}$
Vlhkost vzduchu před vlhčením	$\varphi_1 = 10\% \quad x_1 = 1,5\text{ g/kg s.v.}$
Vlhkost vzduchu po vlhčení	$\varphi_2 = 60\% \quad x_2 = 9,1\text{ g/kg s.v.}$

Změna stavu vzduchu při vlhčení párou je znázorněna v i-x diagramu (*Příloha P II*).

Hmotnostní tok vody pro zvlhčování se počítá dle rovnice (8).

$$\dot{m}_w = \frac{\rho \cdot \dot{V} \cdot (x_2 - x_1)}{1000} \quad [\text{kg/h}] \quad (8)$$

kde	\dot{m}_w	je hmotnostní tok vody,
	ρ	je hustota vzduchu,
	\dot{V}	je objemový tok vzduchu,
	x_2	je měrná vlhkost vzduchu po vlhčení,
	x_1	je měrná vlhkost vzduchu před vlhčením.

Dosažením do rovnice (8) dostaneme výslednou hodnotu výkonu zvlhčování.

$$\dot{m}_w = \frac{\rho \cdot \dot{V} \cdot (x_2 - x_1)}{1000} = \frac{1,15 \cdot 10000 \cdot (9,1 - 1,5)}{1000} = \underline{87,4\text{kg/h}}$$

Pro vypočtený výkon je zvolen zvlhčovač AT 3000 typ 9064 s nominálním výkonem 90kg/h.

V dalším kroku je potřeba vypočítat vlhčící dráhu. Vlhčící dráha je vzdálenost, kterou potřebuje pára, aby se plně vstřebala do vzduchu. Jinými slovy je to vzdálenost mezi distribuční trubicí a následujícím komponentem v sestavě.

Vstupní parametry:

Absolutní vlhkost vzduchu před vlhčením	$x_1 = 1,5\text{ g/kg s.v.}$	} $K = 2,6$
Teplota vzduchu před vlhčením	$t = 21^\circ\text{C}$	
Změna vlhkosti	$\Delta x = 7,6\text{ g/kg s.v.}$	
Rychlost vzduchu	$v = 2,1\text{m/s}$	
Výkon zvlhčování	$\dot{m}_w = 87,4\text{kg/h}$	
Délka zvlhčovací trubice (trubic)	$l_t = 480\text{cm}$	

Na základě prvních čtyř hodnot a grafu firmy Nordmann se stanoví hodnota K. Vlhčící dráha se počítá dle rovnice (9).

$$L_z = K \cdot \sqrt{\frac{\dot{m}_w}{l_t}} \quad [\text{m}] \quad (9)$$

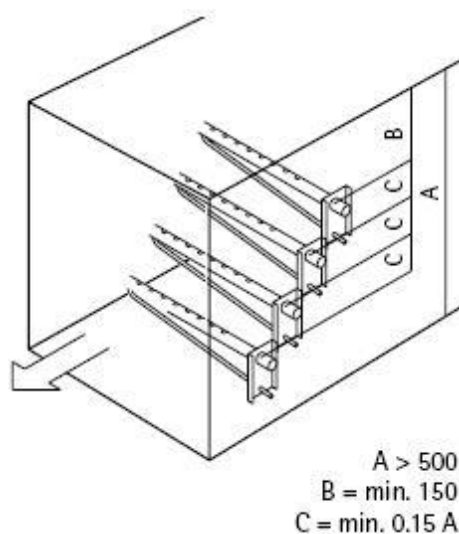
kde	L_z	je délka dráhy vlhčení,
	K	je konstanta,
	\dot{m}_w	je hmotnostní tok vody,
	l_t	délka zvlhčovací trubice (trubic).

Dosažením do rovnice (9) vypočítáme vlhčící dráhu pro náš případ.

$$L_z = K \cdot \sqrt{\frac{\dot{m}_w}{l_t}} = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{87,4}{480}} = \underline{1,1\text{m}}$$

Kvůli dosažení vlhčící dráhy délky 1,1m bylo potřeba zvolit čtyři distribuční trubice o délce 1200mm a průměru 35mm. Kvůli správné funkci vlhčení je potřeba dodržet pokyny k instalaci firmy Nordmann (*Obr. 10*). [6]

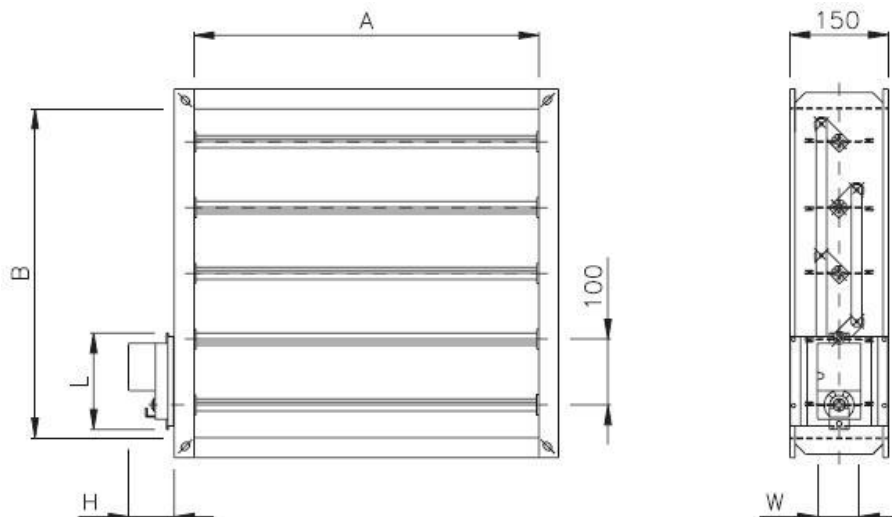
Sekce zvlhčování je vybavena eliminátorem kapek. Lamely eliminátoru jsou dodány firmou APS Arosio. Samozřejmě je vybavení sekce vanami pro sběr kondenzátu.



Obr. 10. Instalace distribučních trubic [6]

6.5 Směšovací sekce

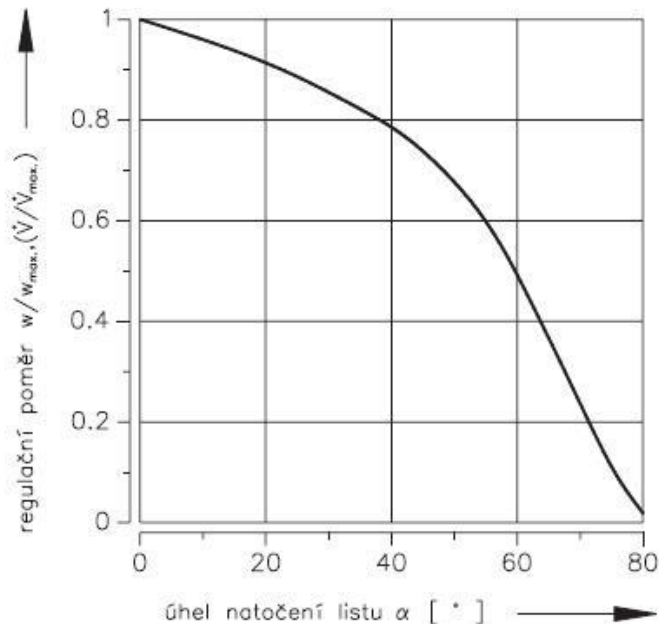
Funkce směšovací sekce spočívá ve směšování vzduchu odváděného z místnosti a vzduchu do místnosti přiváděného. Směšování se děje pomocí dvou regulačních klapek, které jsou jedinou vestavbou směšovací sekce. Směšovací klapky jsou výrobky firmy Mandík, a.s. Jedná se o těsné regulační klapky typu RKTМ – 1000x630 TPM 012/00.46 a RKTМ – 1000x800 TPM 012/00.46.



Obr. 11. Regulační klapka RKTM [5]

Každá klapka se sestává z rámu, listů opatřených po obvodě těsněním a ovládacího mechanismu. Dle podkladů výrobce slouží k těsnému uzavření vzduchotechnického potrubí, popřípadě k regulaci průtoku vzduchu škrcením průřezu. Klapka je konstruována v souladu s příslušnými normami. [5]

Plynulá regulace směšování je zabezpečena servopohonem firmy Belimo, který je navíc vybaven funkcí signalizace poruchy. Kvůli regulaci průtoku vzduchu klapkou je také potřeba znát její průtočnou charakteristiku (Obr. 12). [5]



Obr. 12. Průtočná charakteristika klapky ($\Delta p = 40\text{Pa}$) [5]

Při provozu je nutno respektovat maximální tlakový rozdíl na regulační klapce (Obr. 13).

Maximální tlakový rozdíl Δp [Pa]											
A / B	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600
200	1500	1500	1500	1500	1500	x	x	x	x	x	x
250	1500	1500	1500	1500	1500	1500	x	x	x	x	x
315	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	x	x	x	x
400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	x	x	x
500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	x	x
630	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1200	x
800	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1200	1200
1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1200	1200
1250	x	x	x	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
1400	x	x	x	x	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
1600	x	x	x	x	x	1200	1200	1200	1200	1200	1200
1800	x	x	x	x	x	1200	1200	1200	1200	1200	1200
2000	x	x	x	x	x	x	1200	1200	1200	1200	1200

Obr. 13. Maximální povolený tlakový rozdíl na regulačních klapkách RKTМ [5]

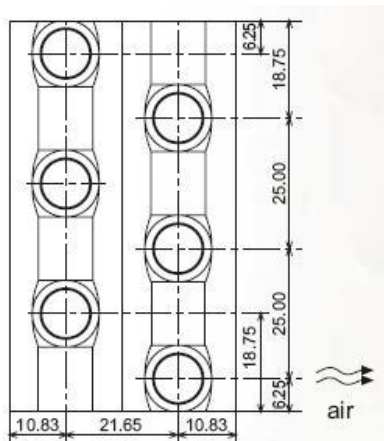
6.6 Sekce ohřivače

Sekce ohřivače je vybavena lamelovým výměníkem slovenské firmy RTV Coils. Trubky výměníku jsou vyrobeny z mědi a lamely z hliníku. Těsný kontakt je zajištěn mechanickým nalisováním trubek na lamely. Trubky výměníku jsou zkonstruovány tak, aby se optimalizoval koeficient přestupu tepla, ale zároveň, aby tlaková ztráta na straně vody nepřesáhla dovolenou hodnotu. Sběrače mající za úkol spojit všechny rovnoběžné trubky do jedné jsou vyrobeny z ocele. [8]



Obr. 14. Lamelové výměníky [8]

Geometrie použitého výměníku je označována jako S22-10. Jedná se o výměník s vystřídanou geometrií s trubkami o průměru 3/8“ (9,52mm). Tento typ výměníku je velice vhodný pro použití v klimatizačních zařízeních do průřezu 4m². [8]



Obr. 15. Geometrie výměníku [8]

Pro konstrukci je nejvhodnější použít výměník o průřezu teplosměnné oblasti 1075x950mm. Vzdálenost mezi lamelami výměníku je 2,1mm.

Výpočet výměníku byl proveden v programu firmy RTV Coils REcalc. Veškerá data týkající se vstupních hodnot výpočtu, geometrie a výkonu jsou uvedena v příloze (*Příloha P III*). Jedná se o dvouřadý výměník.

Návrh výměníku je velice specifická záležitost, proto je vhodné provést výpočet individuálně pro každou aplikaci.

6.7 Sekce chladiče

Vodní chlazení je zabezpečeno stejným typem výměníku jako ohřev.

Výpočet výměníku byl také proveden v programu firmy RTV Coils REcalc. Veškerá data týkající vstupních hodnot výpočtu, geometrie a výkonu jsou uvedena v příloze (*Příloha P IV*). Jedná se o čtyřřadý výměník.

Návrh výměníku je velice specifická záležitost, proto je vhodné provést výpočet individuálně pro každou aplikaci.

Sekce chladiče je dále vybavena eliminátorem kapek. Lamely eliminátoru jsou dodány firmou APS Arosio. Samozřejmě je vybavení sekce vanou pro sběr kondenzátu.

7 KONSTRUKCE VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

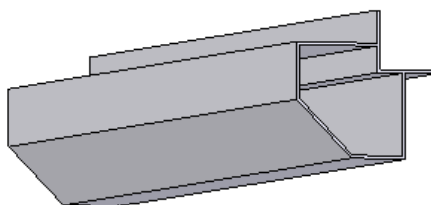
Skříň vzduchotechnické jednotky konstruované v rámci této diplomové práce je složena ze tří stěžejních částí. Nosnou část skříně tvoří rám (7.1.1), výplň mezi rámovými prvky je tvořena panely (7.1.2) a celá skříň je umístěná na podstavném rámu (7.1.3).

7.1 Konstrukce skříně

7.1.1 Rám

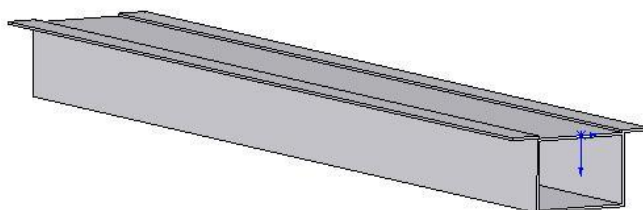
7.1.1.1 Základní použité rámové prvky

Hlavní nosný prvek konstrukce je zkosený křídélkový profil značený jako PS170-50-0. Tento profil je konstruován pro použití panelů o tloušťce 50mm a tvoří vnější konstrukci každé sekce vzduchotechnické jednotky (Obr. 16).



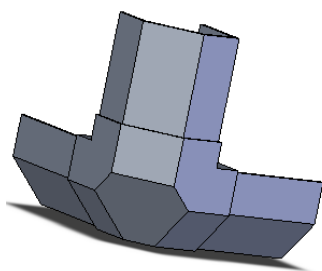
Obr. 16. Zkosený profil PS170-50-0

Jako pomocný prvek nebo jako výztuha je také použit jednoduchý příčný profil označený jako P370-50000 (Obr. 17), který je v sekcích vložen mezi vnější konstrukci tvořenou profily PS170-50-0.



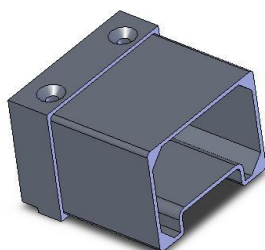
Obr. 17. Příčný profil P370-50000

Profily PS170-50-0 jsou spojeny pomocí rohovníků (Obr. 18). V tomto případě jsou použity hliníkové odlitky, které se nasunou na nosný profil a tvoří rohy sekcí vzduchotechnické jednotky. Rohovníky jsou označeny jako AS730-50-0.



Obr. 18. Rohovník AS730-50-0

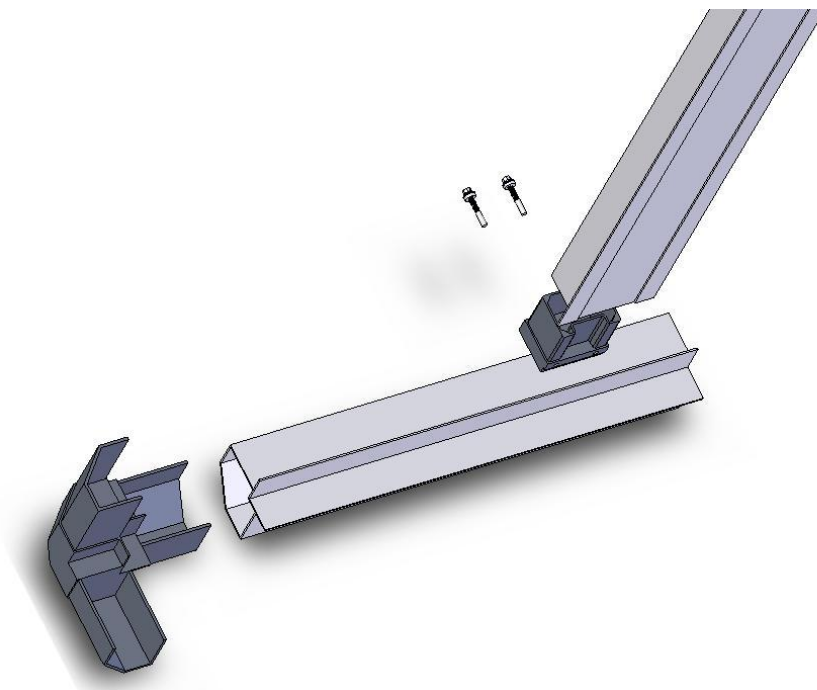
Pro spojení pomocného příčného profilu s hlavní nosnou konstrukcí je použita tzv. spojka (*Obr. 19*) označená jako GOP270-500. Spojka se nasazuje na profil P370-50000.



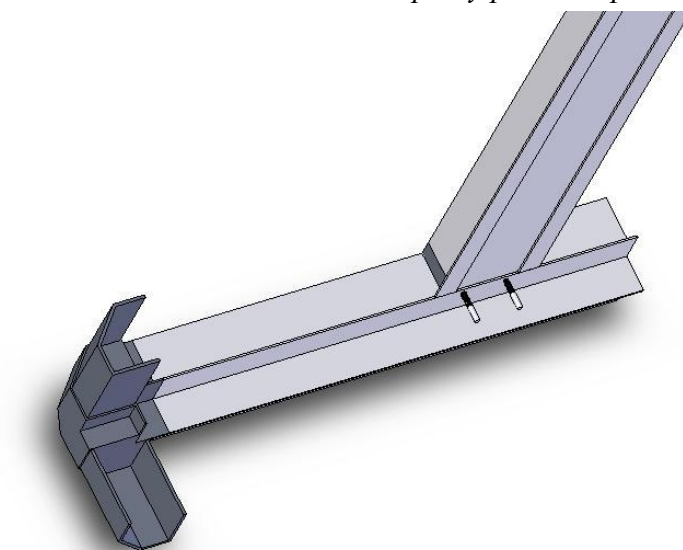
Obr. 19. Spojka GOP270-500

7.1.1.2 Stavba rámu

Tyto zmíněné čtyři prvky jsou základními stavebními kameny rámu vzduchotechnické jednotky. Jejich kombinací a také kombinací různých délek profilů dostaneme skříně různých velikostí. Rohovník AS730-50-0 a spojka GOP270-500 se pomocí gumového kladiva naklepne na nosný profil PS170-50-0, respektive příčný profil P370-50000. Pevný spoj je zajištěn díky přesahu mezi rohovníkem (spojkou) a profilem. Spojka s příčným profilem se připevní k základnímu rámu pomocí dvojice samořezných šroubů (*Obr. 20*).



Obr. 20. Základní rámové prvky před kompletací



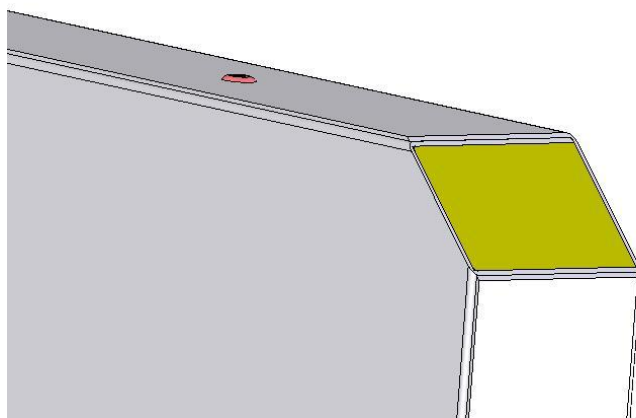
Obr. 21. Základní rámové prvky po kompletaci

7.1.2 Panel

Panel je konstruován jako třívrstvý. Je tvořen dvěma plechovými vaničkami, kde prostor mezi nimi vyplňuje minerální vata (Obr. 22). Tloušťka panelu je 50mm. Vaničky jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 1mm, který je kvůli zvýšené odolnosti proti vnějším a vnitřním povětrnostním podmínkám opatřen ochrannou vrstvou zinku (275g/m^2).

Minerální vata nařezaná dle rozměrů konkrétního panelu se vkládá mezi dvě plechové vaničky, které jsou následně snýtovány vhodným počtem trhacích nýtů. Trhací nýty jsou standardní o průměru 4mm a délce 6mm určené pro spoje o rozměrech 1-2,5mm.

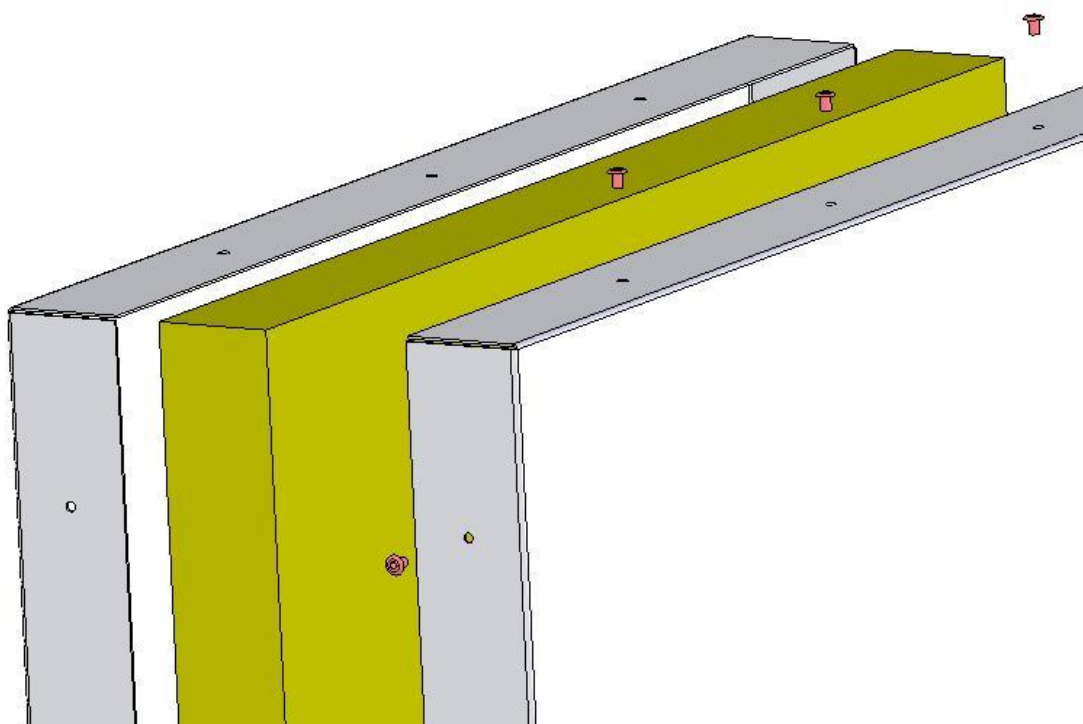
Pro konstrukci jsou použity čtyři typy panelů. Boční panel, horní (dolní) panel, panel dvířek a panel ukončující jednotku, tedy koncový.



Obr. 22. Řez panelem

7.1.2.1 Boční panel

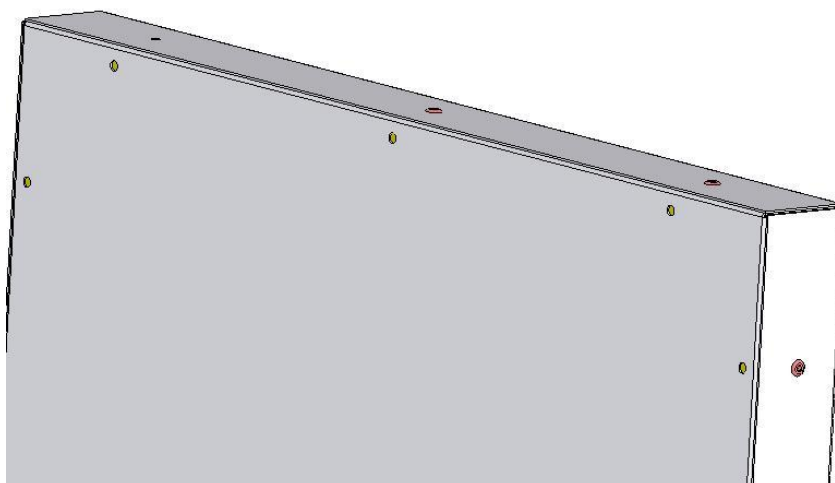
Pro boční panel (Obr. 23) platí konstrukční předpisy uvedené v bodě 7.1.2.



Obr. 23. Konstrukce bočního panelu

7.1.2.2 Horní a dolní panel

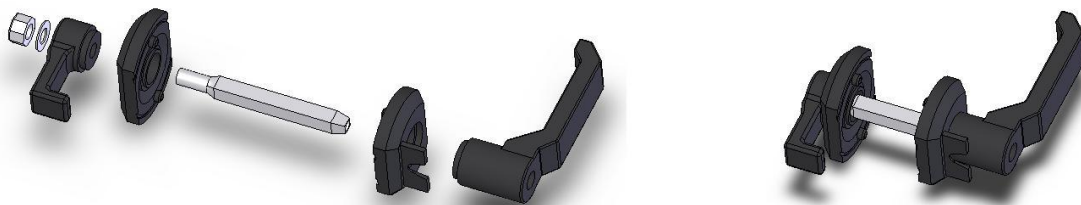
Horní a dolní panely jsou konstruovány dle stejných principů jako panel boční. Rozdíl mezi těmito panely není v podstatě jejich složení, ale ve způsobu uchycení k rámu. Rozdílný způsob uchycení vyžaduje poněkud odlišné konstrukční řešení vnitřní vaničky panelu. Ta je oproti bočnímu panelu vybavena otvory pro nýty (Obr. 24).



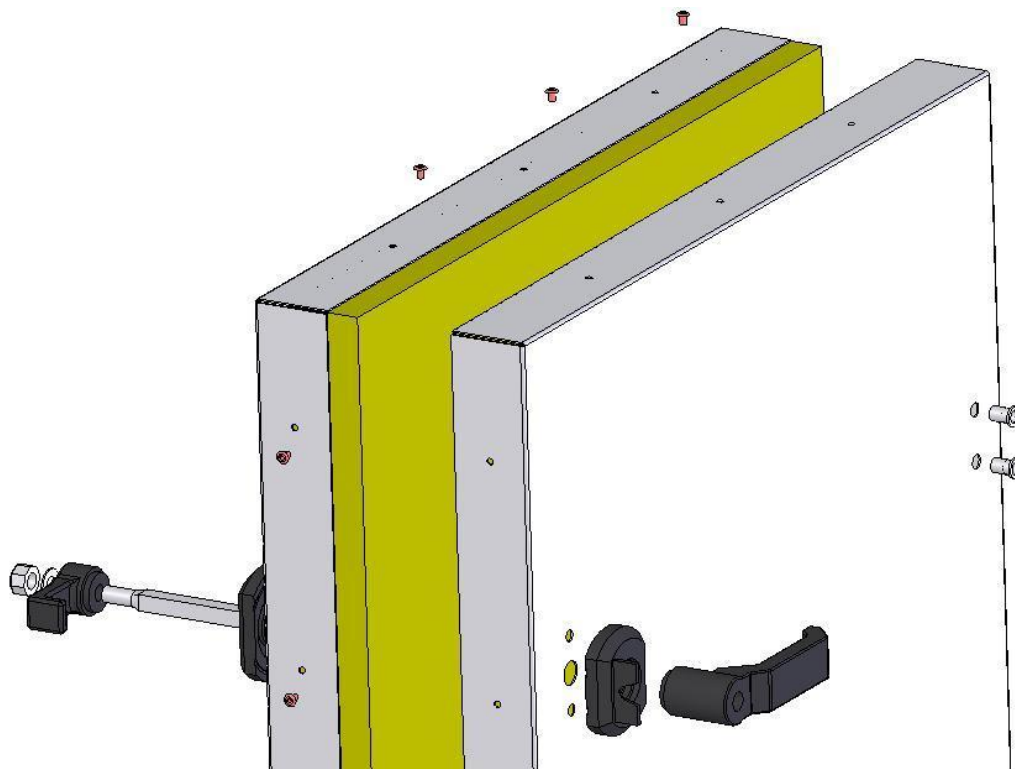
Obr. 24. Horní a dolní panel

7.1.2.3 Panel dvířek

Panel dvířek je z pohledu uchycení k rámu vzduchotechnické jednotky zcela atypickým prvkem. Třívrstvé složení je stejné jako u bočního či dolního (horního) panelu, nicméně důvod pro konstrukční změny oproti bočnímu panelu je nutnost vybavení dvířek klikami a panty (Obr. 26). To znamená, že jak vnitřní, tak vnější plechy panelu jsou opatřeny několika otvory nutnými pro uchycení klik a také otvory pro nýtovací matice, ke kterým se pomocí šroubů připevní panty. Kliky je součástí panelu a skládá se z několika podkomponentů, které jsou z výrobního programu firmy APS Arosio. Označení kliky je MFG110/002 (Obr. 25).



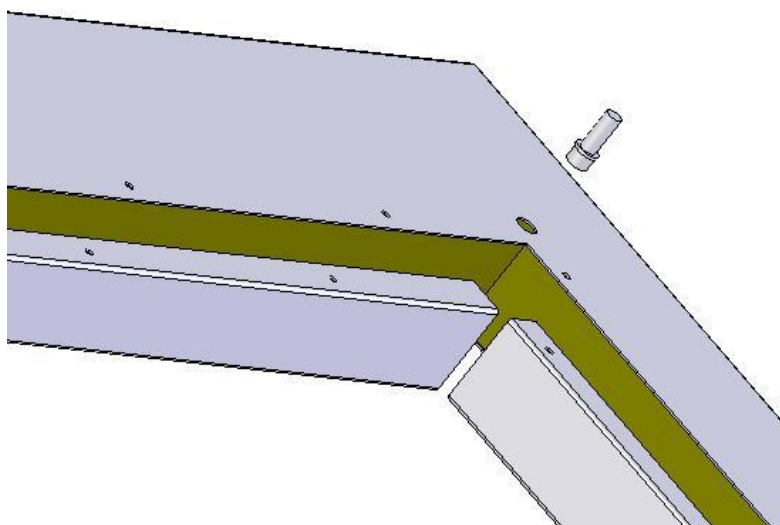
Obr. 25. Kliky rozložená/složená



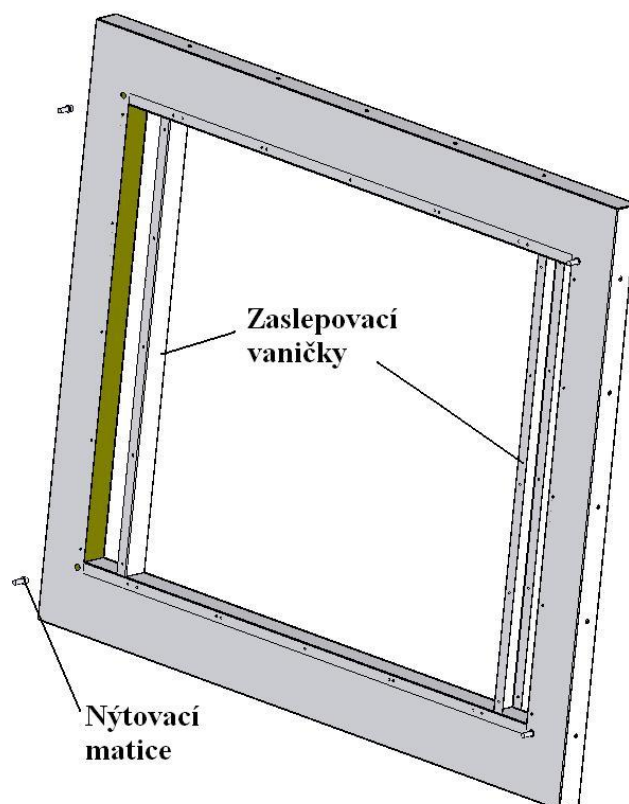
Obr. 26. Složení panelu dvířek

7.1.2.4 *Koncový panel*

Koncový panel (*Obr. 27 a Obr. 28*) se osazuje na vstupu nebo výstupu z jednotky. Konstrukce je podobná jako u bočního panelu. Otvor v panelu má rozměry 1000x800. Aby vzduch s nečistotami a vlhkostí nepřicházel přímo do styku s minerální vatou, jsou na vnitřní straně otvoru k panelům pomocí trhacích nýtů připevněny zaslepovací vaničky, které kontaktu zabrání. Vnější plech panelu je vybaven čtyřmi nýtovacími šrouby, které slouží k upevnění klapky, či pružné manžety.



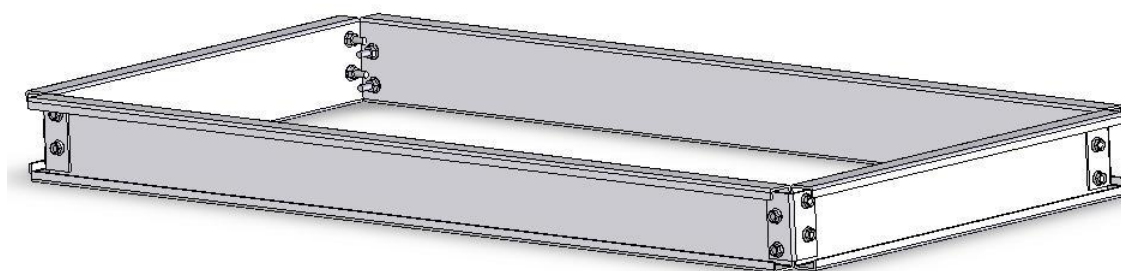
Obr. 27. Detail složení koncového panelu



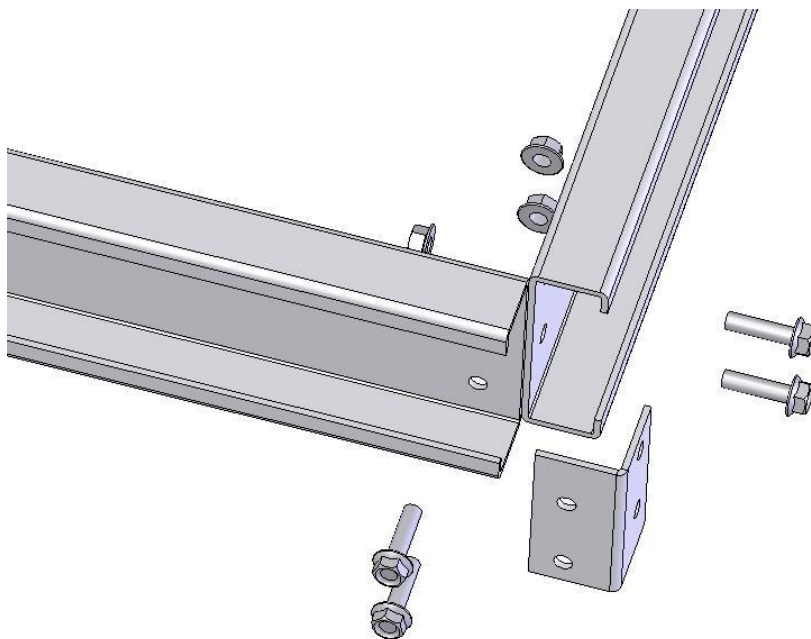
Obr. 28. Koncový panel

7.1.3 Podstavný rám

Dostatečně tuhý a robustní podstavný rám je důležitý prvek celé konstrukce skříně. Proto je jako vstupní materiál pro výrobu podstavného rámu použit pozinkovaný plech o tloušťce 3mm. Pozinkování je vhodné kvůli zvýšené odolnosti proti okolním povětrnostním podmínkám. Základním stavebním prvkem rámu jsou U-profil, které se mezi sebou spojují pomocí L-profilu a šroubů s matkami (Obr. 29 a Obr. 30).



Obr. 29. Podstavný rám VZT jednotky



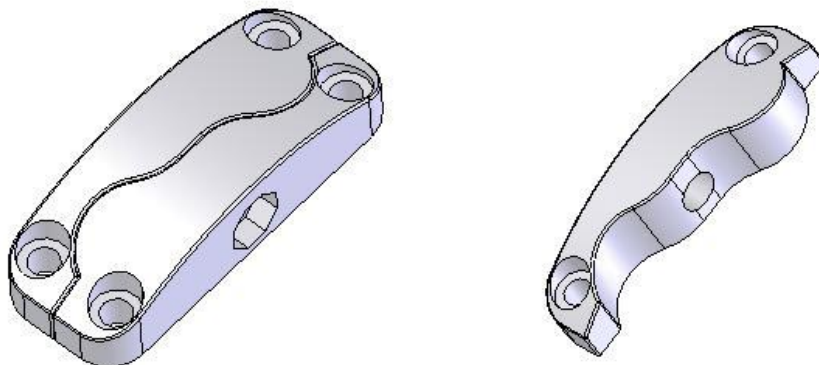
Obr. 30. Dekompozice podstavného rámu

7.1.4 Kompletace skříně VZT jednotky

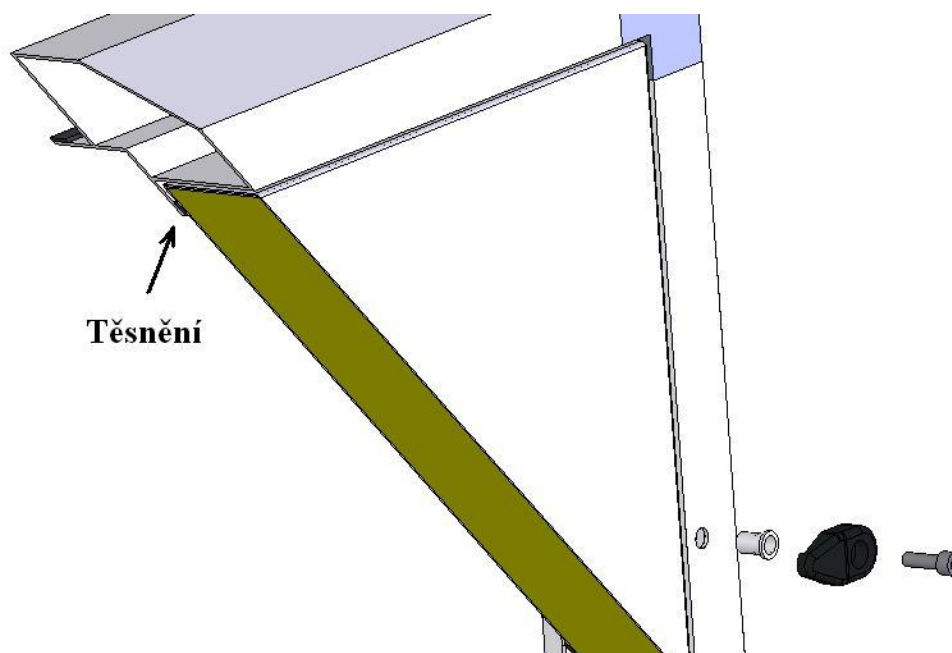
Jak už je zmíněno na začátku kapitoly Skřín vzduchotechnické jednotky (7.1), skřín se skládá ze tří základních výše popsaných komponentů. Na podstavný rám se poskládá rám jednotky, do kterého se poté upevní příslušné panely. Podstavný rám se k nosnému rámu připevní samořeznými šrouby do plechu.

Styčné plochy rámu s panelem jsou opatřeny samolepícím těsněním typu Cellband o rozměru 8x3mm. Boční a koncové panely se k rámu upevňují pomocí plastových přítlačných pacek firmy Arosio (Obr. 32). Tyto packy se pomocí šroubu přichytí k rámu, který je předvrtán a vybaven nýtovací maticí. Výhodou tohoto typu spojení je snadná demontovatelnost bočního panelu.

Sekce jednotky se spojují spojovacím prvkem, který je produktem firmy Arosio (Obr. 31). Sekce se spojují zevnitř.

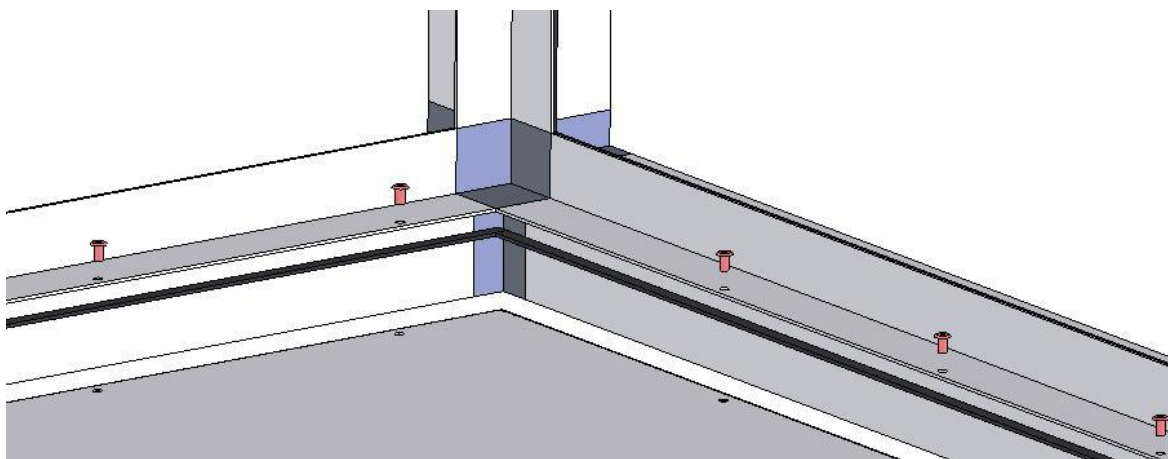


Obr. 31. Spojovací prvek



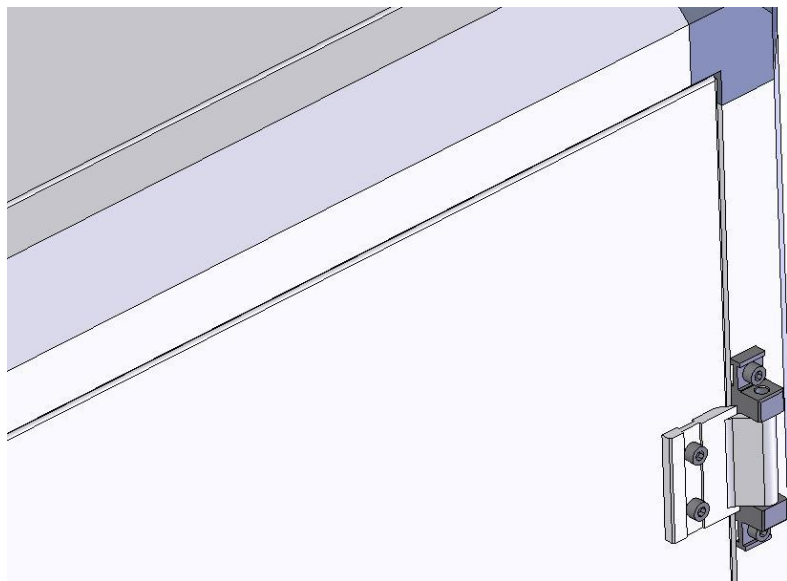
Obr. 32. Řez bočním panelem, ukázka uchycení

Horní a dolní panely není možné přichytit k rámu pomocí pacek, protože sekce mají umožnit stohování na sebe jak pro případ přepravy, tak kvůli instalaci přívodní a odvodní větve na sebe. Horní a dolní panely se proto přichycují k rámu pomocí trhacích nýtů. Panel se přitiskne k rámu přes těsnění Cellband a z vnitřní strany jednotky se přinýtuje (Obr. 33). Tento způsob přichycení zaručí hladké venkovní plochy jednotky.



Obr. 33. Způsob uchycení dolního (horního) panelu

Dvířka jsou k rámu uchycena pomocí dvojice pantů z výrobního programu firmy Arosio. Označení pantu je CE55-03000. K rámu respektive k dvířkům se přichycuje pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem a nýtovacích matic (Obr. 34). Na dosedací plochy mezi panelem a rámem je opět nalepeno samolepící těsnění Cellband.

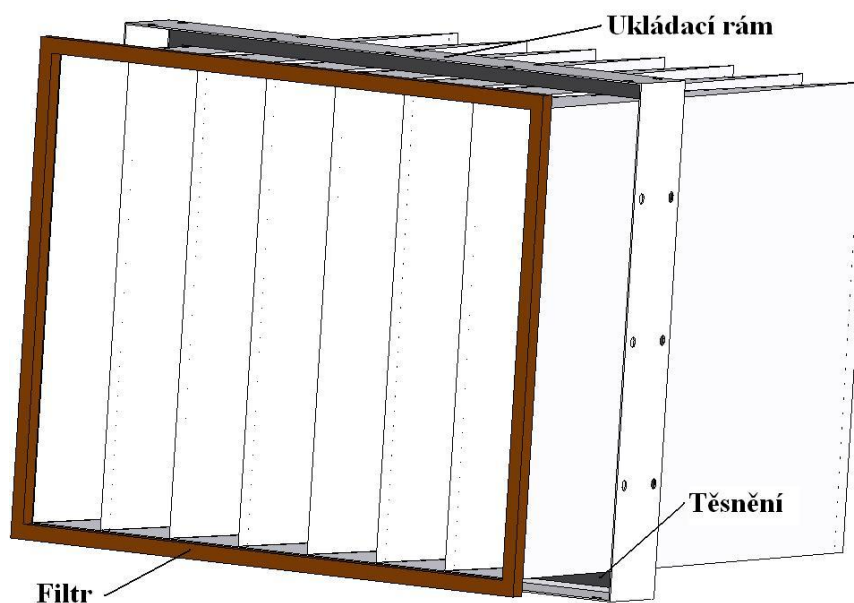


Obr. 34. Zavěšení dvířek na rám pomocí pantů

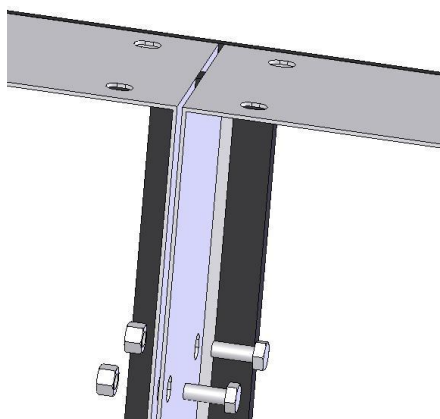
7.2 Konstrukce filtrační sekce

Filtrační sekce je konstruovaná ve dvou velikostech, kvůli různým délkám filtračních kapes pro hrubou a jemnou třídu filtrace. Skládá se z jednoho kusu horního, dolního, bočního a dveřního panelu. Sekce pro jemnou a hrubou filtrace jsou zcela shodné, liší se pouze v délce.

Filtrační stěna je složena ze čtyř ukládacích rámu, do kterých se vkládají filtrační kapsy. Mezi rámy je nalepeno samolepící těsnění Cellband o rozměrech 8x2 a jsou vzájemně sešroubovány šrouby a maticemi M6 (Obr. 36). Rámeček kapového filtru je po obvodě vybaven těsněním a pevné spojení filtru a rámu je zabezpečeno pomocí svorek dodaných s rámem (Obr. 35).

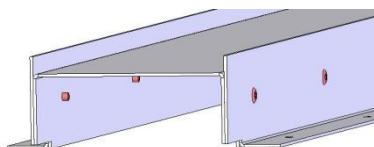


Obr. 35. Vložení filtru do ukládacího rámu

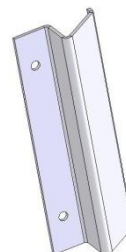


Obr. 36. Spojení ukládacích rámu

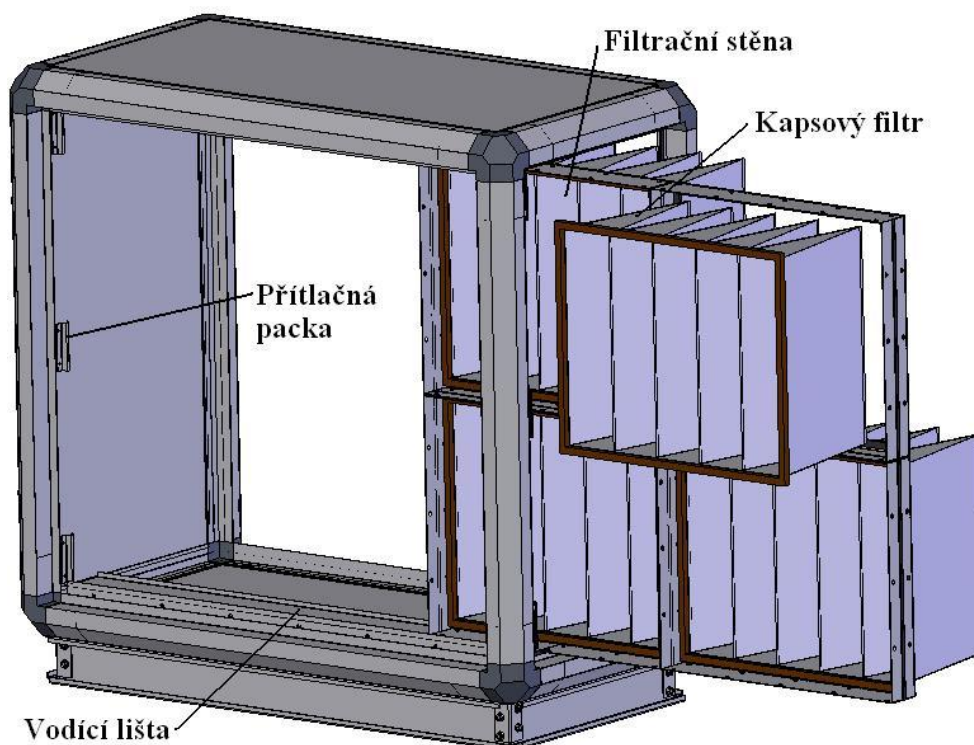
Filtrační stěna je po obvodu opět vybavena samolepícím těsněním, kvůli eliminaci netěsností, zejména u vyšších tříd filtrace. Filtr se zasouvá do sekce pomocí dvou vodících lišt. Vodící lišta se skládá ze tří dohromady snýtovaných prvků vyrobených z pozinkovaného plechu o tloušťce 1mm (Obr. 37). Kompletní lišta se připevní k dolnímu respektive hornímu panelu pomocí trhacích nýtů. Dokonalá těsnost je zabezpečena šesti přítlačnými packami, které jsou také vyrobeny z pozinkovaného plechu o tloušťce 1mm (Obr. 38). Tyto packy jsou přinýtované k bočnímu, respektive dveřnímu panelu. Každý z panelů má tři packy. Tento způsob upevnění zabezpečí jednoduchou možnost vytáhnutí filtrační stěny mimo jednotku a následnou výměnu filtračních kapes. Kromě mechanického upevnění filtrů a filtrační stěny se kvůli zvýšení přítlačné síly na těsnění instalují filtry tak, že proud vzduchu tlačí filtr směrem do těsnění, čímž se minimalizuje riziko vzniku netěsnosti.



Obr. 37. Vodící lišta



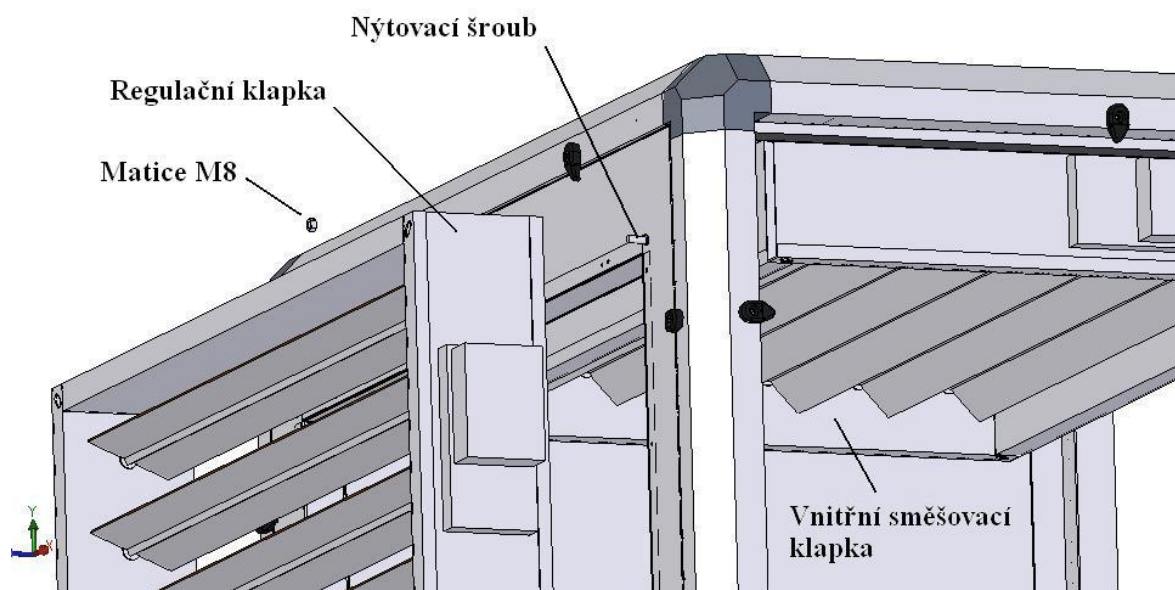
Obr. 38. Přítlačná packa



Obr. 39. Způsob výměny filtrů

7.3 Konstrukce směšovací sekce

Konstrukce směšovací sekce je relativně jednoduchá. Jedná se pouze o prázdnou skříň s dvěma osazenými klapkami. Klapky jsou osazeny na panelech pomocí matice M8 a nýtovacího šroubu M8. Těsné osazení klapek je zabezpečeno pomocí samolepícího těsnění Cellband 8x2. Směšovací klapka je upevněna k hornímu panelu s otvorem a druhá regulační klapka je připevněna ke koncovému panelu. Výhodou osazení regulační klapky na koncovém panelu je možnost umístění například filtrační sekce před sekci směšovací. Potom se koncový panel s klapkou osadí na vstup do filtrační sekce, a tudíž nemusí být nutně součástí směšovací sekce. Kvůli ilustraci je směšovací sekce na obrázku vybavena i koncovým panelem s klapkou.

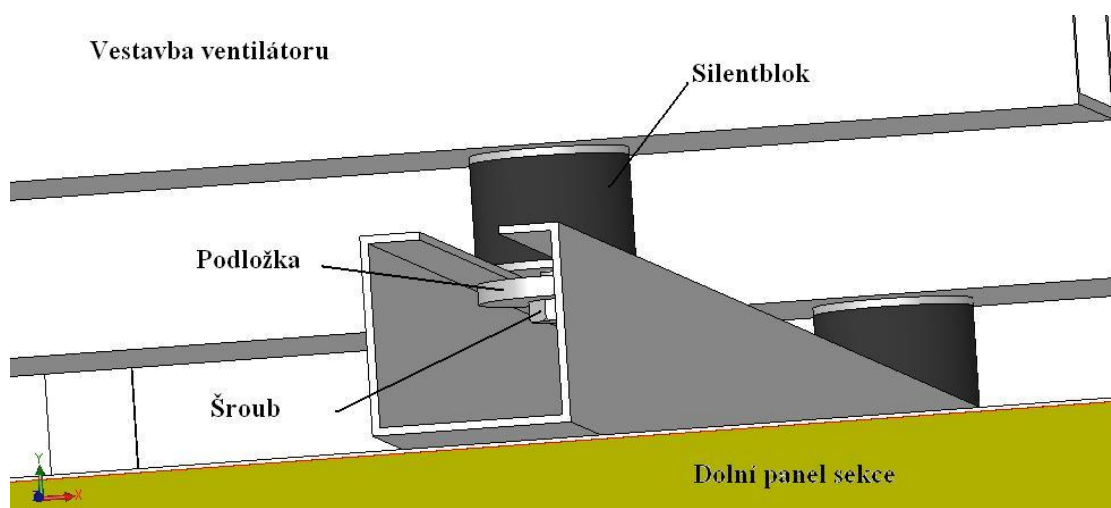


Obr. 40. Složení směšovací sekce

7.4 Konstrukce ventilátorové sekce

Ventilátorová sekce se skládá ze skříně a vestavby ventilátoru. Skříň tvoří horní a dolní panel, tři boční panely a jeden panel dvířek.

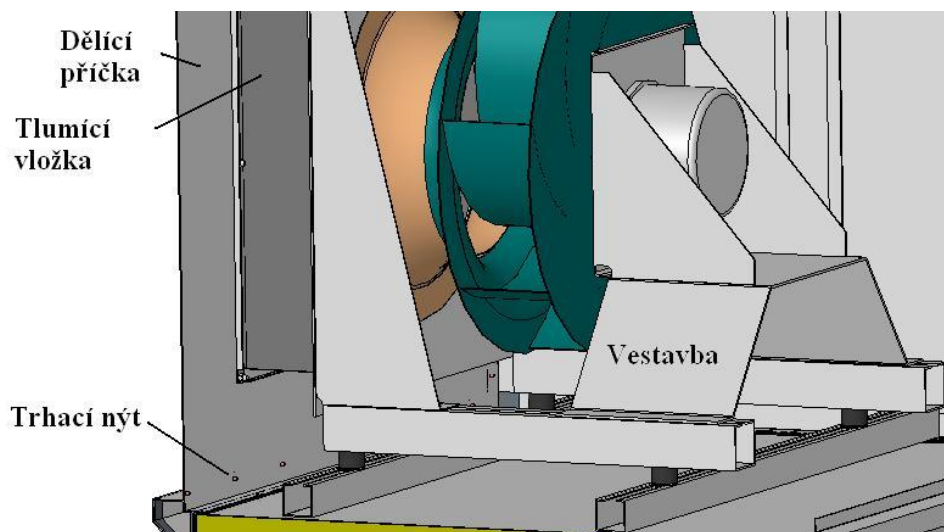
Ventilátorová vestavba je ke skříně upevněna přes silentbloky a vodící U-profil. U-profil je vhodný konstrukční prvek kvůli možnosti osazení vestavby přesně podle potřeby a tím eliminovat případné výrobní nedostatky, či nepřesnosti. Silentblok je k vestavbě připevněn pomocí matky a šroubu M8, který je navulkanizovaný přímo na silentblok. Silentblok a U-profil jsou k sobě spojeny pomocí šroubu, který se přes podložku zašroubuje do závitů vytvořeného v silentbloku. U-profil se poté připevní ke spodnímu panelu pomocí třech nýtovacích matic a tří šroubů.



Obr. 41. Osazení vestavby do sekce

Sekce je kromě vestavby ventilátoru osazena také dělicí příčkou, která dělí jednotku na podtlakovou a přetlakovou část. Aby příčka ustála bez trvalých deformací působící tlaky, je vyrobena z pozinkovaného plechu o tloušťce 3mm a upevněna k rámu pomocí několika

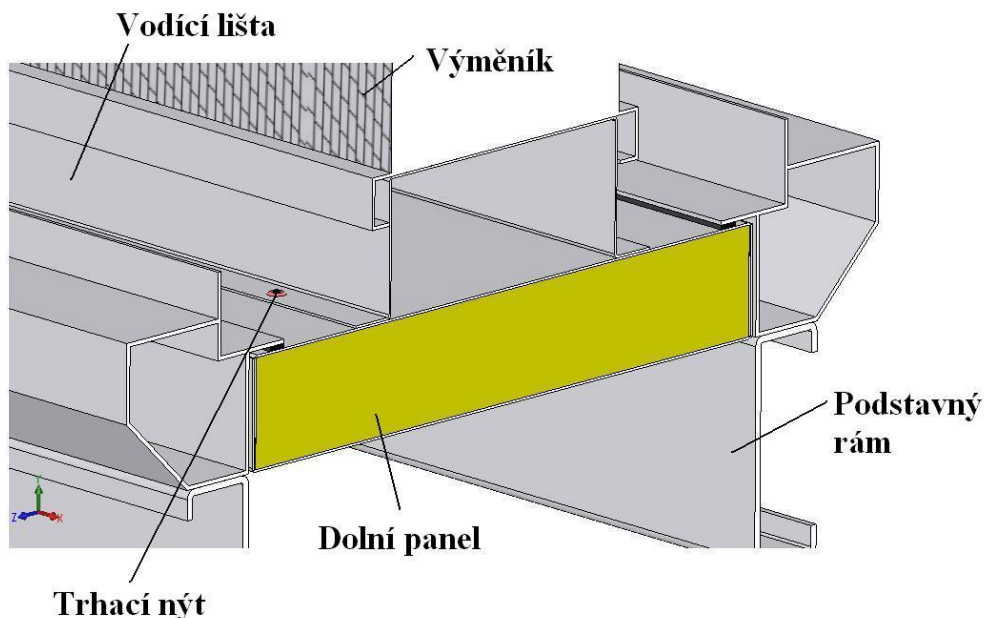
trhacích nýtů o průměru 5mm. Mezera mezi dělicí příčkou a ventilátorovou vestavbou je překlenuta pružnou vložkou, která je na obou stranách připevněna pomocí šroubu s matkou M8 (Obr. 42).



Obr. 42. Řez ventilátorovou sekcí

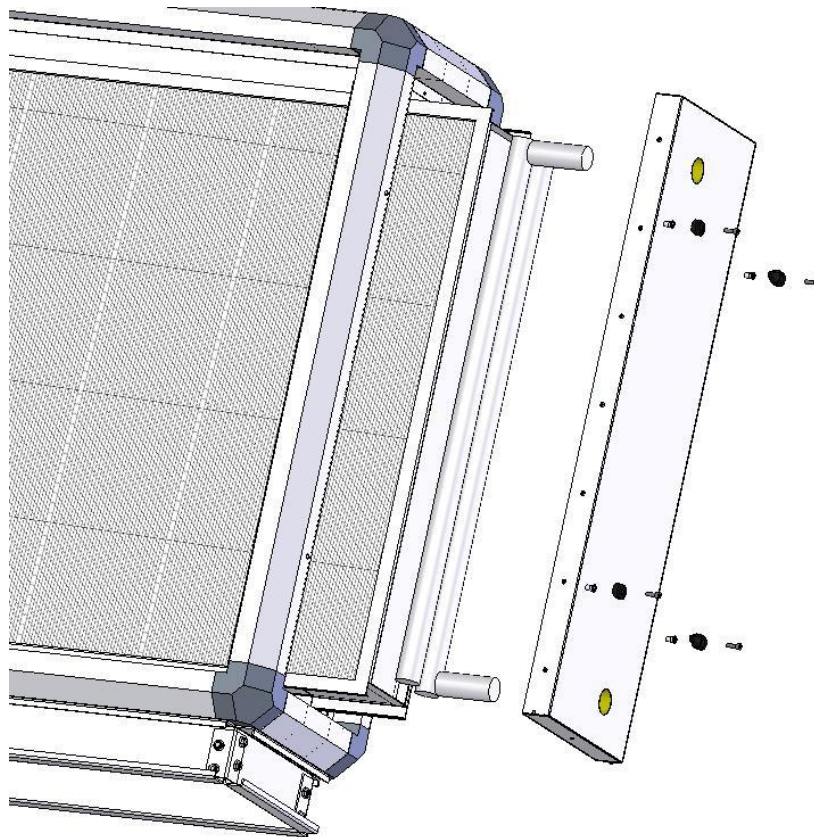
7.5 Konstrukce sekce ohřivače

Skříň sekce ohřivače se sestává z horního panelu, dolního panelu a dvou bočních panelů. Levý boční panel je vybaven otvory pro přívod a odvod teponosného média. Výměník se do sekce zasouvá pomocí dvou vodících lišt (Obr. 43). Spodní vodící lišta je vyrobena z pozinkovaného plechu o tloušťce 1mm a je přinýtovaná k dolnímu panelu. Horní vodící lišta je stejné konstrukce a způsob přichycení k hornímu panelu je rovněž stejný.



Obr. 43. Řez sekcí ohřivače – detail vodící lišty

Jelikož je výměník do sekce kompletně vestavěný, je potřeba zajistit, aby vzduch proudil pouze skrz teplosměnnou plochu. Sběrače výměníku jsou proto zakryty plechem ve tvaru L, který je přinýtovaný k bočnímu servisnímu panelu. Kvůli údržbě výměníku je boční panel jednoduše odnímatelný a díky konstrukci vodící lišty lze výměník lehce vysunout ze sekce (Obr. 44).

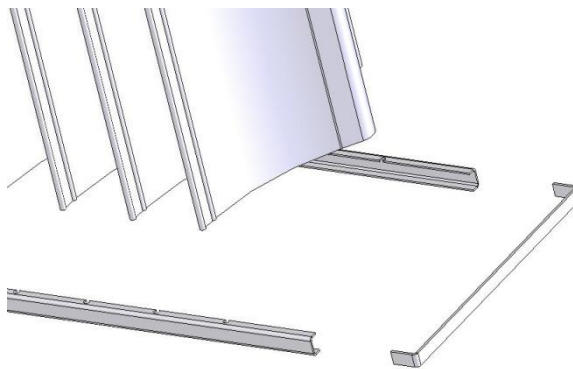


Obr. 44. Způsob vyjmutí výměníku

7.6 Konstrukce sekce chladiče

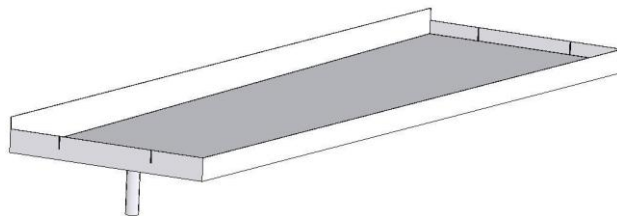
Způsob uchycení výměníku chlazení je totožný s uchycením výměníku v sekci ohřivače. Sekce je navíc vybavena eliminátorem kapek a vanou pro odvod kondenzátu.

Eliminátor kapek se skládá z profilů sloužících k odchytní z kondenzované vlhkosti a je produktem firmy APS Arosio. Profily jsou uloženy do dílů vyrobených z nerezového plechu a spojených dohromady bodovým svařováním.



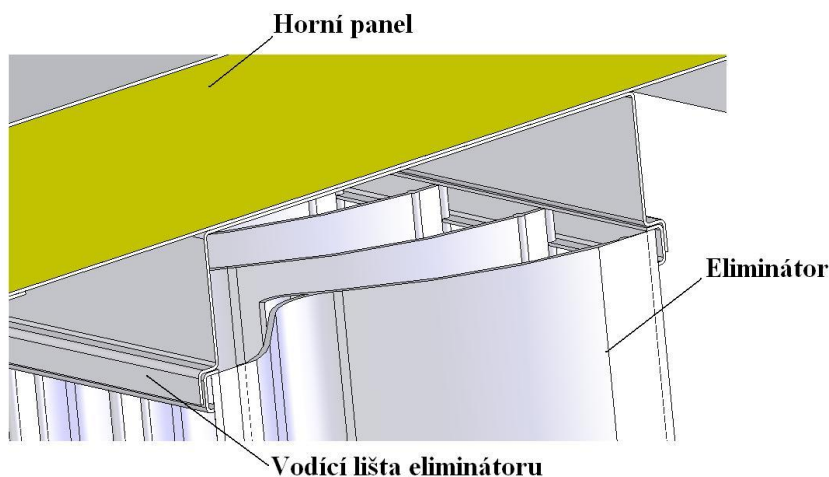
Obr. 45. Eliminátor kapek

Vana pro odvod kondenzátu je vyrobena svařováním několika dílů vyrobených z nerezového plechu o tloušťce 1mm (Obr. 46). Na vanu je navařena trubka, která slouží pro odvod kondenzátu mimo jednotku. Vana je vyspádovaná a odvod mimo jednotku je zajištěn skrz dolní panel.



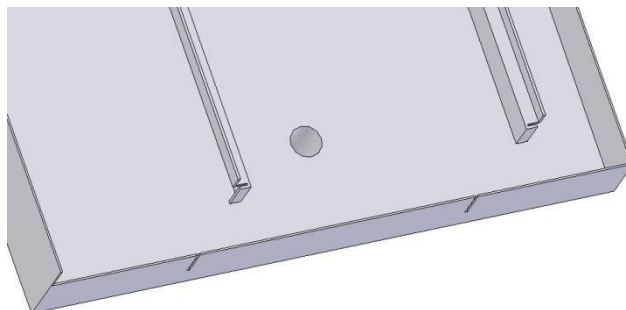
Obr. 46. Vana pro odvod kondenzátu

Eliminátor kapek se do sekce zasouvá pomocí vodících lišt umístěných jak v horní, tak v dolní části sekce. Horní vodící lišta je vyrobena jako jeden díl z pozinkovaného plechu. Pomocí nýtů je upevněna k hornímu panelu (Obr. 47).



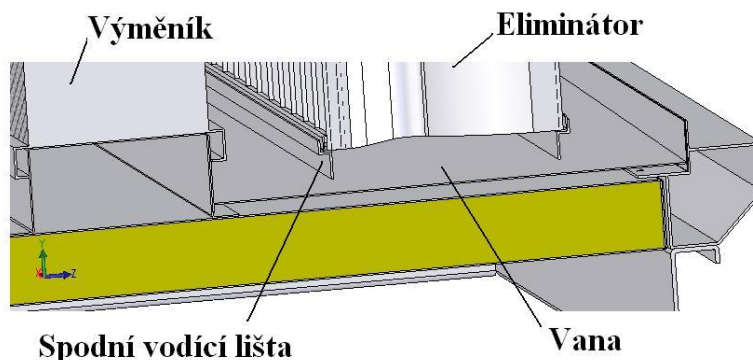
Obr. 47. Řez sekci – horní upevnění eliminátoru

Eliminátor je umístěn nad vanou pro odvod kondenzátu. Uchycení v dolní části sekce je proto zkonstruováno tak, aby neovlivňovalo plynulý odvod zkondenzované vlhkosti. Vodící lišty jsou vyrobeny z nerezového plechu o tloušťce 1,5mm a jsou rozebíratelně spojeny s vanou. Způsob uchycení je ilustrován následujícím obrázkem (Obr. 48).



Obr. 48. Dolní vodící lišty a způsob uchycení

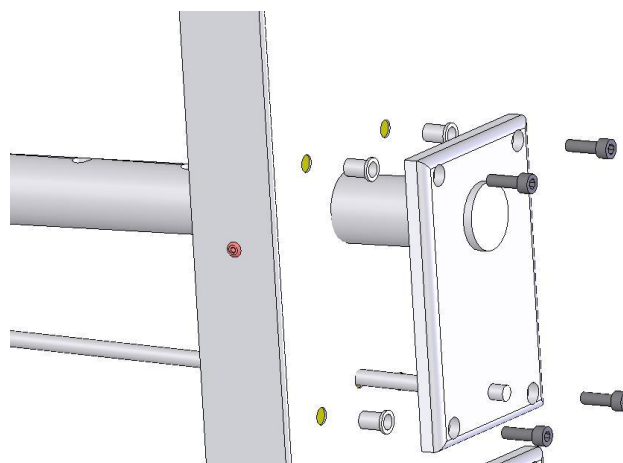
Kompletní uchycení výměníku a eliminátoru kapek a umístění vany pro odvod kondenzátu je zobrazeno na následujícím obrázku (Obr. 49).



Obr. 49. Řez sekci chladiče

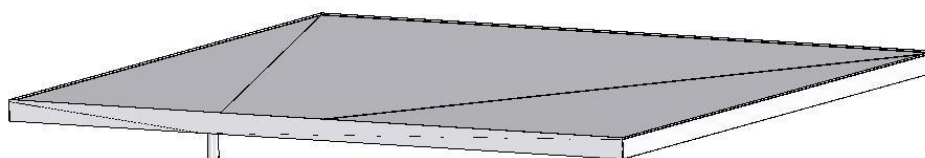
7.7 Konstrukce zvlhčovací sekce

Zvlhčovací sekce se skládá z horního panelu, dolního panelu, čtyř bočních panelů a jednoho panelu dvířek. Distribuční trubice parního zvlhčování jsou pomocí čtyř šroubů s vnitřním šestihranem a nýtovacích matic upevněny k bočnímu panelu, který je pro tento účel vybaven otvory o příslušné velikosti.



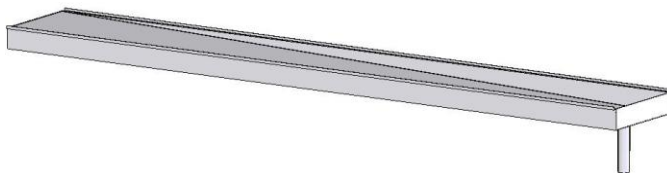
Obr. 50. Upevnění distribučních trubic

Další vestavbou zvlhčovací sekce je vana pro odvod kondenzátu (Obr. 51). Ta je svařena z několika dílů vyrobených z nerezového plechu o tloušťce 1mm. Na vanu je navařena trubka, která slouží pro odvod kondenzátu mimo sekci. Vana je vypádovaná a odvod mimo jednotku je zajištěn skrz dolní panel.



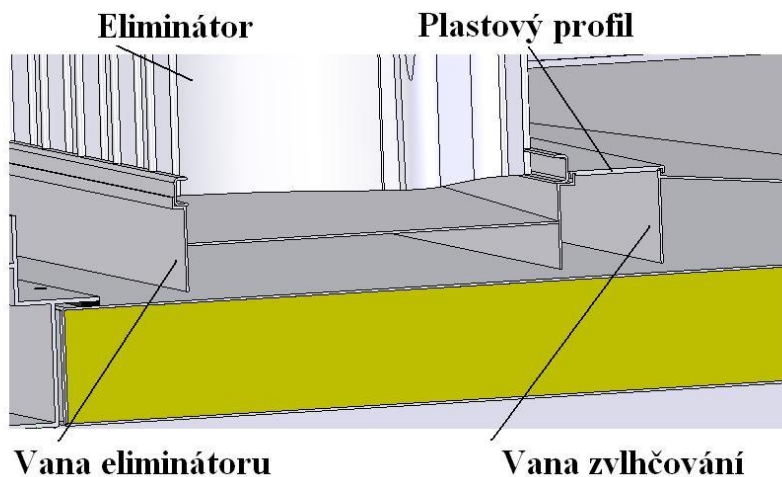
Obr. 51. Vana pro odvod kondenzátu

Sekce zvlhčování je také vybavena eliminátorem kapek a zároveň vanou pro odvod kondenzátu od eliminátoru (*Obr. 52*). Konstrukce eliminátoru je stejná jako u sekce chladiče včetně horní vodící lišty eliminátoru. Vana pro odvod kondenzátu z chladiče je zároveň navržena tak, že slouží i jako vodící lišta eliminátoru. Vana je vyspádovaná a odvod mimo jednotku je zajištěn skrz dolní panel.



Obr. 52. Vana pro odvod kondenzátu z eliminátoru

Vzdálenost mezi vanami je překlenuta plastovým profilem, který obě vany navzájem spojuje a vymezuje vzdálenost mezi nimi (*Obr. 53*).



Obr. 53. Řez zvlhčovací sekci

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout sestavnou klimatizační jednotku, která by se skládala ze sekce směšovací, filtrační, ventilátorové, ohřívací, chladicí a zvlhčovací. Vzduchotechnické jednotky se vyrábí v několika výkonových řadách. Spojení modulární koncepce a několika výkonových řad umožní projektantovi zvolit ideální řešení a tím dosáhnout požadované výměny vzduchu a zároveň udržet investiční náklady na přijatelné úrovni.

Jednotka v této diplomové práci byla konstruována pro průtok vzduchu 10 000m³/h, respektive pro rozsah průtoků, který pokryl ventilátor vybraný pro zadaný jmenovitý průtok. Diplomová práce měla obsahovat teoretickou část věnující se obecně problematice sestavných klimatizačních jednotek a praktickou část, ve které měl být uveden výběr základních komponent pro konstrukci a ve které měly být naznačeny základní konstrukční principy.

Zpracování diplomové práce znamenalo překonat překážku v podobě neexistujícího uceleného návodu nebo instrukcí pro konstrukci klimatizačních jednotek. Samozřejmě nelze očekávat, že některý z výrobců odkryje know-how návrhu svých jednotek celému světu, ale konstrukci klimatizačních jednotek jako takových se věnuje velmi malý prostor i na technických vysokých školách. Je to dáno také tím, že počet inženýrů, kteří se věnují konstrukčním řešení jednotek, je velmi malý v porovnání s počtem projektantů vzduchotechniky, kteří používají klimatizační jednotky jako hotové vstupní komponenty.

Při návrhu jednotky bylo třeba vycházet z požadavků technických norem a zároveň respektovat doporučení výrobců komponentů jako jsou tepelné výměníky, ventilátory aj. Jako příklad může sloužit doporučení výrobce ventilátorů na velikost skříně jednotky. Řada výrobců toto doporučení nedodrжуje, což má za následek zvýšení vibrační ventilátorové sekce a zvýšení úrovně hluku.

Využití 3D modelovacího programu je při konstrukci komplexního zařízení, jakým vzduchotechnická jednotka bez pochyby je, naprosto nutným předpokladem. 3D modelovací programy přinášejí řadu výhod, mezi které patří například reálná 3D vizualizace modelu a časová úspora při konstrukci.

Hlavními cíli konstrukce byla funkčnost a co nejnižší náročnost na výrobu. Funkčnost je zajištěna dodržením veškerých požadavků výrobců komponentů a zároveň dodržením předpisů uvedených v normách. Veškeré díly a komponenty určené ke konstrukci skříně jednotky nebo určené k upevnění vestaveb uvnitř jednotky jsou navrženy tak, aby jejich výroba byla co nejjednodušší, ale také tak, aby jejich montáž byla intuitivní a jednoduchá.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *APS Arosio : Arosio system* [online]. 2007 [cit. 2008-02-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.arosio.it/>>.
- [2] *ČSN EN 1886 : Větrání budov - Potrubní prvky - Mechanické vlastnosti*. Praha : Český normalizační institut, 1999. 30 s.
- [3] *ČSN EN 13053 : Větrání budov - Jednotky pro úpravu vzduchu - Třídění a provedení jednotek, prvků a částí*. Praha : Český normalizační institut, 2007. 51 s.
- [4] *KS Klima-Service a.s. : Kapsové filtry* [online]. 2002 [cit. 2008-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.ksklimaservice.cz/>>.
- [5] *MANDÍK a.s. : RKTМ - regulační klapka těsná* [online]. 2007 [cit. 2008-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mandik.cz/>>.
- [6] *NORDMANN ENGINEERING : AT 3000* [online]. 2006 [cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.nordmann-engineering.com/>>.
- [7] *Rockwool a.s. : Technické izolace* [online]. 2003 [cit. 2008-02-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.rockwool.cz/>>.
- [8] *Technoklima s.r.o. : Lamelové výměníky* [online]. 2007 [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.technoklima.com/>>.
- [9] *Ziehl-Abegg s.r.o. : Ventilátory pro vestavbu* [online]. 2005 [cit. 2008-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ziehl-abegg.com/cz/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	vnitřní rozměr skříně	[m]
A_m	odlučivost filtru	[%]
DSa	průměr oběžného kola	[m]
E_m	účinnost filtrace	[%]
IP	stupeň ochrany zařízení (ingress protection)	[-]
LA	vzdálenost středu sacího nástavce k předchozímu komponentu	[m]
LD	vzdálenost nosné části oběžného kola k dalšímu komponentu	[m]
L_z	délka dráhy vlhčení	[m]
U	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
U_v	výsledný interval vyjadřující rovnoměrnost proudění za směřování	[-]
\dot{V}	objemový průtok vzduchu	$[m^3/h]$
f_m	maximální přípustná netěsnost při daném tlaku	$[l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}]$
f_{700}	maximální přípustná netěsnost při 700Pa	$[l \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}]$
k_b	factor tepelných mostů	[-]
l_t	délka zvlhčovací trubice (trubic)	[m]
\dot{m}_w	hmotnostní tok vody pro vlhčení	[kg/h]
t	teplota vzduchu před vlhčením	[°C]
t_H	nejvyšší naměřená teplota před směřování	[°C]
t_L	nejnižší naměřená teplota před směřování	[°C]
t_{max}	nejvyšší naměřená teplota za směšovací sekci	[°C]
t_{min}	nejnižší naměřená teplota za směšovací sekci	[°C]
v	rychlost vzduchu v průřezu	[m/s]
v_{max}	nejvyšší naměřená rychlost v průřezu za směšování	[m/s]
v_{min}	nejnižší naměřená rychlost v průřezu za směšování	[m/s]
v_n	vypočtená rychlost z průtoku a průřezu	[m/s]
x_1	měrná vlkost vzduchu před vlhčením	[kg/kg s.v.], [g/kg s.v.]
x_2	měrná vlkost vzduchu po vlhčení	[kg/kg s.v.], [g/kg s.v.]
η_{mix}	účinnost směšování	[%]
ρ	hustota vzduchu	$[kg/m^3]$
Δp	tlakový rozdíl	[Pa]
Δp_1	tlaková ztráta směšovací sekce	[Pa]
Δp_2	tlaková ztráta filtrační sekce	[Pa]
Δp_3	tlaková ztráta sekce ohříváče	[Pa]

Δp_4	tlaková ztráta sekce chladiče	[Pa]
Δp_5	tlaková ztráta ventilátorové sekce	[Pa]
Δp_6	tlaková ztráta zvlhčovací sekce	[Pa]
Δp_i	tlaková ztráta dílčích komponent	[Pa]
Δp_s	tlaková ztráta sestavy	[Pa]
Δx	změna vlhkosti	[kg/kg s.v.], [g/kg s.v.]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozměrová unifikace</i>	18
<i>Obr. 2. Ilustrace roztečí panelu a rámu [2]</i>	22
<i>Obr. 3. Průhyby panelu a rámu VZT jednotky [2]</i>	22
<i>Obr. 4. Schematický nákres filtru [4]</i>	29
<i>Obr. 5. Uložení filtru v ukládacím rámu [4]</i>	30
<i>Obr. 6. Vestavný ventilátor ER..C [9]</i>	31
<i>Obr. 7. Doporučení pro instalaci ventilátorové vestavby [9]</i>	32
<i>Obr. 8. Distribuční trubice [6]</i>	33
<i>Obr. 9. Soustava parního zvlhčování [6]</i>	33
<i>Obr. 10. Instalace distribučních trubic [6]</i>	35
<i>Obr. 11. Regulační klapka RKTМ [5]</i>	36
<i>Obr. 12. Průtočná charakteristika klapky ($\Delta p = 40\text{Pa}$) [5]</i>	36
<i>Obr. 13. Maximální povolený tlakový rozdíl na regulačních klapkách RKTМ [5]</i>	37
<i>Obr. 14. Lamelové výměníky [8]</i>	37
<i>Obr. 15. Geometrie výměníku [8]</i>	38
<i>Obr. 16. Zkosený profil PSI70-50-0</i>	39
<i>Obr. 17. Příčný profil P370-50000</i>	39
<i>Obr. 18. Rohovník AS730-50-0</i>	40
<i>Obr. 19. Spojka GOP270-500</i>	40
<i>Obr. 20. Základní rámové prvky před kompletací</i>	41
<i>Obr. 21. Základní rámové prvky po kompletaci</i>	41
<i>Obr. 22. Řez panelem</i>	42
<i>Obr. 23. Konstrukce bočního panelu</i>	42
<i>Obr. 24. Horní a dolní panel</i>	43
<i>Obr. 25. Klika rozložená/složená</i>	43
<i>Obr. 26. Složení panelu dvířek</i>	44
<i>Obr. 27. Detail složení koncového panelu</i>	44
<i>Obr. 28. Koncový panel</i>	45
<i>Obr. 29. Podstavný rám VZT jednotky</i>	45
<i>Obr. 30. Dekompozice podstavného rámu</i>	46
<i>Obr. 31. Spojovací prvek</i>	46
<i>Obr. 32. Řez bočním panelem, ukázka uchycení</i>	47
<i>Obr. 33. Způsob uchycení dolního (horního) panelu</i>	47
<i>Obr. 34. Zavěšení dvířek na rám pomocí pantů</i>	48
<i>Obr. 35. Vložení filtru do ukládacího rámu</i>	48
<i>Obr. 36. Spojení ukládacích rámu</i>	49
<i>Obr. 37. Vodící lišta</i>	49
<i>Obr. 38. Přítlačná packa</i>	49
<i>Obr. 39. Způsob výměny filtrů</i>	50
<i>Obr. 40. Složení směšovací sekce</i>	51
<i>Obr. 41. Osazení vestavby do sekce</i>	51
<i>Obr. 42. Řez ventilátorovou sekcí</i>	52
<i>Obr. 43. Řez sekcí ohříváče – detail vodící lišty</i>	52
<i>Obr. 44. Způsob vyjmutí výměníku</i>	53
<i>Obr. 45. Eliminátor kapek</i>	53
<i>Obr. 46. Vana pro odvod kondenzátu</i>	54
<i>Obr. 47. Řez sekcí – horní upevnění eliminátoru</i>	54

<i>Obr. 48. Dolní vodící lišty a způsob uchycení</i>	54
<i>Obr. 49. Řez sekci chladiče</i>	55
<i>Obr. 50. Upevnění distribučních trubíc</i>	55
<i>Obr. 51. Vana pro odvod kondenzátu</i>	55
<i>Obr. 52. Vana pro odvod kondenzátu z eliminátoru</i>	56
<i>Obr. 53. Řez zvlhčovací sekci.....</i>	56

SEZNAM TABULEK

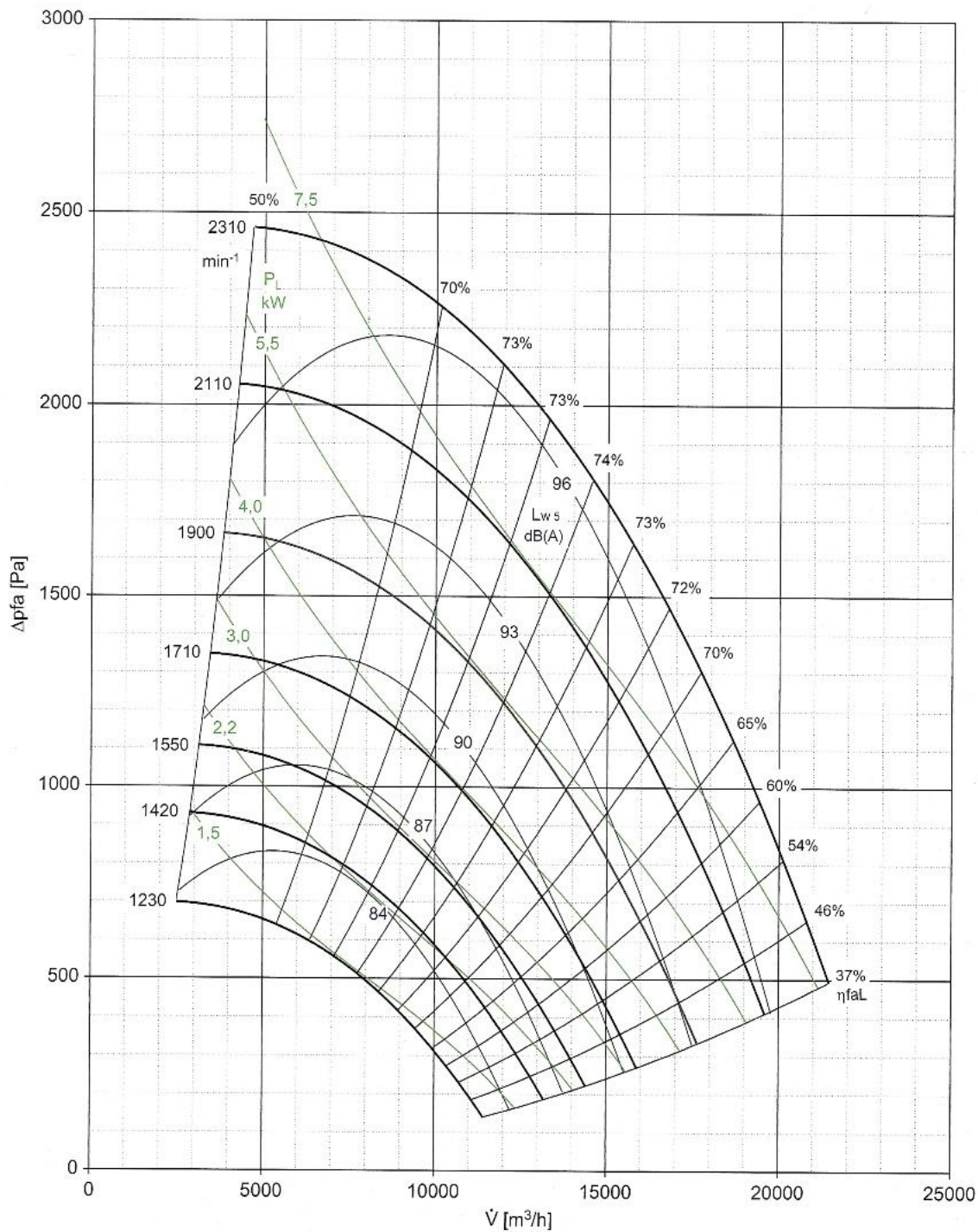
<i>Tab. 1. Klasifikace mechanické stability skříně VZT jednotky [2]</i>	23
<i>Tab. 2. Třídy netěsnosti skříně VZT jednotky při podtlaku 400Pa [2]</i>	23
<i>Tab. 3. Třídy netěsnosti skříně VZT jednotky při přetlaku 700Pa [2]</i>	24
<i>Tab. 4. Klasifikace prostupu tepla U skříně vzduchotechnické jednotky [2]</i>	25
<i>Tab. 5. Klasifikace skříně z pohledu faktoru tepelných mostů [2].....</i>	25
<i>Tab. 6. Přijatelné celkové netěsnosti [2]</i>	26
<i>Tab. 7. Třídy účinnosti směšování [3]</i>	27

SEZNAM PŘÍLOH

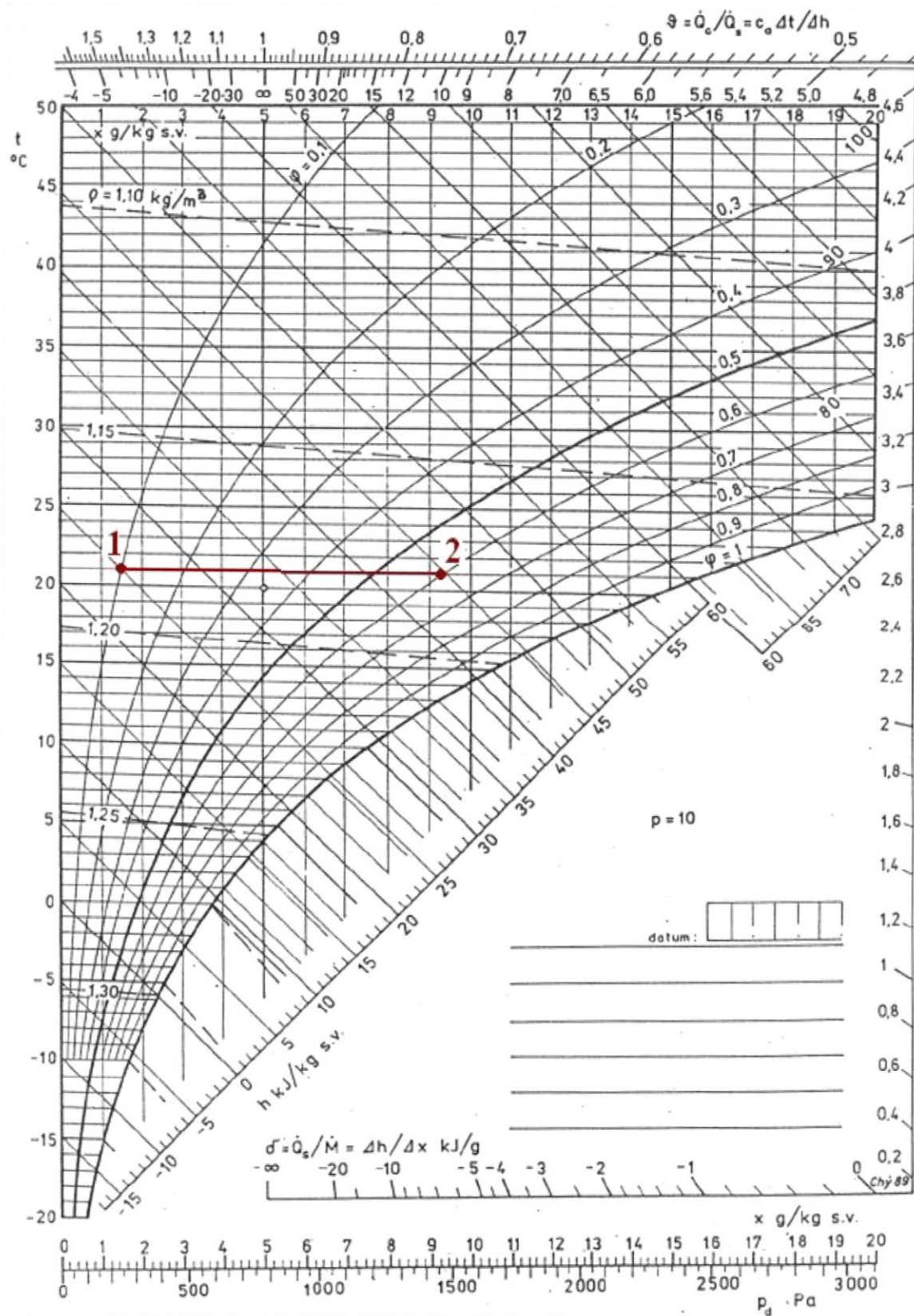
- P I: VÝKONOVÁ CHARAKTERISTIKA VENTILÁTORU
- P II: ZMĚNA STAVU VZDUCHU PŘI VLHČENÍ PAROU
- P III: VÝPOČET VÝMĚNÍKU PRO OHŘEV
- P IV: VÝPOČET VÝMĚNÍKU PRO CHLAZENÍ
- P V: SMĚŠOVACÍ SEKCE
- P VI: FILTRAČNÍ SEKCE
- P VII: SEKCE OHŘÍVAČE
- P VIII: SEKCE CHLADIČE
- P IX: VENTILÁTOROVÁ SEKCE
- P X: SEKCE ZVLHČOVÁNÍ
- P XI: 3D ZOBRAZENÍ VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY
- P XII: 3D ŘEZ SESTAVENOU VZDUCHOTECHNICKOU JEDNOTKOU
- P XIII: VÝKRES SESTAVY
- P XIV: VÝKRES SMĚŠOVACÍ SEKCE
- P XV: VÝKRES FILTRAČNÍ SEKCE
- P XVI: VÝKRES SEKCE OHŘÍVAČE
- P XVII: VÝKRES SEKCE CHLADIČE
- P XVIII: VÝKRES VENTILÁTOROVÉ SEKCE
- P XIX: VÝKRES SEKCE ZVLHČOVÁNÍ

PŘÍLOHA P I: VÝKONOVÁ CHARAKTERISTIKA VENTILÁTORU

**ER56C
RH56C**



PŘÍLOHA P II: ZMĚNA STAVU VZDUCHU PŘI VLHČENÍ PAROU



PŘÍLOHA P III: VÝPOČET VÝMĚNÍKU PRO OHŘEV

ROEN EST s.r.l.

34077 Ronchi del Legionari (GO) - Italy

Tel +39 0461 474140 Fax +39 0461 779997 e-mail info@roenest.it



Client Jan Merka
 Attention of
 Your Rif. No
 Our Rif. No
 Operator

Date 17:5:2008 17:25
 File 2

Heating Coil: Roen Est Code		6.30.CU.10.AL.38.02.1075.21.W.X.X.D19.076.R 1 1/4" L					
Tube Material:	CU.30	Ext. Surface:	38,9	m2	Volume:	8,3	dm3
Fin Material:	AL.10	Int. Surface:	2,42	m2	Weight:	30,1	kg
External Gas:		Air	/	101,33	kPa		
Flow Rate		2,78	m3/s	=	10000	m3/h	3,79
Velocity		2,72	m/s				
Inlet and Outlet Temp.		-15	°C	->	21	°C	
Inlet and Outlet Rel. Humidity		95	%	->	6,3	%	
Pressure Drop		42	Pa				
Internal Fluid:		Water					
Flow Rate		1,68	l/s	=	6046	l/h	1,64
Velocity		1,26	m/s				
Inlet and Outlet Temp.		80	°C	->	60	°C	
Pressure Drop		16,8	kPa				
Capacity:		137,6	kW	CounterFlow Calculation			

PŘÍLOHA P IV: VÝPOČET VÝMĚNÍKU PRO CHLAZENÍ

ROEN EST s.r.l.

34077 Ronchi del Legionari (GO) - Italy

Tel +39 0481 474140 Fax +39 0481 779997 e-mail info@roenest.it



Client Jan Merka
 Attention of
 Your Rif. No
 Our Rif. No
 Operator

Date 17/5/2008 17:35
 File 2

Cooling Coil: Roen Est Code 6.30.CU.10.AL.38.04.1075.21.W.X.X.038.152.R 2" L

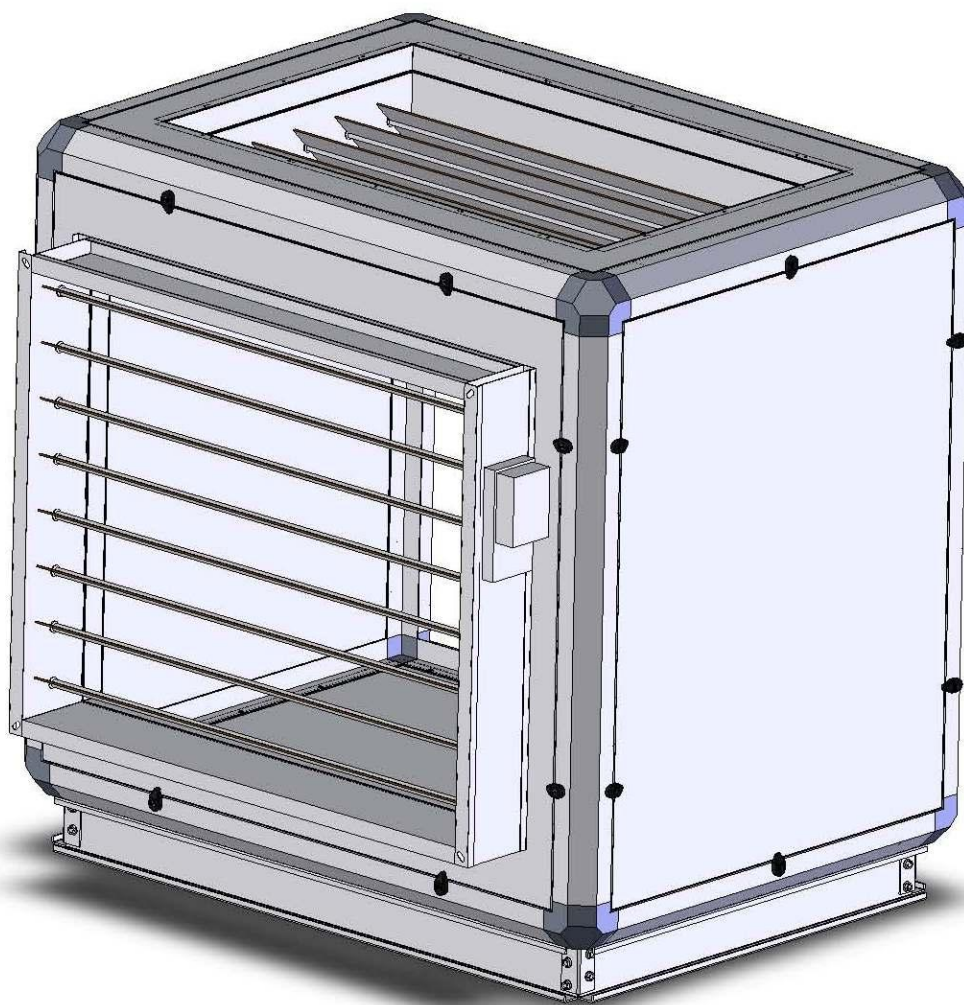
Tube Material:	CU.30	Ext. Surface:	77,7	m ²	Volume:	17,2	dm ³
Fin Material:	AL.10	Int. Surface:	4,85	m ²	Weight:	48	kg

External Gas:	Air	/	101,33	kPa			
Flow Rate	2,78	m ³ /s	=	10000	m ³ /h	3,12	kg/s
Velocity	2,72	m/s					
Inlet and Outlet Temp.	32	°C	->	21	°C		
Inlet and Outlet Rel. Humidity	60	%	->	83,4	%		
Inlet and Outlet Water Cont.	17,96	g/kg	->	12,97	g/kg		
Condensed Water	15,57	g/s					
Sensible Heat Factor	0,47						
Pressure Drop	117	Pa					

Internal Fluid:	Water						
Flow Rate	2,99	l/s	=	10765	l/h	2,99	kg/s
Velocity	1,12	m/s					
Inlet and Outlet Temp.	6	°C	->	12	°C		
Pressure Drop	16,4	kPa					

Capacity: 75,27 kW CounterFlow Calculation

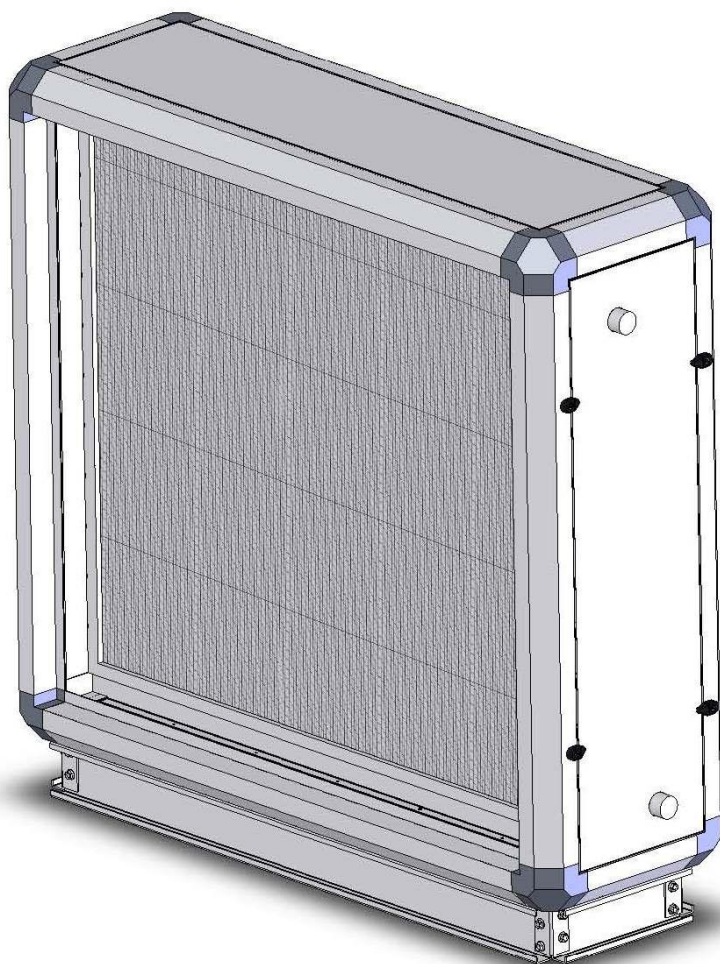
PŘÍLOHA P V: SMĚŠOVA CÍ SEKCE



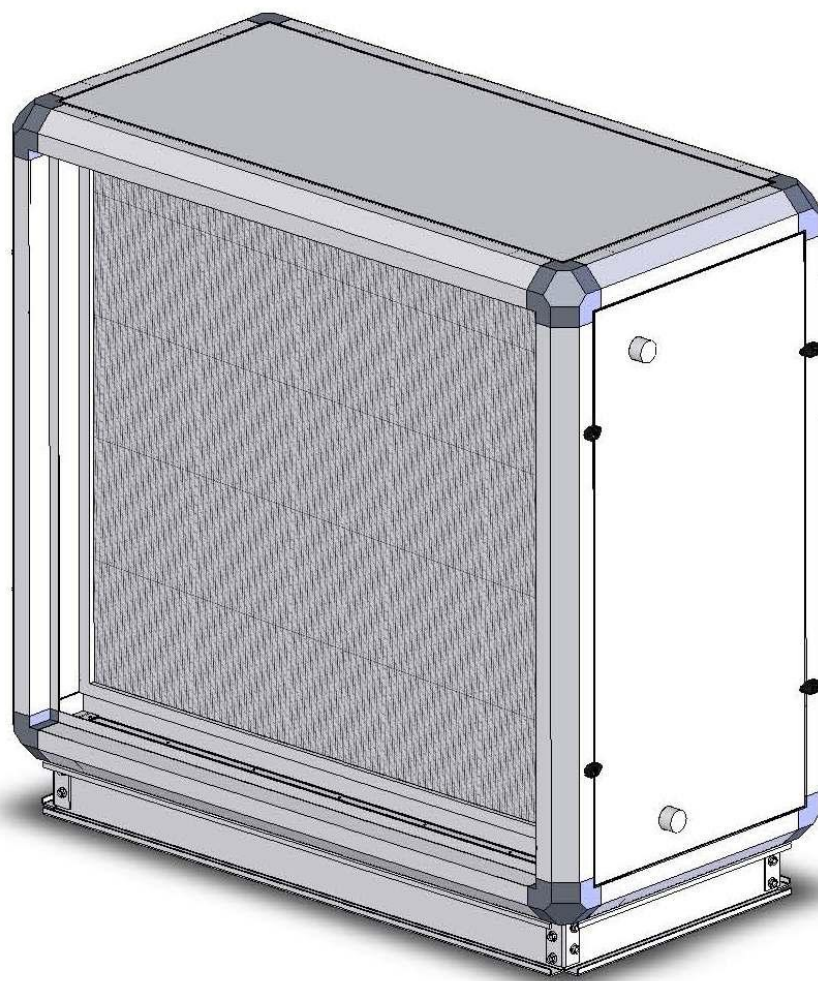
PŘÍLOHA P VI: FILTRAČNÍ SEKCE



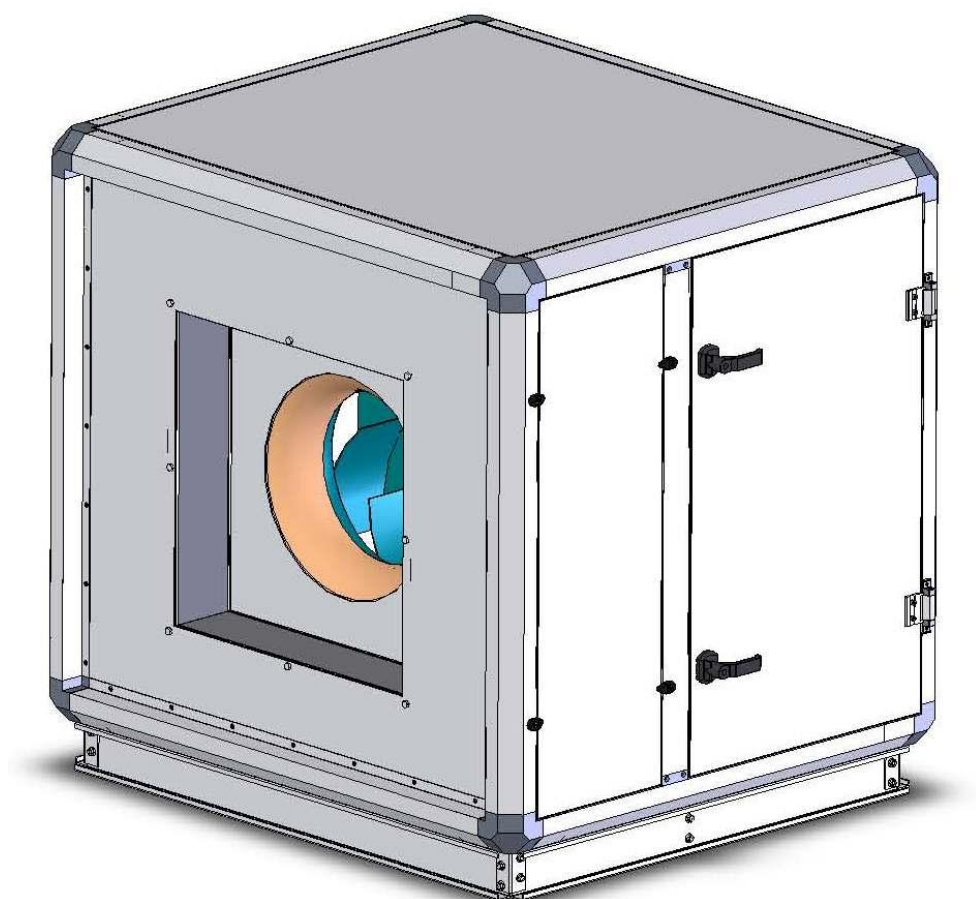
PŘÍLOHA P VII: SEKCE OHŘÍVAČE



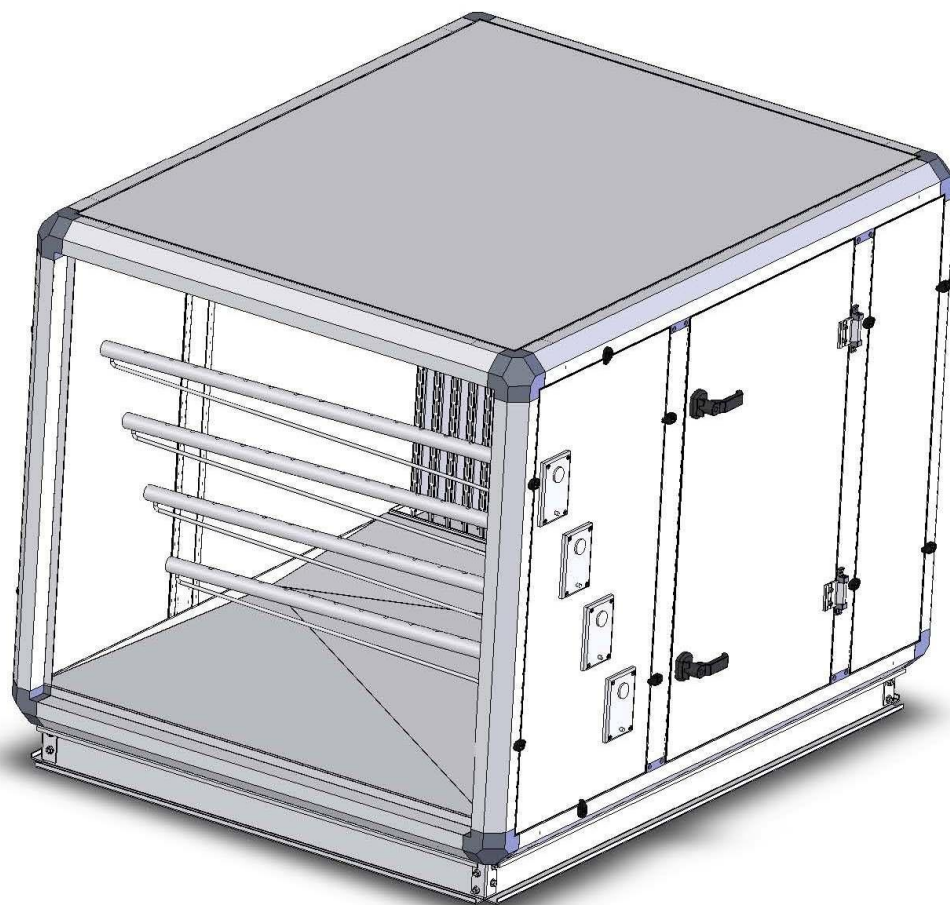
PŘÍLOHA P VIII: SEKCE CHLADIČE



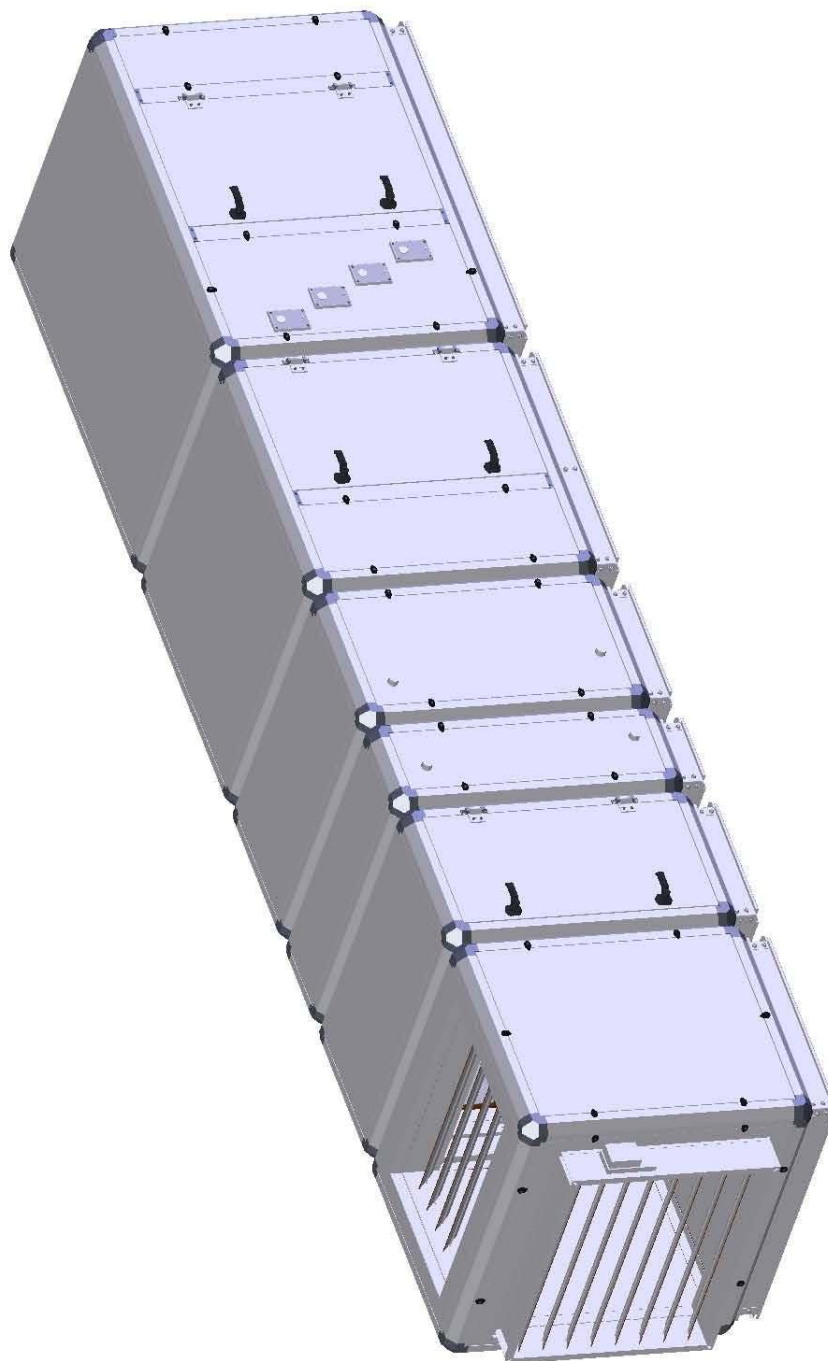
PŘÍLOHA P IV: VENTILÁTOROVÁ SEKCE



PŘÍLOHA P X: SEKCE ZVLHČOVÁNÍ



PŘÍLOHA P XI: 3D ZOBRAZENÍ VZDUCHOTECHNICÉ JEDNOTKY



PŘÍLOHA P XII: 3D ŘEZ VZDUCHOTECHNICKOU JEDNOTKOU

