

Návrh filtračního zařízení na olejovou mlhu

Bc. Hynek Rajch

Diplomová práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Hynek Rajch
Osobní číslo:	T20118
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce technologických zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh filtračního zařízení na olejovou mlhu

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proveďte průzkum trhu s ohledem na požadavky zařízení.
3. Navrhněte koncepci filtračního zařízení formou 3D modelu
4. Vypracujte technickou dokumentaci včetně položkového rozpočtu.
5. Realizujte výrobu funkčního prototypu.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. Vzduchotechnika. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna (ERA). ISBN 807366027x.
2. MAŇAS, Miroslav, Michal STANEK a David MAŇAS. Výrobní stroje a zařízení I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 264 s. ISBN 9788073185961.
3. GURJAR, B. R., Luisa T. MOLINA a C. Shekhar P. OJHA. Air pollution: health and environmental impacts. Boca Raton: Taylor Francis, 2010, 556 p. ISBN 9781439809631.
4. SPARKS, T., CHASE, G. Filters and Filtration Handbook (6th ed.). Butterworth-Heinemann. 2015, 444 p. ISBN 9780080993966

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je kompletní návrh filtračního zařízení sloužícího k odsávání olejové mlhy, včetně vyhotovení funkčního prototypu. Rešeršní část je zaměřena na popis průmyslové vzduchotechniky, filtraci vzduchu, odlučování tuhých látek a potřebné legislativy. Praktická část je věnována návrhu 3D modelu filtračního zařízení, technické dokumentaci, výrobě jednotlivých částí a kompletaci zařízení.

Klíčová slova: průmyslová filtrace a vzduchotechnika, filtrační zařízení, filtrace ovzduší, konstrukce, vývoj a výroba

ABSTRACT

The aim of this master thesis is the complete design of an air filtration device used for oil mist extraction, including a functional prototype. The research part is focused on the description of industrial air filtration, air filtration, solids separation and necessary legislation. The practical part is devoted to the design of a 3D model of the filtration device, production of individual parts and assembly of the device.

Keywords: industrial filtration and air conditioning, filtration device, air filtration, design, development, and production

Mé hlavní poděkování patří panu Ing. Adamovi Škrobákovi, Ph.D., který věnoval svůj čas a vědomosti při tvorbě mé diplomové práce. Dále mé poděkování patří naší rodinné firmě a všem členům, kteří jsou součástí, za možnost vývoje a realizace filtračního zařízení na olejovou mlhu. V neposlední řadě mé poděkování patří mé rodině a přítelkyni, kteří mě během studií podporovali a inspirovali k úspěšnému dokončení studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRŮMYSLOVÁ FILTRACE A VZDUCHOTECHNIKA	13
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	13
1.2 VZDUCHOTECHNICKÉ SYSTÉMY	13
1.3 VOLBA A NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH SYSTÉMŮ.....	15
2 LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ	17
3 TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY	18
3.1 VELIKOST A TVAR ČÁSTIC	18
3.2 VZNIK TUHÝCH ČÁSTIC	18
3.3 CHARAKTERISTICKÝ TVAR A ROZMĚR ČÁSTIC	19
3.4 ZRNITOST ČÁSTIC	20
3.6 ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI ČÁSTIC	21
3.7 POHYBOVÉ VLASTNOSTI ČÁSTIC	21
3.8 PŘENOSOVÉ VLASTNOSTI ČÁSTIC	22
3.9 ZÁKLADNÍ ODLUČOVACÍ PRINCIPY	22
3.9.1 Gravitační princip.....	22
3.9.2 Setrvačný princip	22
3.9.3 Odstředivý princip.....	23
3.9.4 Difúzní princip	23
3.9.5 Intercepční princip	23
3.9.6 Elektrický princip.....	23
4 ODLUČOVAČE TUHÝCH ČÁSTIC	25
4.1 SUCHÉ MECHANICKÉ ODLUČOVAČE.....	25
4.1.1 Gravitační odlučovače.....	25
4.1.2 Žaluziové odlučovače.....	26
4.1.3 Cyklony	26
4.1.4 Rotační odlučovače	27
4.2 MOKRÉ MECHANICKÉ ODLUČOVAČE	28
4.2.1 Sprchové věže	28
4.2.2 Lopatkové odlučovače	29
4.2.3 Pěnové odlučovače.....	30
4.2.4 Samorozstříkovací pračka	30
4.2.5 Venturiho pračka	31
4.2.6 Ejektorová pračka.....	32
4.3 ELEKTROSTATICKÉ ODLUČOVAČE	33
4.3.1 Vertikální elektrostatický odlučovač.....	34
4.3.2 Horizontální komorový odlučovač.....	35

5	FILTRAČNÍ MATERIÁLY.....	37
5.1	ROZDĚLENÍ FILTRAČNÍCH TKANIN	37
5.2	MATERIÁLY FILTRAČNÍCH TKANIN	39
5.3	UKÁZKA ÚPRAV FILTRAČNÍ PATRONY	41
6	TUKY	43
6.1	MAZIVA	44
6.2	OBRÁBĚCÍ KAPALINY	44
6.3	OLEJOVÁ MLHA	45
6.3.1	Kouř z chladicí kapaliny	46
6.3.2	Výpary/plynné fáze	46
7	FILTRACE OLEJOVÝCH A EMULZNÍCH MLHOVIN.....	47
7.1	FILTRAČNÍ SYSTÉMY S PASIVNÍMI FILTRAČNÍMI ELEMENTY	47
8	LEGISLATIVA V PRŮMYSLOVÉ VZDUCHOTECHNICE	49
8.1	VYHLÁŠKA Č. 20/2012 SB. – MNOŽSTVÍ VZDUCHU.....	49
8.2	NAŘÍZENÍ VLÁDY Č.361/2007 SB. – PODMÍNKY OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI.....	49
8.3	ČSN EN13779 VĚTRÁNÍ NEBYTOVÝCH BUDOV – ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA VĚTRACÍ SYSTÉMY.....	51
8.3.1	Provedení jednotek dle ČSN EN 1886.....	51
II	PRAKTICKÁ ČÁST	52
9	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	53
10	PRŮZKUM TRHU.....	54
10.1	ODLUČOVAČ OLEJOVÉ MLHY COALFILTER	54
10.2	ODLUČOVAČE OLEJOVÉ MLHY G&G FILTRATION	55
10.4	NEDERMAN	58
10.5	ZÁVĚR PRŮZKUMU TRHU.....	60
11	NÁVRH KONCEPCE FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ	61
	PRO NÁVRH KONCEPCE FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ BYLO VYUŽITO PROGRAMU CATIA V5 R20.....	61
11.1	ZÁKLADNÍ – STAVEBNÍ BOX	62
11.2	PRŮCHOZÍ BOX PRO FILTRAČNÍ VLOŽKU	64
11.3	VÝSTUPNÍ BOX PRO FILTRAČNÍ VLOŽKU	66
11.4	FILTRAČNÍ VLOŽKA, JEJÍ UCHYCENÍ A OSAZENÍ	67
11.5	VENTILÁTOR FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ	69
11.6	STABILIZAČNÍ NOHY	70
11.7	SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH MODULŮ.....	71
11.8	TRANSPORTNÍ OKA	72

11.9	ELEKTRONICKÉ VYBAVENÍ FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	72
11.10	DVEŘE FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ	73
12	VÝROBA PRVNÍHO PROTOTYPU ZAŘÍZENÍ.....	76
12.1	KOMPLETACE BOXŮ A DVEŘÍ.....	76
12.2	UTĚSNĚNÍ JEDNOTLIVÝCH BOXŮ	79
12.3	SESTAVA FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ PŘED LAKOVÁNÍM.....	81
12.4	BARVA FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	81
12.5	FINÁLNÍ MONTÁŽ PRVNÍHO PROTOTYPU ZAŘÍZENÍ.....	83
13	POLOŽKOVÝ ROZPOČET.....	93
	ZÁVĚR	95
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	97
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	101
	SEZNAM OBRÁZKŮ	102
	SEZNAM TABULEK.....	105
	SEZNAM PŘÍLOH.....	106

ÚVOD

Se zvyšujícím se tempem strojího průmyslu, rozšiřováním průmyslových zón a s růstem počtu zaměstnanců se zvyšuje i tvorba emisí. Tyto emise nemusí být nebezpečné jen pro zaměstnance, ale mohou být taky nebezpečné pro zemi jako takovou. Je proto nutné na tuto skutečnost reagovat a začít hledat nová řešení. Emisemi se zabývá zvláště odvětví nazývané průmyslová vzduchotechnika. Jednotlivé filtrační zařízení byly vyvinuty již v minulosti a podléhají pouhé modernizaci. Co ale podléhá neustálému vývoji jsou jednotlivé technologie odsávání. Vzhledem k přibývajícím aplikacím, kdy jde o prostředí mokré, výbušné, či odsávání velkých částic, jako jsou dřevěné či kovové piliny.

Filtrační zařízení pro odsávání znečištěného ovzduší jsou rozlišována dle místa použití. Hlavními rozdíly koncepce zařízení budou v konečném využití tohoto zařízení. Zda se bude jednat o suché prostředí – hlavními představiteli jsou svařování a broušení ruční bruskou a mokré prostředí – celé spektrum obrábění. V případě suchého prostředí se průmyslová vzduchotechnika zaměřuje na vznik tuhých znečišťujících látek, jejich velikost a možnost odloučení ze vzduchu. Nutno je však uvést, že stále existují technologie, u kterých není možno využít průmyslové vzduchotechniky z jednoduchých důvodů. Vznikající znečištění ovzduší je takových frakcí, že by docházelo k opakovanému ucpání filtračních zařízení, znehodnocení filtračních patron (probroušení) a dále. Tento problém se týká například elektrochemického obrábění při obrábění některých druhů ocelí. Při hloubení tvarů například tvarových vložek vstřikovacích forem, nebo posuvných tvárnků sloužících k odformování vedlejších dělicích rovin, dochází k tvorbě olejové mlhy s obsahem agresivního prachu, který napadá filtrační vložky. Postupně pak na nich vytváří vrstvu, která je agresivní jak mechanicky, tak chemicky. S tímto problémem je možno se setkat i při odsávání keramických prachů ze suchého ovzduší, kdy keramický prach způsobuje abrazivní opotřebení filtračních hadic a jejich následné poškození. Z těchto důvodů pracují firmy, které navrhují jednotky průmyslové vzduchotechniky, úzce s firmami dodávající filtrační vložky a aktuální problém společně řeší.

Jednotky průmyslové vzduchotechniky v dnešní době netvoří pouze funkční součást jednotlivých druhů výrob, ale tvoří i vzhledovou součást firem. Proto je možno si u filtračních zařízení vybrat barvy, konstrukční koncepci a místo, kde bude zařízení umístěno. Tento fakt měl za následek taky rozvoj nabídky dodavatelů potrubních sítí, jelikož v mnoha případech jsou filtrační zařízení umístěna do venkovních prostor hal a bylo tudíž nutno vyvinout velké množství tlumičů, klapek vyústění, aby nebyly narušeny okolní

prostory hal. Filtrační zařízení je tak schopno díky odizolování hluku ventilátoru a proudícího vzduchu plnit funkci velmi tichého zařízení.

V posledním důležitém bodě je úzká spolupráce firem poskytující průmyslovou vzduchotechniku a firem vyhledávajících průmyslovou vzduchotechniku. Tato spolupráce je důležitá v přístupu k funkčnosti zařízení až do bodu, kdy je spokojená firma, která tyto zařízení odebírá. V mnoha případech dochází i k úpravám vzduchotechnických tras dle požadavků zákazníka, změně míst odsávacích ramen či změně umístění filtrační jednotky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÁ FILTRACE A VZDUCHOTECHNIKA

Vzhledem k rostoucím požadavkům na kvalitu vnitřního prostředí budov rostou i nároky na technické prostředky k jeho tvorbě. V zeměpisné poloze ČR umožňují stavební konstrukce jen primární ochranu před vnějšími klimatickými vlivy. Vnitřní prostředí budov v celém rozsahu požadovaných stavů zajistí jen soubor technických zařízení představující vzduchotechniku. Vzduchotechnika tvoří nezbytné funkční zařízení moderních budov, staveb pro zemědělství a technologii, staveb s dominantní architekturou a větším podílem zasklených ploch atd.

Úkolem vzduchotechnických systémů je:

- tvorba interního mikroklimatu místností a budov, s cílem formovat vnitřní prostředí pro optimální pobyt a činnosti jeho uživatelů,
- zajištění prostředí pro průběh technologických procesů s eventuální likvidací doprovodných škodlivin. [1]

1.1 Základní pojmy

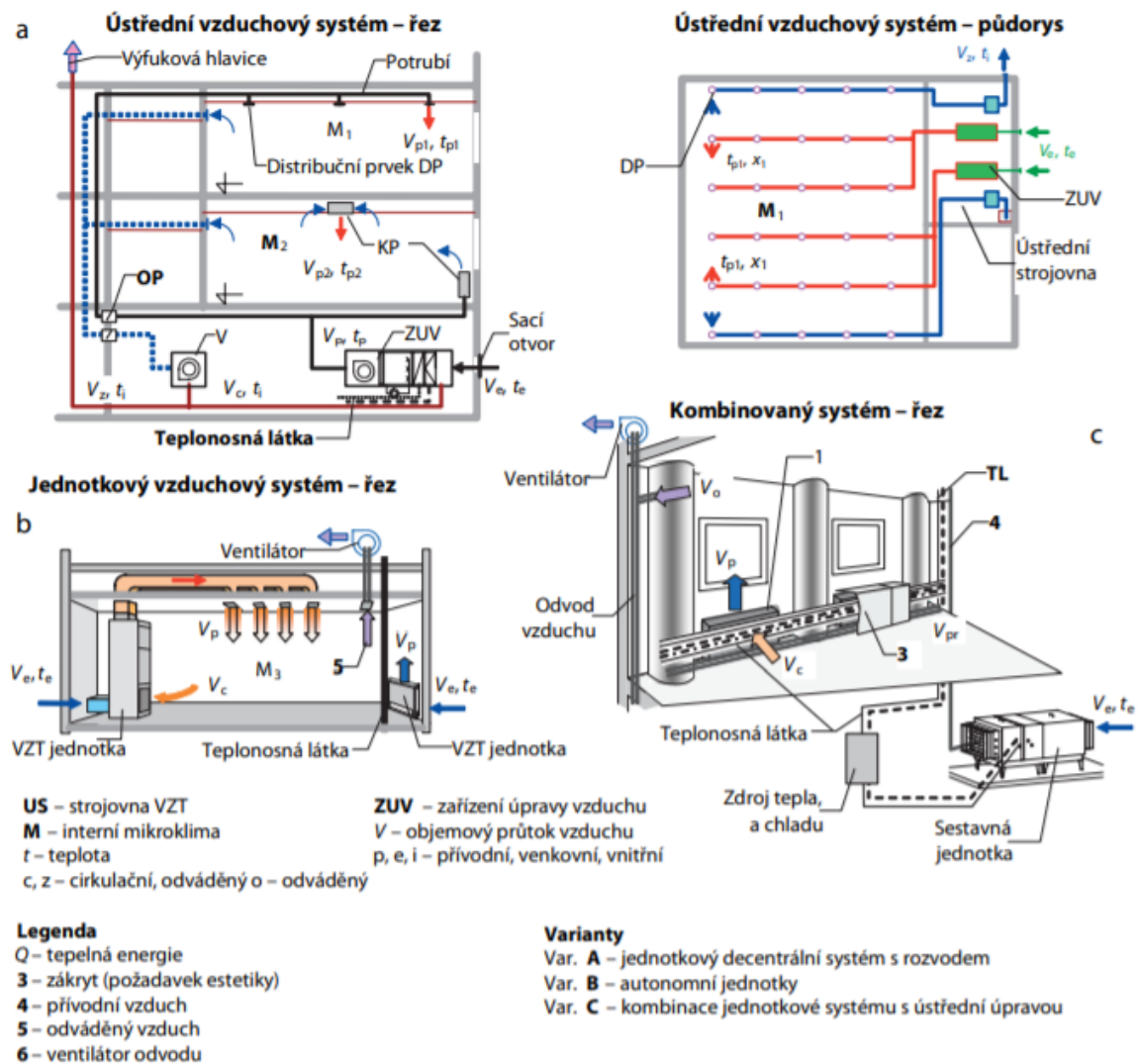
Průmyslovou vzduchotechniku tvoří vzduchotechnické systémy a vzduchotechnická zařízení. Vzduchotechnický systém je soubor technických prvků, který jako celek slouží svým provozem k úpravě vzduchu pro tvorbu vnitřního prostředí staveb nebo k přenosu materiálu vzduchem. Vzduchotechnická zařízení představují řadu funkčních elementů zajišťujících mechanickou, tepelně – vlhkostní úpravu a distribuci vzduchu do prostoru, ve kterém je nutno zajistit mikroklima. Provoz vzduchotechniky vykazuje bezprostřední dopad na stav vnitřního prostředí, investiční a zejména provozní náročnost budov, jakožto i na ekologické a sociologické faktory související s jejich provozem. Termínu vzduchotechnické zařízení je využíváno v projektové dokumentaci k označování samostatného vzduchotechnického funkčního celku. [1]

1.2 Vzduchotechnické systémy

Vzduchotechnické systémy jsou klíčovými podsystemy systému vytápění, větrání a klimatizace. Upravují a přivádějí vzduch tak, aby splňoval dané požadavky. Závady ve vzduchotechnických systémech a na součástech s čidly mohou poté vést k vysoké spotřebě energie, špatnému tepelnému komfortu a nepříjemné kvalitě vnitřního ovzduší. [2]

Vzduchotechnické systémy jsou následující:

- ústřední – centrální systém – vyznačuje se ústřední dopravou vzduchu, ke kterému je zapotřebí potrubní síť,
- zónový systém – představuje úpravu vzduchu v jednom prostoru pro více zón, tento systém také vyžaduje potrubní síť,
- jednotkový systém – vyznačuje se decentrální úpravou vzduchu – úprava vzduchu probíhá přímo v prostoru a není tedy nutno potrubní síť,
- větrání – je možno definovat jako výměnu znehodnoceného vzduchu v daném prostoru za venkovní vzduch nebo znehodnocený vzduch z jiného prostoru vlivem tlakového spádu. Větrání lze nadále rozdělit podle zdroje tlakového spádu na přirozené, nucené a hybridní,
- teplovzdušné vytápění – zajišťuje vytápění daného prostoru přívodním vzduchem o teplotě vyšší než vzduch ve vytápěném prostoru a výměnu znehodnoceného vzduchu,
- klimatizace – je možno definovat jako úpravu a výměnu znehodnoceného vzduchu v daném prostoru pomocí přívodního vzduchu, jenž je alespoň chlazen či vlhčen, nebo alespoň odvlhčován a v zimě ohříván. Klimatizace zajišťuje všechny složky prostředí budov (vlhkost, čistota, teplota) na požadované úrovni v celém spektru vyskytujících se provozních stavů budovy či místnosti. Přesná klimatizace je systém klimatizace s přesnou regulací určený pro tvorbu mikroklimatu provozů s jednoznačně specifikovanými náročnějšími požadavky na stav prostředí,
- odsávání – je zajišťováno zachycování a odvod škodlivin vzduchem z místa, kde vznikají,
- průmyslová vzduchotechnika – zahrnuje širokou oblast vzduchotechniky sloužící technologickým procesům. Tvoří jí několik systémů se specifickými funkcemi, jako například pneumatická doprava nebo strojní sušení. [1]



Obr. 1 Schéma typických systémů vzduchotechniky [1]

1.3 Volba a návrh vzduchotechnických systémů

Volba systému vychází z požadovaného nebo předepsaného stavu interního mikroklimatu místností při respektování jak ekonomických, tak i ekologických požadavků. V současném a zejména nastávajícím období charakteristickým se zvyšujícími se nároky na kvalitu vnitřního mikroklimatu, musí už koncepce řešení vzduchotechniky nově realizovaných i modernizovaných objektů vycházet z kvalifikovaného přístupu, které musí být založeny na teoretických poznatcích tak, aby konečné dílo splňovalo požadavky uživatelů budov i technologie.

Velmi důležitým faktorem volby vzduchotechnického systému je také architektura budovy. V budovách s lehkým obvodovým pláštěm či velkým podílem zasklených ploch je

k zajištění optimálního stavu vnitřního prostředí nezbytná klimatizace. Provoz klimatizace má za následek nemalé finanční náklady, a to zejména v letním období.

Ekonomicky nejméně náročný je systém nuceného větrání. Systémy klimatizace jsou finančně náročné. U atypických a reprezentativních budov mohou náklady dosahovat 15 až 20 % investičních nákladů stavby.

Návrh vzduchotechnických zařízení vychází z návrhových veličin, který je složen z teploty, objemové a hmotnostní průtoky, entalpie, měrná vlhkost a koncentrace. Tyto veličiny je možno vyčíslit pomocí primárních složek spojených s tvorbou vnitřního prostředí místností a budov. Do zmíněných složek je možno zahrnout:

- vnitřní prostředí – interní mikroklima místnosti,
- vnější prostředí – externí klima místa budovy,
- stavební konstrukce budovy,
- provoz budovy.

Obecný postup při návrhu vzduchotechnických systémů je složen z následujících kroků:

1. Specifikace vstupních a výstupních požadavků, jejich deklarace před realizační fází.
2. Tepelně vlhkostní bilance a určení objemových průtoků vzduchu.
3. Návrh strojního zařízení a distribuční sítě.
4. Řešení souvisejících problémů – recyklace, regulace, chlazení a akustika.

Primárním a nezbytným předpokladem řešení vzduchotechniky je respektování skutečnosti, že návrh budov musí sledovat trend stavebnictví třetího tisíciletí představující „Inteligentní budovu“, která vyžaduje inteligentní systémy vzduchotechniky. [3]

2 LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ

Fenomén znečištění ovzduší zahrnuje sled následujících událostí – vznik znečišťujících látek a jejich vypouštění ze zdroje, jejich přenos, přeměnu a odstraňování z ovzduší, jejich účinky na člověka, materiály a ekosystémy. Vzhledem k tomu, že ekonomicky i technicky je nemožné navrhnout procesy pro absolutně nulové emise látek znečišťujících ovzduší, jsou emise řízeny na takové úrovni, aby účinky buď neexistovaly, nebo byly minimalizovány.

Studium látek znečišťujících ovzduší je možno rozdělit do tří zjevně se překrývajících, ale poněkud odlišných oblastí:

1. Vznik a kontrola látek znečišťujících ovzduší u jeho zdroje. Tato oblast zahrnuje vše, co se děje před tím, než je znečišťující látka vypuštěna do ovzduší.
2. Přenos, rozptyl, chemická přeměna v ovzduší a odstraňování škodlivin ovzduší. Tato oblast zahrnuje všechny chemické a fyzikální procesy, které probíhají mezi místem vzniku emisí a konečným odstranění z ovzduší.
3. Účinky látek znečišťujících ovzduší na člověka, zvířata, materiály, vegetaci, lesní a vodní ekosystémy, včetně měření plynných a pevných částic.

Do ovzduší je uvolňováno celé spektrum škodlivin, pevných a plynných látek. Průmyslová vzduchotechnika se především zabývá tím, aby tyto škodliviny nebyly přenášeny z výrobních prostor do ovzduší v prostorech venkovních. Tudiž je nutno se zaměřit spíše na tuhé znečišťující částice v ovzduší, které vznikají při výrobních procesech, jako jsou svařování, obrábění konvenčními i nekonvenčními metodami atd. [4]

3 TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY

Pod pojmem tuhé znečišťující látky neboli tuhé částice jsou myšleny všechny formy jejich výskytu, pro které je v technické praxi využíváno následujících pojmů:

- prach – aerodisperzní směs tvořená plynem a částicemi tuhé fáze, která vzniká lidskou činností při mechanických operacích s tuhými materiály, přirozenou erozí hornin, působením, aerodynamických sil na práškové materiály,
- popílek – tuhé částice v nosném plynu vznikající při spalování tuhých paliv,
- aerosol – aerodisperzní směs obsahující částice buď tuhé, nebo kapalně fáze (tuhý nebo kapalný aerosol), která je schopna setrvávat ve venkovním prostředí ve vznosu po dostatečně dlouhou dobu. Maximální velikost částic dosahuje 1 μm .,
- dým – aerodisperzní směs, tvořená jemnými tuhými i kapalnými částicemi vznikající kondenzací par látek, například při svařování obloukem. [5]

3.1 Velikost a tvar částic

Velikost a tvar částic patří mezi nejdůležitější veličiny, které charakterizují částice a rozhoduje o jejich odlučování z plynného prostředí. Na velikosti a tvaru částic závisí pohybové vlastnosti, které u mechanických a elektrických odlučovačů rozhodují o odlučovacích rychlostech a také o jejich konečném stupni odloučení. Konkrétně na velikosti částice závisí velikost elektrického náboje, který je schopna částice nést. U filtračního procesu se rovněž uplatňuje difuze částic. Dalším aspektem, který na velikosti částic závisí jsou jejich optické vlastnosti, kterých je využíváno při měření koncentrace i zrnitosti částic. [5]

3.2 Vznik tuhých částic

Velikost i tvar částic, které je nutno odloučit, závisí zejména na způsobu jejich vzniku. Tuhé částice lze dělit podle způsobu jejich vzniku na částice přírodní nebo částice vzniklé lidskou činností.

Částice přírodní je možnost nalézt v podobě:

- kosmického prachu,
- anorganického prachu pozemského původu (geologický prach), tento prach může vzniknout vulkanickou činností, přírodními požáry, písečnými bouřemi, erozí hornin,
- organické (biologické) částice – pyl z květin, výtrusy z hub, mechů a lišejníků, semena rostlin a viry.

Částice vzniklé lidskou činností lze rozdělit na částice primárně vzniklé lidskou činností a částice sekundární, vzniklé konverzí z některých znečišťujících látek z plynného skupenství na skupenství tuhé v atmosféře.

Částice vzniklé primárně lidskou činností jsou zejména:

- částice vznikající při spalování paliv a průmyslových odpadních plynů,
- částice vznikající při výrobě a zacházení se sypkými materiály (cement, vápno, sádra, hnojiva, mouka, uhelný prach),
- částice vznikající otěrem při zpracování nebo obrábění materiálů.

Na celkových emisích tuhých částic se dle druhu výrob podle množství podílí:

- spalovací procesy a zařízení na výrobu páry a energie,
- hutní průmysl,
- chemický průmysl,
- průmysl stavebních hmot,
- těžba a zpracování rud a uhlí,
- doprava a ostatní průmyslová odvětví. [5]

3.3 Charakteristický tvar a rozměr částic

Nejjednodušší pravidelné tvary (koule) vznikají při kondenzaci. Tento způsob vzniku je možno nalézt u spalovacích procesů a částice kulových tvarů se vyskytují v jemných frakcích elektrárenských popílků. Částice, které vznikají krystalizací nabývají také pravidelných tvarů. Částice, které pravidelných tvarů nenabývají, mající ve většině případů složitý tvar, vznikají při mechanických operacích, jako je mletí či drcení.

Klasifikace částic lze rozdělit podle tvaru na:

- izometrické (korpuskulární) – všechny tři rozměry jsou vzájemně srovnatelné
- laminární (ploché) – dva rozměry převládají na třetím,
- fibrilární (vláknité) – jeden rozměr výrazně větší než dva zbývající

Laminární a fibrilární částice je tudíž možno zařadit do částic neizometrických. Jejich chování v plynném prostředí není jasně definováno, neboť závisí především na poloze částice vůči směru jejího relativního pohybu vzhledem k okolnímu prostředí.

Složité tvary mohou vznikat rovněž shlukováním – koagulací. Částice vytvářejí shluky neboli agregáty buď izometrického tvaru, nebo vznikají lineární útvary – řetězce. [5]

3.4 Zrnitost částic

Pro úvahu zrnitosti částic je nutno uvažovat fakt, že všechny částice jsou kulového tvaru. Obsahuje-li tento soubor částice pouze v úzkém intervalu velikostí, jedná se o soubor monodisperzní. Tyto soubory se vyskytují zřídka. Těmto souborům jsou nejbližší částice vznikající kondenzací za určitých podmínek, nebo prachy z výtrusů rostlin.

Obsahuje-li soubor částice různých velikostí, jedná se o soubor polydisperzní. Základní charakteristikou polydisperzního souboru je jeho zrnitost (disperzita, granulometrické složení, rozdělení velikostí částic). [5]

3.5 Povrchové vlastnosti částic

Během procesu odlučování se mohou výrazně projevit jevy, které nastanou při vzájemném styku částic, nebo nastanou stykem částice se stěnou. Tyto jevy jsou v odlučování pojmenovány jako adheze nebo koheze částic. Adhezi určuje lepivost částic, která může výrazným způsobem ovlivnit spolehlivost chodu odlučovačů. V případě filtrace atmosférického vzduchu bez regenerace filtrační vrstvy, adhezní vlastnosti naopak přispívají k dosažení vysokého odlučovacího efektu.

Hlediskem spolehlivosti chodu odlučovačů je abraze neboli opotřebení materiálu, vyjadřující následek vzájemného styku částice se stěnou odlučovače nebo potrubím. Abraze materiálu je silně závislá na povrchových vlastnostech částic. Významnou vlastností, která je uplatňována výrazně u mokrého způsobu odlučování je smáčivost částic. S povrchovými vlastnostmi úzce souvisí také výbušnost prachů. Při konstrukci zásobníků a výsypek

odlučovaných prachů hrají významnou roli další povrchové vlastnosti těchto prachů, jako je sypný úhel, úhel vnitřního tření, úhel skluzu. Do povrchových vlastností lze zahrnout i sypnou hmotnost částic. [5]

3.6 Elektrické vlastnosti částic

Základními elektrickými vlastnostmi částic, které jsou uplatňovány při odlučování jsou – náboj částic a elektrický odpor vrstvy částic. [5]

Elektrická energie je přenášena pohybujícími se elektrony v elektrickém proudu. Aby se elektrický proud mohl šířit, potřebuje hmotu. Elektrický proud nemůže procházet prázdným prostorem a hmota se toku elektrického proudu brání, a to z toho důvodu, že proudící elektrony v proudu narážejí na částice hmoty, které jejich energii pohlcují. Některé druhy hmoty kladou elektrickému proudu větší nebo menší odpor než hmoty jiné. [6]

U souborů částic, které jsou nositeli nábojů obou polarit, může docházet vlivem elektrických sil ke shlukování částic neboli koagulaci. [5]

3.7 Pohybové vlastnosti částic

U dvoufázových systémů tuhá (kapalná) částice – plyn je základem odlučování jejich přenos z proudu plynu k odlučovacím plochám. Přenos částic je výsledkem působení sil hmotnostních – setrvačná, gravitační, odstředivá, popř. magnetická a sil povrchových – elektrická a molekulární síla, aerodynamický odpor.

Podle převládající síly, která při odlučování vyvolává pohyb částice směrem k odlučovacím plochám, je možno tyto principy rozdělit na:

- gravitační,
- setrvačné,
- odstředivé,
- elektrické,
- difúzní.

Každý z uvedených principů vychází z řešení pohybu individuální částice. [5]

3.8 Přenosové vlastnosti částic

Pohyb tuhých i kapalných částic v plynném prostředí je ovlivňován nárazy molekul plynu a částice kromě svého pohybu vyvolaného vnější silou vykonává i náhodný pohyb. Tento náhodný pohyb vyvolává difuzi částic, která se v některých případech (odlučování jemných částic ve vláknitých vrstvách) stává hlavním odlučovacím principem. Difuzí částic lze vysvětlit i změny koncentrací při proudění plynů v kanálech, zejména při směšování proudů. Difuze je důležitou přenosovou vlastností částic zejména u jemných částic.

Při vzájemném nárazu částic v plynném prostředí dochází u částic s vhodnými povrchovými vlastnostmi k jejich shlukování – koagulaci. Koagulace částic je jev, který se k odlučování přímo nepoužívá, může však za určitých okolností odlučování ovlivnit.

Podobným přenosovým jevem je termoforéza. Tento přenos částic silami molekulárního původu se u odlučovačů jako odlučovací princip nevyužívá, ale může při proudění horkých plynů výrazným způsobem ovlivnit dlouhodobé odlučování částic na stěnách kanálu. [5] [6]

3.9 Základní odlučovací principy

V následujících kapitolách je uvedeno základních odlučovacích principů pro látky znečišťující ovzduší. Ze základních odlučovacích principů poté vychází návrhy jednotlivých filtračních zařízení.

3.9.1 Gravitační princip

U gravitačního principu je vycházeno z působení gravitační síly na pohyb částice. V případě vodorovného proudění na částice působí dvě silové složky – gravitace a unášivé síly proudu. Gravitační složka se odvíjí od velikostí částic – čím větší částice, tím je větší i gravitační složka. Při správném návrhu rychlosti proudu bude tato gravitační složka zvětšená a částice budou tedy odloučené. Tento typ odlučovače je spíše zařazován jako před-odlučovač. [5] [7]

3.9.2 Setrvačný princip

V případě, kdy v blízkosti částice dochází k zakřivení rychlostního pole a trajektorie částice se vlivem setrvačnosti částice odchyluje od proudnice, je využíváno setrvačného principu odlučování. Setrvačného principu je primárně využíváno u setrvačných odlučovačů, ve kterých jsou do proudu plynu vloženy překážky různých tvarů. U těchto odlučovačů je velmi často kombinováno setrvačného a gravitačního principu. Setrvačného principu je využíváno i k odlučování částic na kapičkách u některých typů mokrých odlučovačů (proudové,

hladinové) a je uplatňován i ve filtraci, kde při obtékání vláken ve filtrační vrstvě působí zpravidla více odlučovacích principů. Zvláštním případem setrvačného principu je odstředivý princip. [5] [7]

3.9.3 Odstředivý princip

Odstředivý princip je zvláštním případem setrvačného principu, kdy při rotaci plynu ve válcových a kuželových komorách, ke kterému dochází u vírových odlučovačů (cyklonů), je pohyb částice ve směru k odlučovací ploše dán odstředivou silou. [5] [7]

3.9.4 Difúzní princip

U difúzního principu je uplatňováno zachycování částic při nižších rychlostech plynu v důsledku Brownova pohybu, což zvyšuje pravděpodobnost kontaktu částic s vlákny, na kterých zůstanou přichyceny. Tento princip nabývá významu v případě filtrace při odlučování částic na povrch filtračních vláken, která tvoří filtrační vláknitou vrstvu. [7] [8]

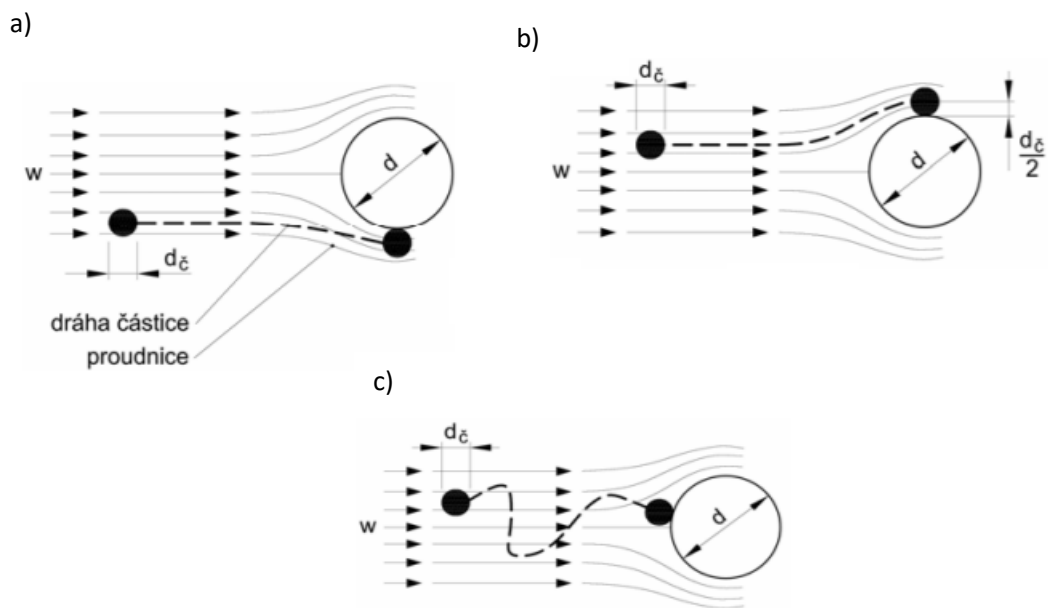
3.9.5 Intercepční princip

Částice jsou zachycovány na základě přitažlivých sil, kdy se částice dostanou do přímého kontaktu s vlákny filtračního média. Tento princip se uplatňuje ve filtraci při průchodu plynu vláknitou nebo zrnitou vrstvou. [8]

3.9.6 Elektrický princip

Princip, kde pohyb částice směrem k odlučovací ploše je zapříčiněn elektrickou silou působící na částici. Tento princip je uplatňován u elektrických odlučovačů, kde elektrická síla je Coulombová elektrická síla, působící na nabité částice v elektrickém poli.

Elektrické síly působí i na nabité částice v proudu plynu při obtékání těles, nabitých na opačnou polaritu. Tento typ alternativy je možno využít ve filtraci a zpravidla působící současně s jinými odlučovacími principy. [7] [8]



Obr. 2 Odlučování na filtračních vláknech, principy [9]

a) setrvačný, b) intercepční, c) difuzní

w – rychlost vzduchu (m/s), d_c (μm) – průměr částice, d (μm) – průměr vlákna

4 ODLUČOVAČE TUHÝCH ČÁSTIC

Odlučovač – význam slova spočívá ve slově odloučit + něco. V případě průmyslové vzduchotechniky jsou ve větší míře tuhé znečišťující částice a v neopomenutelné kategorii taktéž oleje, olejové mlhy a podobně od proudícího vzduchu ve výrobních prostorech.

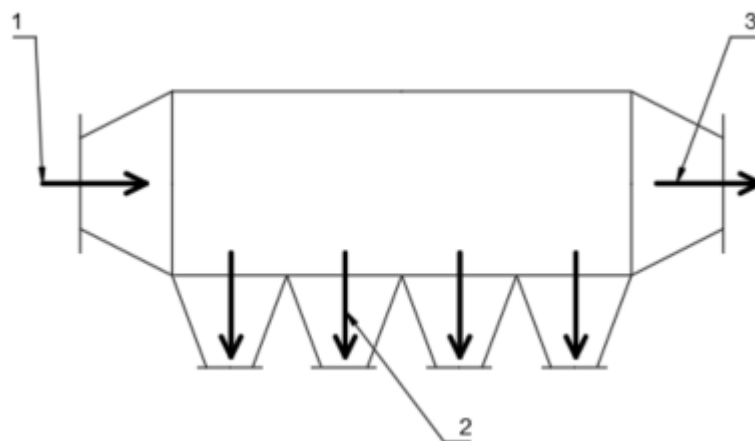
4.1 Suché mechanické odlučovače

Suché mechanické odlučovače jsou definovány jako cyklonové odlučovače a filtrové odlučovače, včetně tkaninových modulárních odlučovačů a patronových odlučovačů, které pracují převážně na gravitačním, setrvačném a odstředivém principu. Prachem zatížený vzduch vstupuje do kolektoru přes vestavbu přepážek a je shromažďován na filtračním médiu. Výbuchy stačeného vzduchu (periodicky se opakující) uvolňují prach z filtračních médií do násypky, ze které musí být pravidelně odstraňován. [5] [10]

Odlučovače prachu s patronovými filtry jsou v nabídce současně se širokým výběrem filtračních materiálů, díky kterým je možno dosahovat vysoké účinnosti v případě filtrace jemných částic. Přídavné vlastnosti dodávají speciální filtrační materiály, jako je požární odolnost, odolnost vůči adhezním materiálům a statická vodivost. V situacích, kdy dle OSHA mají materiály velmi nízké přípustné expoziční limity (PEL), je možno do systému přidat sekundární HEPA filtry, aby bylo dosaženo požadované čistoty vzduchu v daných prostorách. Tento aspekt je zvláště důležitý v případě, kdy je vzduch vrácen do objektu. [10]

4.1.1 Gravitační odlučovače

Základním případem gravitačního odlučovače je usazovací komora, uvedena na obrázku 3.



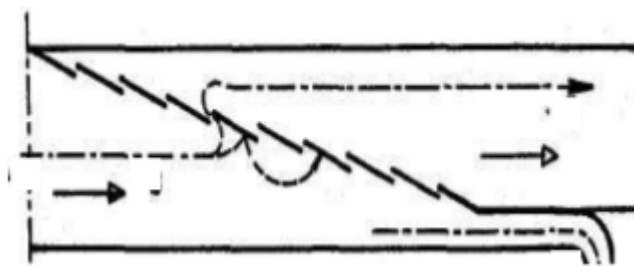
Obr. 3 Schéma usazovací komory [7]

1- vstup znečištěného vzduchu, 2 – výpad uvolněného prachu, 3 – výstup vzduchu

Znečištěný vzduch je vháněn do usazovací komory, přičemž zvětšující se průměr má za následek snížení rychlosti vzduchu. Díky snížení rychlosti znečištěného vzduchu změni částice smysl svého pohybu z vodorovného na kolmý. V usazovací komoře je pak postupně uvolňováno hrubých, středních a jemných částic. Z toho důvodu lze gravitační odlučovače využít i jako třídiče. Pro zvýšení účinnosti odlučování částic jsou usazovací komory doplňovány o přepážky. Jedná se o jeden z nejjednodušších principů odlučování částic a v praxi je lze nalézt ve zděné, ocelové nebo betonové konstrukce. [7]

4.1.2 Žaluziové odlučovače

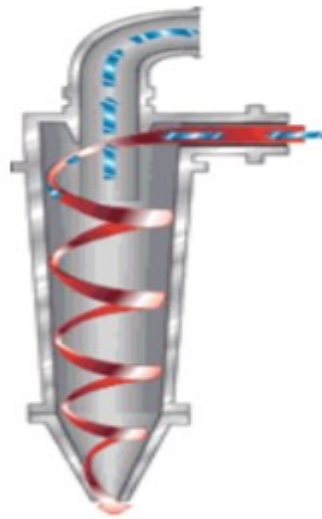
Žaluziové odlučovače fungují na principu setrvačnosti. Hustá síť žaluzií zajišťuje změnu směru proudění částic. Vzniklou ostrou změnu směru nestačí sledovat větší částice vlivem setrvačnosti, a to má za následek vypadnutí těchto částic z proudu plynu. Prachové částice jsou rovněž zachycovány na povrchu žaluzií. Svou účinností dosahují stejných hodnot jako usazovací komory, ale žaluziové odlučovače jsou svými rozměry menší. [11]



Obr. 4 Žaluziový odlučovač [11]

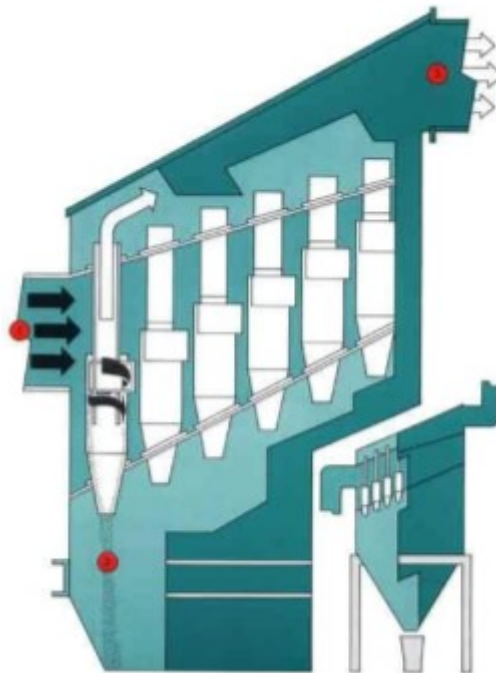
4.1.3 Cyklony

Nejužívanějšími typy suchých mechanických odlučovačů jsou cyklony, do kterých vzduch vstupuje tangenciálně a v cyklonu je uváděn do vířivého šroubovicového pohybu, který vyvolá setrvačnou odstředivou sílu, díky které jsou částice odloučeny od vzduchu. Takto odloučené částice se poté drží na stěně válcové nádoby odkud postupují do sběrné nádoby. Čistý vzduch odchází středovou trubkou zasahující do těla cyklonu. Vzhledem k tomu, že ve středu cyklonu dochází ke vzniku podtlaku je nutné, aby nádoba byla dokonale vzduchotěsná. Kdyby nebylo zajištěno vzduchotěsnosti nádoby, docházelo by rozvíření odloučených částic a vniknutí těchto částic k odchozímu čistému vzduchu (plynu). Výhodou cyklonů je jednoduché konstrukční řešení a tím i nižší cena. [11]



Obr. 5 Cyklon [11]

Cyklony jsou konstruovány pro průtoky vzduchu od 1 000 do 25 000 N.m⁻³.h⁻¹. Je – li však požadavek na větší objem vzduchu, řadí se cyklony paralelně a nazývají se multicyklony. [11]



Obr. 6 Multicyklon [11]

4.1.4 Rotační odlučovače

K oddělení částic od vzduchu u rotačních odlučovačů dochází otáčejícím se rotorem. Otáčející se rotor urychlí částice, které následně opustí proudnici plynu a pohybují se ke stěnám skříně, kde jsou zachycovány na sběrných plochách. Ze sběrných ploch částice putují

do zásobníku. Rotační odlučovače jsou účinnější než žaluziové odlučovače, jelikož je u nich možnost oddělit menší částice. [11]



Obr. 7 Rotační odlučovač [11]

4.2 Mokrý mechanický odlučovače

Tento typ odlučovačů je také nazýván jako mokré pračky, kde je prach filtrován pomocí střetu s kapičkami vody. Mokrý mechanický odlučovač nabývá větší účinnosti tím, čím jsou kapičky vody menší. V praxi lze nalézt různé formy zachycování prachu (sprchové věže, mokré vírové odlučovače, proudové neboli Venturiho odlučovače, mokré rotační odlučovače). Po zachycení padá voda s prachem do usazovací nádrže, kde dojde k jejich oddělení pomocí gravitace, nebo je prach sbírán z povrchu. [10]

4.2.1 Sprchové věže

Principem funkce sprchových věží je nástřik skrápěcí kapaliny proti proudu čistěného plynu. Částice prachu se musí setkat s kapkou skrápěcí kapaliny a musí jí být smáčena.

Sprchové věže se vyskytují zpravidla v podobě válcových kolon kruhového průřezu bez náplně nebo s náplní. Sprchové věže s náplní jsou využívány ke zvětšení styčného povrchu kapaliny se vzduchem.

Princip funkce sprchových věží spočívá v radiálním nebo axiálním přívodu znečištěného vzduchu do spodní části. Vypírací kapalina je nastříkována shora jednou nebo více tryskami, u kterých musí být zajištěno rovnoměrné distribuce skrápěcí kapaliny do průřezu věže. Skrápěcí kapalina je poté shromažďována ve spodní části věže. Cirkulace kapaliny je zajištěna pomocí odstředivého čerpadla. Vzniká-li při rozpouštění částic suspenze nebo roztok, část této kapaliny je odpouštěna a doplněna o kapalinu čerstvou. Čistý vzduch je poté odváděn otvorem v horní části zařízení.

Nevýhodou mokrých mechanických odlučovačů je vznik určitého objemu znečištěné skrápěcí kapaliny, kterou je nutno zpracovat nebo ekologicky zlikvidovat. [11][12]



Obr. 8 Sprchová věž bez výplně [11]

4.2.2 Lopatkové odlučovače

V polovině lopatkového odlučovače je umístěn talíř, na který je nastříkována kapalina odkud stéká na spodní věnec skloněných lopatek. Pomocí skloněných lopatek je kapalina rozptýlena do rotujícího znečištěného vzduchu. Rotace plynu je tangenciální, což je zapříčiněno tangenciálním vstupem a spodním věncem lopatek. K odloučení kapek kapaliny od vzduchu je v horní části umístěn další věnec se skloněnými lopatkami. Tento typ odlučovače slouží k odloučení částic o velikosti 3 až 5 μm . [11]



Obr. 9 Lopatkový odlučovač [11]

4.2.3 Pěnové odlučovače

Mezi výhody pěnových odlučovačů je kromě odprášení vzduchu také jejich ochlazení a absorpce znečišťujících plynných složek. Zařízení jsou konstruovány jako čtvercové nebo kruhové kolony, které obsahují 2 nebo 3 patra. Patro je poté tvořeno perforovaným plechem s otvory dosahující průměrů 5–7 mm, nebo roštem se štěrbinami o stejné šíři. Skrápěcí kapalinou může být voda, vodní suspenze nebo vodní roztoky, které jsou přiváděny na horní patro. Rovnoměrnou distribuci kapaliny zajišťuje rozváděcí přepadový žlab. Skrápěcí kapalina poté přetéká vždy na patro nižší. Po dosažení posledního patra je kapalina shromažďována na dně zařízení. Na jednotlivých patrech je vytvářena vrstva vodní tříště o výšce 15–20 cm, která vypadá jako pěna, do kapaliny však není přidáváno žádného pěnidla. Spotřeba vody bývá 0,2 – 0,4 litru na 1 m³ čištěného vzduchu. Díky pěnové vrstvě, která má velký mezifázový povrch, je velká pravděpodobnost střetu kapky s prachovou částicí, což je podmínkou jejího odloučení z proudu vzduchu. Díky velkému mezifázovému povrchu je taktéž zajištěno sdílení tepla mezi skrápěcí kapalinou a vzduchem a taky difusních procesů plynných složek ve skrápěcí kapalině. [11] [12]

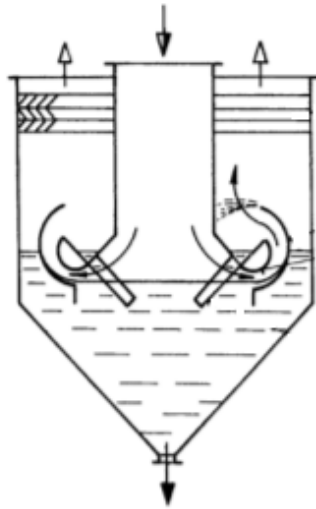


Obr. 10 Pěnový odlučovač [11]

4.2.4 Samorozstříkovací pračka

Do samorozstříkovací pračky je znečištěný vzduch přiváděn středovou trubicí a probublává kapalinou. Při probublávání vzduchu kapalinou vzniká pěna, ve které jsou zachytávány tuhé

částice. Účinnost zachycování částic od $2\ \mu\text{m}$ je přes 90 %. Tento typ pračky je účinnější než ejektorová pračka, ale méně účinnější než Venturiho pračka. [11]

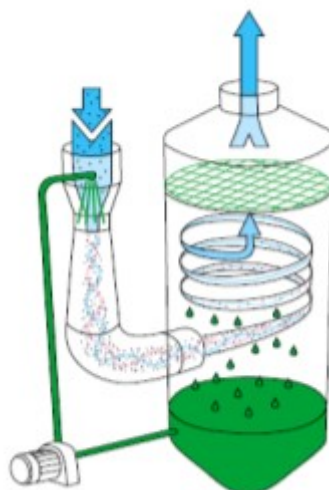


Obr. 11 Samorozstříkovací pračka [11]

4.2.5 Venturiho pračka

Vypírací kapalina je nastříknuta do proudu čistěného vzduchu. V něm je kapalina rozptýlena na jemné kapičky a tím dosaženo velké pravděpodobnosti kontaktu kapek s prachovými částicemi. Kapky kapaliny po nástřiku do proudového odlučovače větší, než jsou prachové částice obsažené v proudu znečištěného vzduchu. Vhodný průměr kapek pro odlučovací proces je $60\text{--}100\ \mu\text{m}$. Velikost je závislá na rychlosti proudění vzduchu a povrchovém napětí vypírací kapaliny. Při zvýšení rychlosti vzduchu klesá průměr kapek a naopak.

První fáze odlučovacího procesu probíhá v zúženém profilu proudového odlučovače, kde rychlost proudícího vzduchu nesoucího prachové částice je výrazně vyšší než rychlost kapiček nastříkované vypírací kapaliny. Kapky se opožďují za vzduchem nesoucím prachové částice, a tak dochází k vzájemnému narážení kapiček. Kapky získávají kinetickou energii v důsledku zrychlování vzduchu. V následující fázi odlučovacího procesu je v rozšiřujícím průřezu proudového odlučovače (difuzor) snižována rychlost vzduchu s prachem pod rychlost pohybu kapek kapaliny – kapky předbíhají vzduch nesoucí prach – rychlostní poměry jsou zde proti první fázi opačné, ale částice prachu s kapkami se opět srážejí. V poslední – třetí fázi jsou kapky vypírací kapaliny odděleny z proudu vzduchu. Odlučovač kapek funguje na principu cyklonu s využitím odstředivé síly. Odlučivost pro částice o velikosti $1\ \mu\text{m}$ přesahuje 99 %. [11] [12]



Obr. 12 Ejektorová pračka [11]

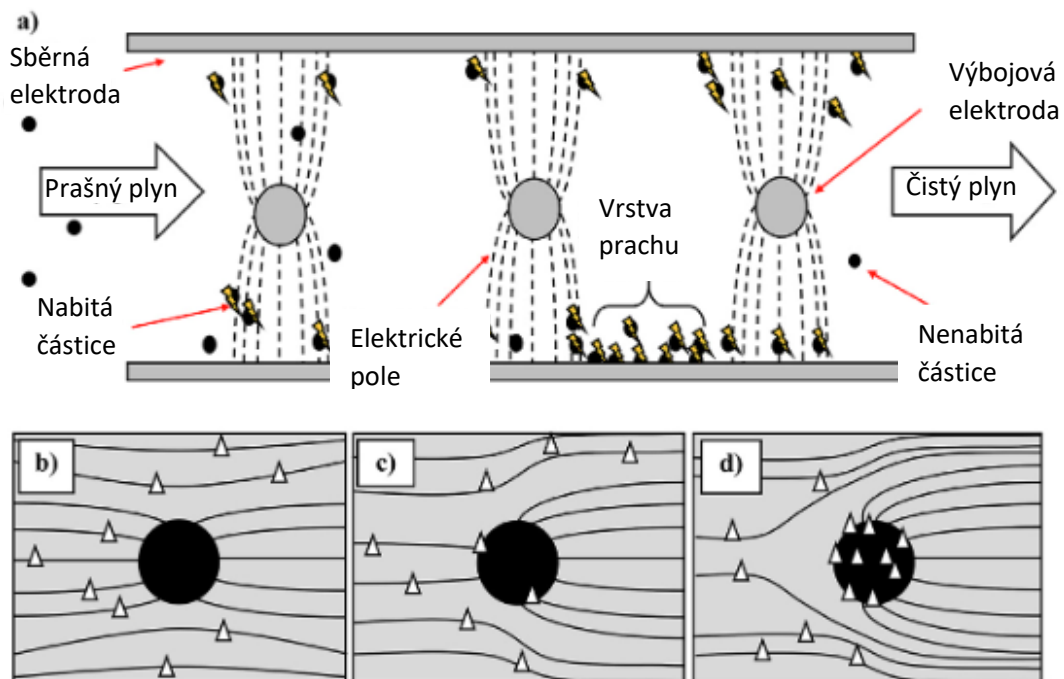
4.2.6 Ejektorová pračka

Ejektorová pračka pracuje na podobném principu jako Venturiho pračka. Rozdíl spočívá v trysce, do které je nastříkována vypírací kapalina, která následně strhává znečištěný vzduch. K oddělení kapaliny od vzduchu slouží separátor, přičemž kapalina je shromažďována v záchytné nádobě. Část zachycené kapaliny je vracena na nástřík ejektoru, cirkuluje však je částečně, jelikož část je odpouštěna jako suspenze prachu. Tato pračka je využívána spíše pro částice větších rozměrů tuhé látky. Odlučivost je u částic do 2 μm 90 %, u látek do 4 μm 99 %. Aby bylo dosaženo účinnosti podobné Venturiho pračkám, zařazují se dvě ejektorové pračky do série za sebou. [11] [12]



Obr. 13 Ejektorová pračka [11]

4.3 Elektrostatické odlučovače



Obr. 14 Schematický znázornění metody ESP [13]

a) ESP s drátovou deskou shora, b) neutralizovaná částice procházející elektrickým polem, c) částečně nabitá částice, d) částice s nasyceným nábojem, ionty (trojúhelníky) a nabitě částice (černé koule) se pohybují od vybíjecích elektrod (šedé koule) ke sběrným elektrodám (obdélníky) zleva doprava

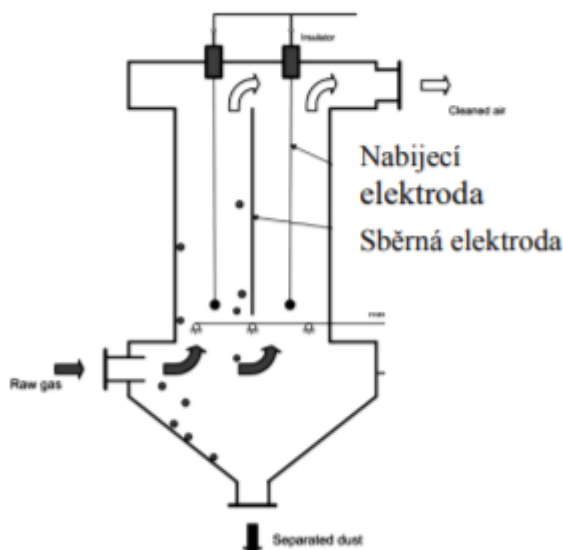
Na obrázku výše (Obr. 14 a) je možné vidět schéma týkající se teorie nabíjení a sběru částic pomocí elektrostatických odlučovačů. Na tomto obrázku je kanál tvořený dvěma paralelními elektrodami, s řadou vybíjecích elektrod ve střední rovině. Na obrázku (Obr. 14 b-d) jsou také znázorněny různé fáze nabíjení částic vlivem elektrického pole, od počátečního stavu (b), přes stav částečného nabití (c) až po stav nasycení nábojem (d). Při elektrostatickém srážení poskytuje rozdíl potenciálů mezi výbojovými elektrodami a elektrodami sběrnými dostatečně silné elektrické pole, které urychluje volné elektrony rozptýlené v proudu plynu. Tyto elektrony se poté srážejí s molekulami plynu, ionizují je a podporují lavinový ionizační jev, který je možno pozorovat jako záři v blízkosti výbojových elektrod, což charakterizuje koronový efekt. Ionty sledují čáry elektrického pole od výbojových elektrod (šedý kruh v průřezu) ke sběrným elektrodám (obdélníky), které jsou obecně uzemněné, jak je znázorněno na obrázku 14a). Částice (černé koule) s dostatečnou hmotností sledující proudnice proudu napájecího plynu případně protínají čáry elektrického pole, které se kolem nich soustřeďuje dle elektrické permitivity materiálu částic (Obr. 14b-d). Ionty, které následují čáry

elektrického pole se poté mohou s těmito částicemi srážet, což je fyzikální jev nazvaný nabíjení elektrickým polem. Při difuzním nabíjení částice Brownovským pohybem nenásleduje proudové čáry plynu a dochází ke srážce s ionty v důsledku jejich nahodilého pohybu. U obou jevů dochází k postupnému přenosu náboje z iontů na částice, a to až do bodu nasycení náboje, kdy mezi elektrickými náboji získanými částicemi a ionty v elektrických siločarách pole existují odpudivé síly (Obr. 14 d). Zejména u částic o velikosti v řádech nano mají ionty Boltzmanovo rozdělení rychlostí a klesá tak počet entit s dostatečnou kinetickou energií k překonání rostoucí odpudivé síly. Když je rovnováha mezi aerodynamickými a elektrickými silami nad částicí, představuje tento stav rovnovážnou rychlost nazvanou také jako rychlost migrační či driftová. Kromě toho jsou částice přitahovány ke sběrným elektrodám, kde získají náboj a pokud je doba setrvání dostatečně dlouhá, mohou být těmito elektrodami zachyceny v závislosti na účinnosti nabíjení. Elektrostatické a Van Der Waalovy síly působící na vrstvu prachu vytvořenou na těchto elektrodách poté shlukují částice, které musí být pravidelně odstraňovány ze sběrných elektrod, aby nedošlo ke kompromitaci dalšího provozu. [13]

4.3.1 Vertikální elektrostatický odlučovač

Tento typ odlučovače je tvořen usazovací elektrodou ve formě trubek kruhového nebo šestiúhelníkového průřezu o délce 2 až 5 m. Průměr dosahuje 30 cm, jehož středem prochází nabíjecí drátová elektroda. Znečištěný vzduch proudí zdola nahoru, přičemž prach je zachycován na sběrných elektrodách. V případě suchých elektrostatických odlučovačů je prach odstraňován mechanicky kladívkem, v případě mokrých je prach splachován nastříkovanou kapalinou.

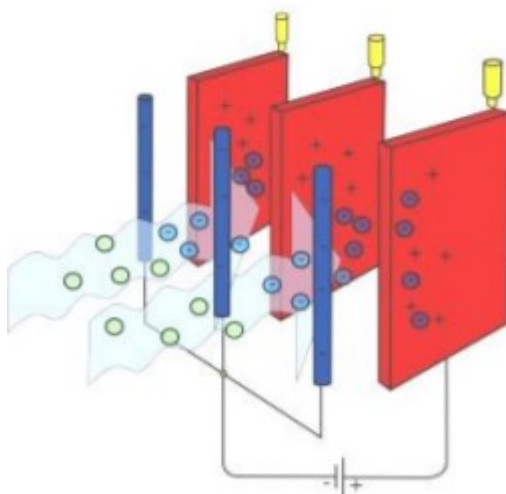
Mezi nevýhody patří fakt, že oklepávaný prach je částečně zachycován do vstupujícího znečištěného vzduchu. Tato nevýhoda zvyšuje zátěž tohoto typu zařízení a snižuje účinnost odloučení prachu. [11] [13]



Obr. 15 Vertikální elektrostatický odlučovač [11]

4.3.2 Horizontální komorový odlučovač

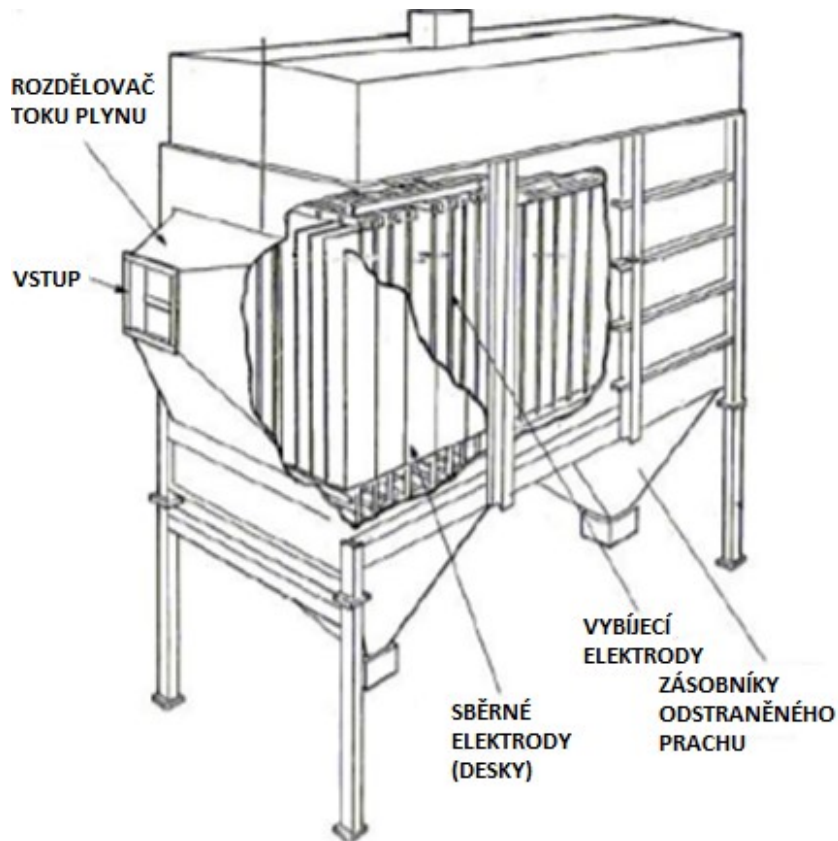
Oproti vertikálnímu odlučovači jsou zde vysokonapěťové usazovací elektrody tvořeny deskami. Středem mezi deskami prochází nabíjecí drátové elektrody. Znečištěný vzduch proudí ve většině případů horizontálně, přičemž zachycený prach je odstraňován stejně jako u vertikálního odlučovače. Výhodou tohoto typu odlučovače je částečné oddělení proudu vzduchu od směru pádu odloučeného prachu nebo kapek. Díky tomu je možno dosahovat vyšší odlučivosti a menšího měrného zatížení usazovacích elektrod.



Obr. 16 Uspořádání horizontálního odlučovače [11]

Horizontální odlučovače jsou nejčastěji využívány pro odloučení prachu z horkých průmyslových plynů dosahujících teploty 300 °C až 400 °C. Skříň komory je tvořena

rozšířeným kanálem obdélníkového průřezu. Nabíjecí drátové elektrody jsou zavěšeny na mřížích a napínány pomocí závaží. Odlučovače dosahují robustních rozměrů vzhledem k tomu, že skříň je vystavena podtlaku. Velkou zátěží je taktéž velká hmotnost elektroinstalace, systémů elektrod zatěžovaných usazovaným prachem, mechanismu oklepů a tepelnou izolací. Velké nároky jsou poté také na vzduchotěsnost a bezpečnost celého systému. [11] [13]



Obr. 17 Horizontální elektrostatický odlučovač [11]

5 FILTRAČNÍ MATERIÁLY

V dokonalém světě by oddělování znečišťujících látek bylo absolutní, kdy by neexistovala žádná kapaliny a v kapalině či plynu by nezůstávala žádná pevná látka. Rovněž by nebylo vyžadováno velkého úsilí na čištění kapalin a plynů. Ve světě reálném jsou však filtrační procesy do jisté míry nedokonalé a ve filtračním koláči (zachycení pevného podílu ze suspenze) se vyskytuje vlhkost a ve filtrátu pevné látky. [14]

Shrnutí škodlivých látek jak ve vnitřním, tak ve venkovním ovzduší a určení separátorů lze nalézt v Příloze I a II. [15]

Filtrační tkanina je nejdůležitější součástí filtrů. V počáteční fázi každého filtračního cyklu může hrát klíčovou roli v procesu filtrace. Mnoho filtračních procesů selhalo díky špatné volbě filtrační tkaniny, nebo nedostatečné údržbě filtrační tkaniny během provozu. Kromě toho, že je nejdůležitější jednotlivou součástí, je taktéž nejvíce zranitelnou součástí většiny filtračních zařízení – zbloudilý kousek od sváření, hrubé nebo ostré částice (ty mohou znamenat protržení filtrační tkaniny a tkaninu tak znehodnotit).

Filtrační tkaniny se vyskytují v celém spektru materiálu a technologií, jako je například technologie membrán, filtry z perforovaných nebo porézních materiálů nebo spékaného kovu. Pro filtraci vzduchu ve vnitřních prostorech výrobních hal je využíváno tkaných a netkaných filtračních tkanin z polymerních přízí.

V dnešní době existuje mnoho dodavatelů filtračních tkanin a z toho důvodu také existuje velké množství alternativ, ze kterých lze vybírat. Nalezení nejvhodnější tkaniny je často, stejně jako u mnoha dalších věcí souvisejících s filtrací otázkou informovaného výběru, pokusů a omylů. Technologie použitá při výrobě tkanin je velmi důležitá, vzhledem k tomu, že má přímý vliv na filtrační proces. V případě některých filtračních zařízení mohou být nároky na tkaninu (kromě filtrace) také mechanické povahy. [14] [15]

5.1 Rozdělení filtračních tkanin

Dle provedení průmyslových filtračních zařízení je možno základní filtrační patrony rozdělit do čtyřech skupin:

- patronové,
- hadicové,
- kapsové,

- kazetové.

Patronových filtrů je hojně využíváno při filtraci jemného prachu, vznikajícího při výrobních procesech jako je například svařování, broušení a obrábění. Hadicových filtrů je primárně využíváno pro filtraci částic o větších rozměrech. Příklad využití hadicových filtrů je dělení železných materiálů ve velkém objemu, kdy hadicový filtr slouží jako odsávání vzniklých třísek. Hadicové filtry je možno však využít k odsávání jemného prachu, kdy patronové filtry by tvořily velké stavební celky. V takových případech je nutno použít jemnější tkaniny. Filtry kapsové byly vyvinuty pro malé množství odsávaného vzduchu, kdy primárně slouží k odsávání znečištěného vzduchu v malých dílnách nebo jako lokální odsávání ve výrobních halách. Kazetové filtry slouží především k odsávání aerosolů. Rozdíl mezi těmito filtračními médii je v jejich regeneraci. V případě filtrů patronových a hadicových bývá zpravidla využito regenerace pomocí stlačeného vzduchu, kapsové filtry využívají regenerace mechanické nebo pomocí pneumatického pístu, u filtračních kazet je využíváno samodrenáže (odvodnění). [14]



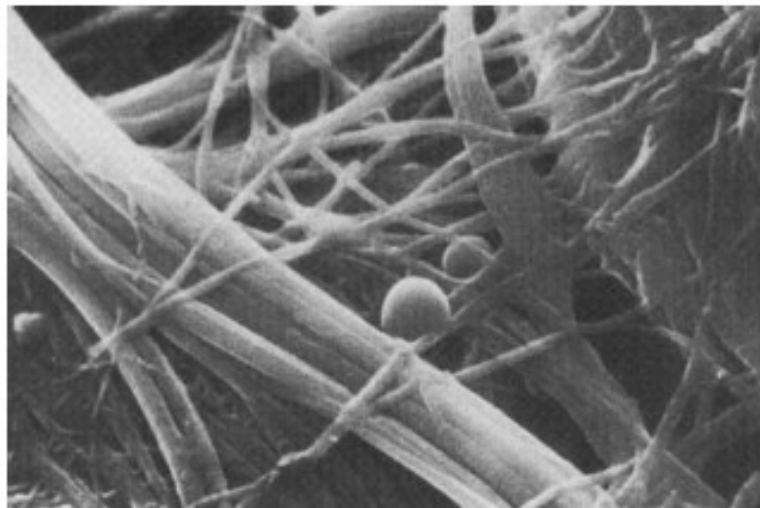
Obr. 18 Rozdělení filtračních tkanin [16,17,18,19]

a) filtrační patrona, b) filtrační hadice, c) filtrační kapsa, d) filtrační kazeta

5.2 Materiály filtračních tkanin

Filtrační textilie jsou vyráběny tkaním nebo vypichováním s následnou povrchovou úpravou (membrány PTFE, natavování pod infrazářičem, natavování plamenem, zažehlování). U volby filtrační textilie je zapotřebí sledovat základní hlediska jako jsou mechanické, tepelné, chemické a elektrické vlastnosti textilie, ale hlavně struktura filtrační vrstvy (průměry vláken, poréznost, tloušťka vrstvy a povrchová úprava).

Struktura filtrační vláknité vrstvy rozhoduje o odlučovacích schopnostech filtrační textilie. Odlučovací proces je složen ze tří fází. V první fázi je odlučováno částic na jednotlivých vláknech čelní částí filtrační vrstvy stejným principy jako u vzduchové filtrace (difuze, setrvačnost a intercepce). V druhé fázi se částice ve vrstvě převážně odlučují na již odloučených částicích za vzniku řetězců s plošnými shluky částic a dochází tak k přemostění vláken. V poslední fázi dochází k zaplnění póru čelní strany vrstvy a odloučené částice tak vytvářejí filtrační koláč na povrchu vrstvy ve tvaru odloučených částic, které tím dále působí jako porézní zrnitá vrstva pro odloučení dalších částic. Nárůst tlaku je přímo úměrný nárůstu tloušťky filtračního koláče. Růst tlaku je omezen určitou tlakovou ztrátou, kdy je nutno vrstvu částic odstranit. Odstranění vrstvy filtračního koláče je nazýváno regenerací filtračního materiálu. [7] [20]



Obr. 19 Jemná částice zachycená na vlákne [15]

Hlavním omezením filtračních materiálů je jejich teplotní a chemická odolnost. Teplotní odolnost materiálu je udávána jako trvalá nebo špičková (krátkodobá) odolnost. Chemická odolnost je udávána ve stupnici nabývajících hodnot 5–1, což závisí na úbytku pevnosti

v tahu filtrační textilie pro působení par příslušné látky nebo částic u abraze na textilií. Jednotlivé stupně odolností jsou následující:

- 5 – vynikající – úbytek pevnosti 0–5 %,
- 4 – velmi dobrá – úbytek pevnosti 5–10 %,
- 3 – dobrá – úbytek pevnosti 10–15 %,
- 2 – snížená – úbytek pevnosti 15–60 %,
- 1 – nedostačující – úbytek pevnosti je větší jak 60 %.

V Tab. 1 a Tab. 2 jsou uvedeny základní materiály pro výrobu filtračních textilií a jejich základní vlastnosti. [7] [20]

Tab. 1 Základní materiály filtračních textilií a jejich tepelná odolnost [7]

Materiál vláken / zkratka	Obchodní označení	Trvalá odolnost [°C]	Špičková odolnost [°C]
Polyamid / PAD	Nylon	90	120
Polypropylen / POP, PP	Meraklon	90	105
Polyakrylonitril / PAN, PAC	Dolanit, Ricem	130	135
Polyester / PES	Trevira, Diolen	140–150	160
	Terylen, Dacron		
Aramid / AR	Nomex, Cone	190–200	200–240
Polyfenylen – sulfid / PPS	Ryton, Procon	180–200	200–230
Polyimid / PI	P 84	260, za vlhka jen 195	260–300
Polytetrafluorethylen / PTFE	Teflon, Rastex	260	290
Sklo (tkaniny) / GL	Fiberglass	260	290
	Huyglass		

Tab. 2 Chemická odolnost filtračních materiálů [7]

Odolnost proti	Materiál vláken						
	PES	POP	PAN	Nomex	P 84	Ryton	Teflon
Kyselinám	cca 2	5	3-4	2-3	4-5	4-5	5
Zásadám	2-3	5	cca 2	3-4	2-3	4	5
Organ. rozp.	cca 3	4-5	4	3-4	5	3-4	5
Oxid. Činidlům	cca 4	2	3	1-2	4-5	3	5
Hydrolýze	cca 2	4	4-5	3	4	4-5	5
Abrazi	5	5	4	cca 4	-	4	cca 2
přibližná cenová relace	100 %	cca 100 %	cca 100 %	až 400 %	až 700 %	až 600 %	až 2000 %

Z tabulek je možno vyčíst, že základní levné materiály jako jsou PES, POP a PAN mají omezenou teplotní odolnost, a tudíž je nelze využít pro spalovací procesy, kdy je nutno uvažovat teplotu kolem 180 °C. Pro teploty vyšší je tedy zapotřebí volit materiálů jako je Nomex, P 84, Ryton nebo tkaniny ze skelných vláken. [7]

5.3 Ukázka úprav filtrační patrony

Pro názorný příklad úprav filtračních patron bylo zvoleno filtrační patrony firmy Kayser filtertech – fibretex®. Toto filtrační medium je určeno pro filtraci plynů v průmyslových odvětví.

Tab. 3 Úprava filtrační patrony Fibretex [21]

Mechanicko fyzikální úpravy pro Fibretex	
Opálení funkční strany	
Zahlazení funkční strany	
Opálení oboustranné	
Kalandrace funkční strany	
Chemické úpravy pro fibretex	
Typ operace	Popis
Impregnace B1	hydrofobní a antiadhezivní úprava, úprava podporující regeneraci
Impregnace B2	hydrofobní a antiadhezivní úprava, úprava podporující regeneraci
Impregnace B3	oleofobní + hydrofobní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava zvyšující chemickou odolnost
Impregnace B4	oleofobní + hydrofobní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava zvyšující chemickou odolnost proti kyselinám a hydrolýze
Impregnace B5	oleofobní + hydrofobní úprava, antiadhezivní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava zvyšující chemickou odolnost proti kyselinám a hydrolýze
Mikroporézní nános C1	oleofobní + hydrofobní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava podporující povrchovou filtraci, úprava zvyšující filtrační výkon, úprava zvyšující chemickou odolnost proti kyselinám a hydrolýze
Mikroporézní nános C2	oleofobní + hydrofobní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava podporující povrchovou filtraci, úprava zvyšující filtrační výkon, úprava zvyšující chemickou odolnost proti kyselinám a hydrolýze
Mikroporézní nános C3	speciální úprava zvyšující odolnost proti propálené jiskrou, oleofobní + hydrofobní úprava, úprava podporující regeneraci, úprava podporující povrchovou filtraci, úprava zvyšující filtrační výkon, úprava zvyšující chemickou odolnost

6 TUKY

Tuky jsou látky živočišného původu tvořeny trojsytným alkohol glycerolem, na kterém jsou vázány tři esterové kyseliny, nazývané mastné kyseliny. Tuky jsou nerozpustné ve vodě, na dotek jsou mastné či olejovité. Jsou pevné při běžných teplotách (např. 25 °C), ale při vyšších teplotách začínají zkapalňovat. [22][23]

Základní dělení tuků dle konzistence je následující:

- Oleje – kapalné, vysychavé (lněný olej), polovysychavé (slunečnicový olej), nevysychavé (olivový olej),
- tuky – plastické, kašovitě (sádlo),
- vosky – tvrdé, nemastící (včelí vosk, parafin). [24]

Tuky je možno dále dělit dle původu nebo skupenství.

Dělení tuků dle původu:

- rostlinné – vznik v rostlinách přeměnou sacharidů, kde se ukládají hlavně v plodech a semenech – konopný olej, slunečnicový olej, lněný olej,
- živočišné – tuk vznikající v organismu živočichů ze sacharidů, tuků a bílkovin přijímaných v potravě – sádlo, rybí tuk, hovězí lůj.

Dělení tuků dle skupenství:

- pevné tuky – estery karboxylových kyselin s jednoduchými vazbami (palmovitá, stearová) – máslo, sádlo, lůj, kokosový tuk,
- kapalné oleje – estery karboxylových kyselin s dvojnou vazbou (olejová) – rostlinné oleje, rybí tuk.

Vlastnosti tuků:

- snadný rozklad na vzduchu – žluknutí tuků, kdy se mění na nepoživatelné,
- nerozpustné ve vodě, rozpustné v organických rozpouštědlech (lích, benzín),
- nízká teplota tání,
- páchnoucí látky. [25] [26]

6.1 Maziva

Mazivo může být látka jakéhokoliv skupenství. Primárním úkolem využití maziv je snížení tření v místech dotyku dvou těles v relativním pohybu. Na mazivo je však kladeno celé řady vedlejších požadavků. Mezi tyto požadavky patří například snížen opotřebené, zabezpečení odvodu tepla, zbavené třecí plochy nečistot, ochrana kovové plochy před korozi a dotěšňování mazaných ploch.

Maziva je možno rozdělit dle druhů, vlastností a dle schopnosti vykonávat potřebnou funkci. Skupenství maziv jsou následující:

- tekutá maziva (mazací oleje, obráběcí kapaliny),
- plastická maziva (mazací tuky),
- pevná maziva (grafit, MoS₂),
- plynná maziva (vzduch).

Z hlediska působení jsou maziva vystavována především následujícím vlivům:

- mechanickému namáhání (tlak a napětí na mazaném místě),
- teplotnímu namáhání – přívod nebo odvod tepla,
- chemickému namáhání – styk s dalšími látkami – plyny, palivy, povrchy mazaných ploch, těsněním. Ve velké míře jsou vystaveny prostředí, ve kterém pracují. [27]

6.2 Obráběcí kapaliny

Obráběcí kapaliny, nazývané také procesní kapaliny jsou velmi potřebným elementem při obrábění kovů nebo řezání dřeva. Tyto kapaliny podporují chladicí a mazací efekt a tím pádem i odvod tepla z místa řezu a snížení třecího odporu, což má za následek větší životnost stroje a zlepšení kvality obráběného povrchu. Kapaliny nesmí být zdravotně závadné a korozivní. Při volbě kapaliny je nutno brát v potaz typ operace a zpracovávaný materiál. Zdravotní nezávadnost kapaliny musí kromě zajištění zdravotní nezávadnosti vůči lidem, co s nimi pracují také zajistit nezávadnost v případě havárie a úniku mimo výrobní prostory. Obráběcí kapaliny jsou rozděleny do následujících skupin:

- řezné oleje,
- kalící oleje,

- kapaliny rozpustné ve vodě,
- oleje pro elektrojiskrové obrábění,
- oleje pro obráběcí stroje,
- oleje pro tvářeni,
- prostředky ochrany pro korozi. [28]

6.3 Olejová mlha

Negativním efektem při využití obráběcí kapaliny je vznik olejové mlhy. Olejová mlha vzniká interakcí kapaliny s pohybujícími se částmi. Kapalina při zásahu s rychle se pohybující částí zařízení nebo obrotu je odvržena a rozptýlena ve formě jemných kapiček.

Tvorba olejové mlhy závisí na:

- výši rychlosti nástroje – vyšší rychlost = vznik většího množství mlhy,
- objem, rychlost a místo dodávky kapaliny k břítu.

Olejová mlha může způsobit vážné zdravotní komplikace obsluhy a snížit bezpečnost pracovních zařízení. Ohrožení olejovou mlhou lze shrnout do následujících bodů:

- nezvratné poškození zdraví zaměstnanců,
- podráždění očí, kůže, hrdla a plic,
- nebezpečné situace na pracovišti – nebezpečí uklouznutí,
- poškození strojního zařízení – rez/koroze,
- vysoké náklady na údržbu – lepidlost,
- hygienické problémy – růst plísní a bakterií,
- požár – nedostatečná údržba. [29]



Obr. 20 Olejová mlha [29]

6.3.1 Kouř z chladící kapaliny

U kovoobrábění se kapaliny může příliš ohřát tak, že se začne pálit a rozkládat. Při obrábění kovových dílů, při nichž mohou vznikat vysoké teploty (broušení), je možno pozorovat viditelný kouř z kapaliny. [29]

6.3.2 Výpary/plynné fáze

Plynný stav jakékoliv kapaliny vzniká opuštěním jejích molekul (odpařením z jejího povrchu). Odpařování nabývá vyšších hodnot s nízkým bodem varu kapaliny a zvýšením její teploty. Odpařování emulzí založených na vodní bázi může zvyšovat vlhkost v prostoru pracoviště. [29]

7 FILTRACE OLEJOVÝCH A EMULZNÍCH MLHOVIN

Tvorbě emulzního a olejového aerosolu začala být věnována pozornost teprve v 70. a 80. letech, kdy docházelo k osazování strojů vysokootáčkovými vřeteny, chladicími systémy s vyššími tlaky a také s nástup nástrojů s vnitřním chlazením. To mělo jako první za následek plné krytování obráběcích strojů a následně nutnost odsávání a filtrace vzniklých vnitřních prostor obráběcích strojů tak, aby vzniklý aerosol neohrozil bezpečnost jak stroje, tak i obsluhujícího pracovníka.

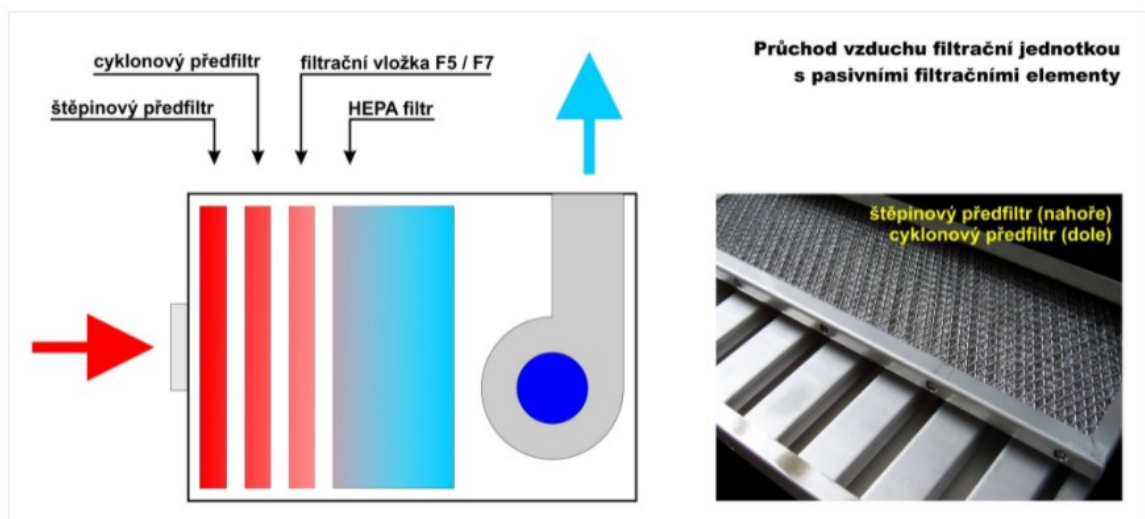
Jako první bylo využíváno filtračních zařízení, které se používaly k filtraci prachu a jiných látek. S rostoucími požadavky se objevily další principy – především dnes nejrozšířenější dynamické separátory a filtrační kazety s aktivními kazetami. [29]

7.1 Filtrační systémy s pasivními filtračními elementy

Tyto systémy jsou složeny z různých filtračních elementů, kterými znečištěný vzduch postupně prochází. Některé stupně mohou být omyvatelné.

První stupeň je tvořen hrubými předfiltry, které slouží k zachycení částic o největší velikosti. Naopak poslední stupeň je tvořen HEPA filtrem, který je určen k zachycení nejmenších částic. Slovo HEPA vzniklo jako zkratka anglického High efficiency Particulate Air filter a jedná se o filtr s vysokou účinností, který v systému bývá zařazen jako poslední stupeň filtrace. U těchto systémů je značná nevýhoda tvořená citlivostí obsluhy, kdy se filtrační zařízení postupně zanáší, klesá jeho propustnost a roste sací odpor. Sací odpor může dosáhnout hodnot, které nebude schopný překonat ventilátor. Obsluha tudíž musí filtrační zařízení vyčistit, nebo vyměnit filtrační elementy a vyhnout se tak odstavení či zničení zařízení.

Pořizovací náklady pro tyto zařízení jsou nízké, přičemž jsou však vysoké provozní náklady. Provozní náklady rostou s náročností odsávané vzdušiny – čím více vzdušina obsahuje submikronových částic, tím jsou náklady vyšší. [30]



Obr. 21 Filtrační systém s pasivními filtračními elementy [30]

K odlučování olejové mlhy je taktéž využíváno elektrostatických odlučovačů a odstředivých odlučovačů, které byly popsány v kapitolách 4.1.3 a 4.3.

8 LEGISLATIVA V PRŮMYSLOVÉ VZDUCHOTECHNICE

Nejnovější legislativa v průmyslové vzduchotechnice udává požadavky na větrání a vytápění s možností regulace teploty pro obytné místnosti. V případě větrání je dáno minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu na osobu, nebo minimální intenzita větrání. Ukazatelem kvality vnitřního prostředí je v tomto případě oxid uhličitý CO₂. [31]

8.1 Vyhláška č. 20/2012 Sb. – množství vzduchu

Tato vyhláška nahrazuje starší vyhlášku č.268/2009 Sb. Tyto vyhlášky stanovují technické požadavky na stavby budov.

Tato vyhláška stanovuje následující body:

- v obytných prostorech musí být zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty.
- Při větrání obytných prostor musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 20 m³/h/osoba, nebo minimální intenzita větrání 0,5 l/h.
- Ukazatelem kvality vnitřního prostředí je oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm. [31]

8.2 Nařízení vlády č.361/2007 Sb. – podmínky ochrany zdraví při práci

Toto nařízení stanoví hodnoty teploty, vlhkosti, rychlosti proudění, koncentrace, dávky čerstvého vzduchu. Dle těchto aspektů lze rozlišit následujících tříd prací:

Tab. 4 Rozdělení tříd práce [32]

Třída práce	Druh práce
I	Práce v sedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce – kontrolní činnost v dozornách a velínech, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných předmětů.
IIa	Práce převážně v sedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla a některých drážních vozidel, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní.
IIb	Řízení nákladních vozidel, převažující práce ve stoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou, práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou spojená s přenášením břemen do 10 kg – prodavači, lakýrníci, mechanici, zdravotní sestry.
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, občas v předklonu nebo v kleče, chůze – údržba strojů, práce s občasným přenášením břemen do 15 kg
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze – příprava forem na 15 až 50 kg odlitky obsluha válcovacích tratí
IVa	Práce spojená s rozsáhlou činností svalstva, trupu, horních i dolních končetin – přenášení břemen o váze 25 kg, práce se sbíječkou
IVb	Práce spojená s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva, trupu, horních i dolních končetin – ražba, těžba, strojní kování větších kusů
V	Práce spojená s rozsáhlou a intenzivní činností svalstva, trupu, horních i dolních končetin – těžba dřeva sekerou, kování velkých kusů

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště musí být:

- a) 25 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci zařazenou do třídy I nebo IIa bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění

- b) 50 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci zařazenou do třídy I nebo IIa s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění
- c) 70 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci zařazenou do třídy IIb, IIIa nebo IIIb
- d) 90 m³/h na jednoho zaměstnance, který vykonává práci zařazenou do třídy IVa, IVb nebo V

Minimální množství venkovního vzduchu je nutno navýšit při další zátěži větraného prostoru pracoviště, například teplem nebo pachy. V těchto případech je zvyšováno množství přiváděného venkovního vzduchu o 10 m³/h podle počtu zaměstnanců. [31] [32]

8.3 ČSN EN13779 Větrání nebytových budov – základní požadavky na větrací systémy

Tato norma platí pro navrhování a provádění větracích a klimatizačních systémů nebytových objektů, které však slouží k pobytu osob.

8.3.1 Provedení jednotek dle ČSN EN 1886

- Mechanická pevnost skříně i rámu se posuzuje podle průhybu při definovaném přetlaku v jednotce

Jsou rozeznávány tři třídy mechanické pevnosti:

- třída D1 (maximální průhyb 1–4 mm/m²),
 - třída D2 (maximální průhyb 4–10 mm/m²),
 - třída D3 (maximální průhyb > 10 mm/m²).
- Netěsnost jednotky je posuzována podle úniku vzduchu při definovaném tlakovém rozdílu a je rozlišování třech tříd:
 - L1 s nejmenšími netěsnostmi a L3 s nejvyšším únikem
 - Požární odolnost vzduchotechnických jednotek požaduje, aby jednotlivé součásti byly vyrobeny z nehořlavých materiálů. Z nesnadno hořlavých materiálů může být vzduchotechnická jednotka vyrobena pouze v případech, kdy je oddělena od potrubní sítě požárními klapkami. [31]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro tuto diplomovou práci bylo stanoveno následujících cílů:

- vypracování literární studie na dané téma,
- provedené průzkumu trhu s ohledem na požadavky zařízení
- návrh koncepce filtračního zařízení formou 3D modelu,
- vypracování technické dokumentace včetně položkového rozpočtu,
- realizace výroby funkčního prototypu.

Pro hlubší pochopení byl čtenář v teoretické části seznámen s oborem průmyslové vzduchotechniky. Bylo taky popsáno základních principů filtrace vzduchu a konkrétně odlučování znečišťujících látek. Vzhledem k tomu, že cílem této diplomové práce je návrh a výroba filtračního zařízení, bylo popsáno taky tuků jako takových, problematiky vzniku olejové mlhy, následcích její přítomnosti a základy její eliminace. Jako poslední bylo popsáno neopomenutelné části, kterou se průmyslová vzduchotechnika musí řídit a to legislativou.

Na teoretickou část navazuje praktická část, která se zabývá uvedenými body.

10 PRŮZKUM TRHU

Pro zjištění, zda bude mít zařízení smysl vývoje a výroby, je nutno provést průzkum trhu a nalézt výrobce, které podobné zařízení nabízejí

10.1 Odlučovač olejové mlhy COALFILTER

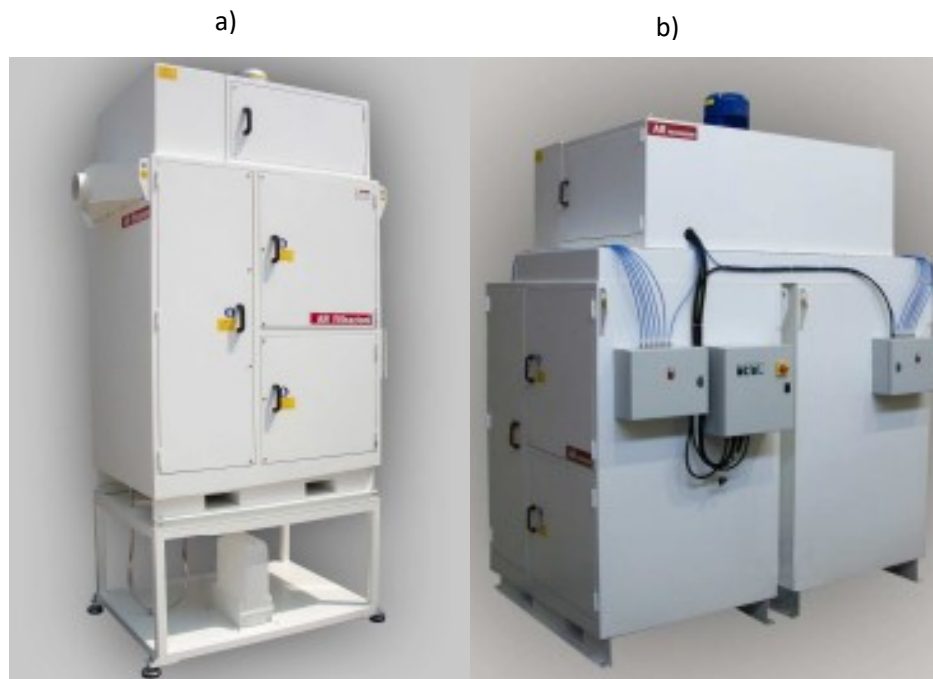
Zařízení COALFILTER je vhodné k odsávání a čištění olejové mlhy vznikající při obrábění. Filtrace částic o různých velikostech je zajištěna pomocí vyměnitelných filtračních vložek, které mohou mít různý stupeň filtrace. Díky modularitě je pak zařízení vybaveno filtračními vložkami stupněm High (filtr EPA) nebo Highest (filtr HEPA) s účinností filtrace testované s evropskou normou EN 1822. Kromě filtračních vložek je zařízení doplněno o systém předfiltrace, motorem s nízkou spotřebou elektrické energie, elektrickým ovládacím panelem a měřidlem sloužícím ke sledování stavu filtračních vložek. [33]

Distribuci tohoto zařízení pro český trh zajišťuje firma Hennlich TECH s.r.o.

Technická specifikace je uvedena v následující tabulce.

Tab. 5 Technické údaje zařízení COALFILTER [33]

Technické údaje zařízení COALFILTER		
	Modely	
	4C56	8C56
Maximální průtok vzduchu [m³/h]	5000	10 000
Příkon [kW]	4 ÷ 5,5	7,5 ÷ 11
Hladina hluku [dB]	78	80



Obr. 22 Filtrační zařízení COAL Filter [33]

a) Model 4C56, b) Model 8C56

10.2 Odlučovače olejové mlhy G&G Filtration

Širší nabídku zařízení nabízí firma G&G Filtration, která nabízí jak mechanické odlučovače, tak elektrozařízení jsou dodávány v systému Plug & Go, což znamená, že koncový uživatel připojí k zařízení potrubní síť a zapojí elektrickou přípojku. Odloučený aerosol je vrácen odtokovou hadicí zpět do obráběcího stroje. Tato zařízení jsou nejvíce využívána k odsávání aerosolů od CNC obráběcích strojů a brusek. [34]

Technické údaje filtračních zařízení firmy G&G Filtration jsou v následující tabulce

Tab. 6 Technické údaje zařízení G&G Filtration [34]

Technické údaje zařízení G&G filtration			
	Modely		
	Beta S 800	Beta M 1400	Gama XL 3000
Maximální průtok vzduchu [m³/h]	800	1 400	3 000
Regulace výkonu	dvoustupňová	dvoustupňová	potenciometrem
Příkon [W]	270/350	440/507	2 500
Napětí [V/Hz]	400/50	400/50	400/50



Obr. 23 Zařízení G&G Filtration – Beta S 800 [34]

10.3 Vzduchotechnik Chrastava

Firma Vzduchotechnik Chrastava nabízí pro odsávání olejové mlhy dvě zařízení:

- POC – JET – zařízení obsahují speciální filtrační patrony pro mlhy z minerálních olejů,
- POC – OM – zařízení k odsávání aerosolů.

Primárním rozdílem mezi jednotlivými zařízeními je ve filtračních médiích. Zatím co zařízení POC – JET je osazeno filtračními patronami, tak zařízení POC – OM je osazeno filtračními taškami. Velkou výhodou obou zařízení je jejich možná kombinace do větších celků a rozšíření množství odsávaného vzduchu. [35]



Obr. 24 Filtrační zařízení POC – JET [35]

Pro praktickou část diplomové práce jsou uvedeny technické parametry zařízení POC – OM v následující tabulce. Zařízení POC – JET bylo vypuštěné, vzhledem k tomu, že u návrhu filtračního zařízení bude využito filtračních kazet, které jsou svými vlastnostmi podobné spíše filtračním taškám než filtračním patronám.

Tab. 7 Technické údaje zařízení POC – OM [35]

Provedení odsavače	POC 6	POC 9
Objemový průtok vzduchu [m³/hod]	600	900
Výkon [kW]	0,55	0,7
Hladina hluku [dB]	62	65



Obr. 25 Filtrační zařízení POC – OM [35]

10.4 Nederman

Firma Nederman je jednou z firem s nejširší nabídkou zařízení pro celé spektrum odsávání znečištěného vzduchu. Pro odsávání olejové mlhy nabízí zařízení se stavebnicovým způsobem vhodné k uspořádání podle množství odsávaného vzduchu. Řada těchto zařízení se nazývá olej OMF/OSF.

Jako přímého konkurenta lze označit zařízení typu OSF 1000 FC. Toto zařízení obsahuje tři filtrační fáze. První dvě etapy jsou tvořeny filtračními kazetami. Třetí stupeň filtrace je tvořen HEPA filtrem ve třídě filtrace H13, které disponuje svou účinností, která dosahuje 99,95 %. Technické parametry tohoto zařízení jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 8 Technické údaje zařízení Nederman OSF 1000 FC [36]

Technické údaje zařízení OSF 1000 FC	
Maximální průtok vzduchu [m ³ /h]	1000
Metoda čištění filtru	Samovypouštěcí
Instalace	Vnitřní
Výkon [kW]	1,1
Hladina hluku [dB]	65



Obr. 26 Zařízení Nederman OSF 1000 FC [36]

10.5 Závěr průzkumu trhu

Do průzkumu trhu byly zařazeny firmy, které dlouhodobě působí jako přímá konkurence firmě zabývající se vzduchotechnikou, kde zařízení na odsávání olejové mlhy bude vznikat. Cílem koncepce zařízení je splnit požadavky na množství odsávaného vzduchu, kompaktní rozměry a primárně cenu. Často se v odvětví průmyslové vzduchotechniky stává, že zařízení na úkor ceny neplní funkci, kterou by mělo. V rámci této diplomové práce tak bylo navrženo zařízení nové, funkčně spolehlivé a cenově lépe dostupné. Kromě těchto faktů je také ve výsledku snížit náklady na servis zařízení. V dnešní době je běžné, že konkurenční firma servisuje zařízení firmě druhé. Cílem návrhu zařízení tudíž bude navrhnout mechanismus, který umožní výměnu filtračních kazet, co v nejrychlejší době a konkurenční firma tedy nebude vyhledávat servisování tohoto zařízení. Často je možné se v praxi setkat, že zařízení je nutno mechanicky zapnout, proto bude při zapojení řídicí jednotky kladen důraz na automatické sepnutí filtračního zařízení při spuštění obráběcího centra. Ventilátory k filtračním zařízením prošly taktéž vývojem a k ventilátoru je možno dostání dálkového ovladače, a z toho důvodu bude navrhnout ventilátor, který disponuje dálkovým ovládním. Těmto aspektům bude přizpůsoben i konstrukční návrh zařízení. Konstrukční návrh lze nalézt v následující kapitole.

11 NÁVRH KONCEPCE FILTRAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

Pro návrh koncepce filtračního zařízení bylo využito programu Catia V5 R20.

Modulu Generative Sheetmetal Design byl využit při tvorbě ohybů a plechových rozvinů. Nevýhodou tohoto modulu je fakt, že programu chybí nástroj pro kontrolu kolizních stavů.

Modul Assembly Design umožňuje tvorbu sestav s využitím knihovny normálií. V tomto modulu proběhla tvorba sestav filtračního zařízení.

Jako finálního modulu, a to modulu Drafting bylo využito k tvorbě výkresové dokumentace. Výkresy byly uloženy i jako formát dxf, který sloužil k přenesení tvarů na laserové dělicí zařízení.

Materiál zařízení musí být svařitelný, tudíž byl navrženo nejběžnější oceli ke sváření a to 11 373. Zařízení musí mít výkon splňující průtok vzduchu 2 000 m³/h. Tato jednotka je zvolena z toho důvodu, jelikož je počítáno průměrného prostoru obráběcího centra a potrubní sítě.

Jako hlavní vstupní údaj pro návrh filtračního zařízení bylo nejdůležitější zadání tvaru a rozměrů filtračních vložek. Po zadání rozměrů a tvaru filtračních vložek byl proveden návrh filtračního zařízení, který bude tvořit stavebnicový typ filtračního zařízení z jednotlivých boxů. Stavebnicový typ z toho důvodu, aby bylo možné volit jednotlivé boxy dle požadavků dané technologie a dle požadavků zákazníka.

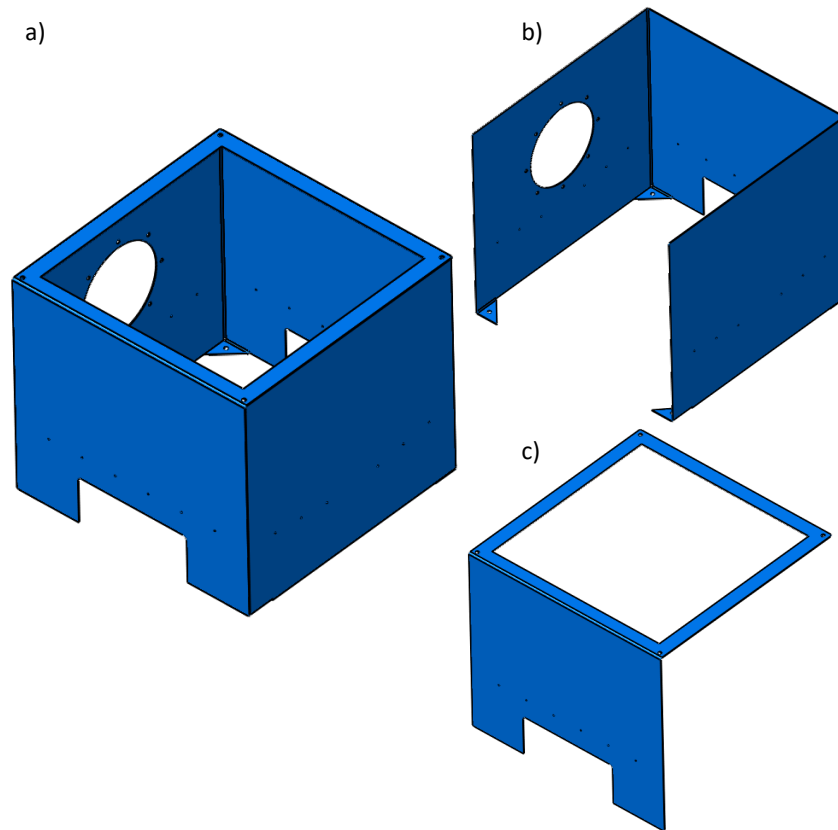
Dalším aspektem návrhu filtračního zařízení jsou jeho přijatelné rozměry, tak aby zařízení ve výrobních prostorech nebylo příliš velké a aby nezabíralo velké množství prostoru. Proto je zařízení navrhnut co nejpřesněji na rozměr filtračních kazet.

Zařízení bude navrhováno primárně jako stacionární zařízení, vzhledem k tomu, že na určené množství objemového průtoku vzduchu filtračními kazetami bude dosahováno větších rozměrů zařízení. Z toho důvodu bude zvoleno stabilizačních noh, a ne transportních koleček. Tento fakt se projeví i do hmotnosti zařízení.

Po prvních návrzích, bylo nutno konzultovat vyrobiteľnosť zařízení u firem, které disponují laserem sloužícím k řezání plechu a ohraňovacím lisem. Na základě těchto konzultací byly boxy rozděleny na 2 ks plechů do tvaru U. Hlavním důvodem rozdělení byly příliš velké rozměry rozvinutých tvarů plechů.

11.1 Základní – stavební box

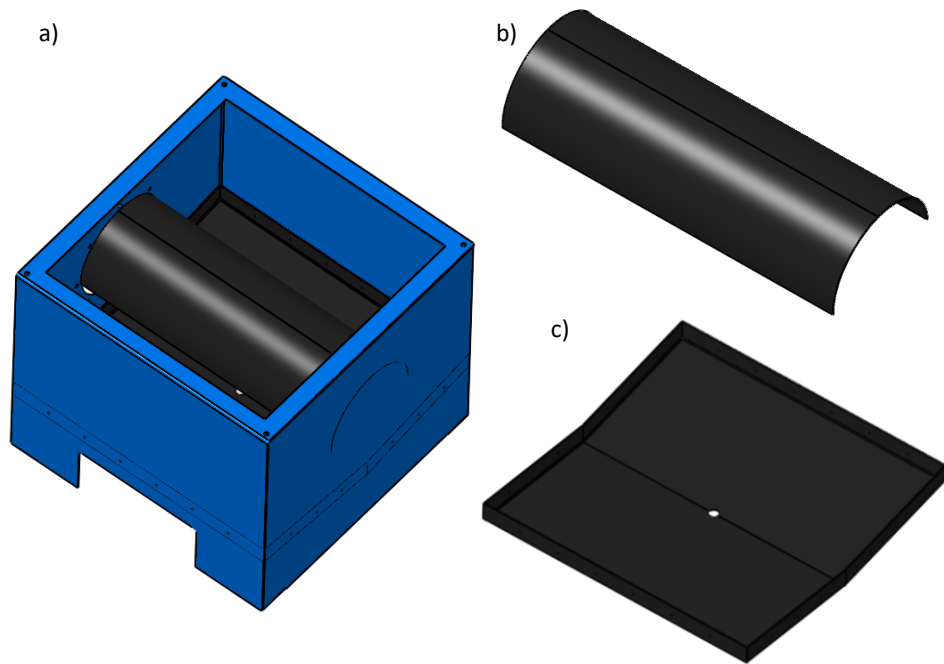
Zařízení je vyrobeno ze základního boxu, který bude sloužit jako podstava pro celé zařízení. Tento modul bude složen ze dvou ohýbaných plechů, které budou k sobě svařeny pomocí svářečky s CO₂ plynem. Svary byly začištěny.



Obr. 27 Základní box filtračního zařízení

a) kompletně svařený box; b) stěny boxu; c) průchozí část

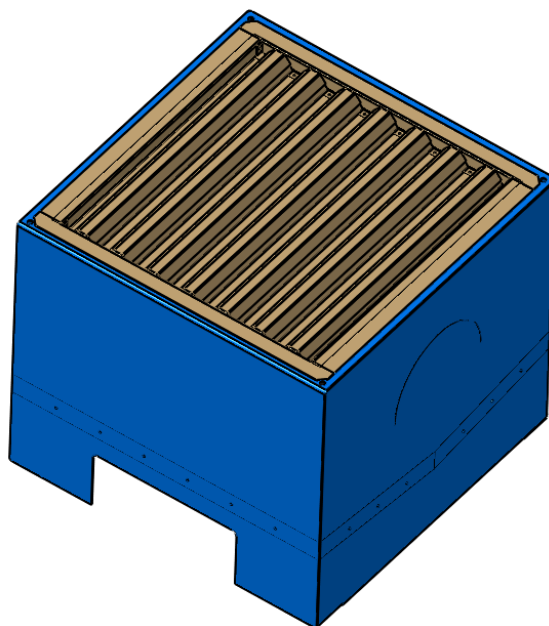
Takto připravený box bude doplněn o difuzor a záchytnou vanu na olej. Jak difuzor, tak záchytná vana bude taky zhotovena z ohýbaného plechu. Difuzor bude mít za úkol srážet hrubé částice a záchytná vana je vytvarovaná do tvaru V, odkud sražené voda a částice budou odtékat do odpadní nádrže.



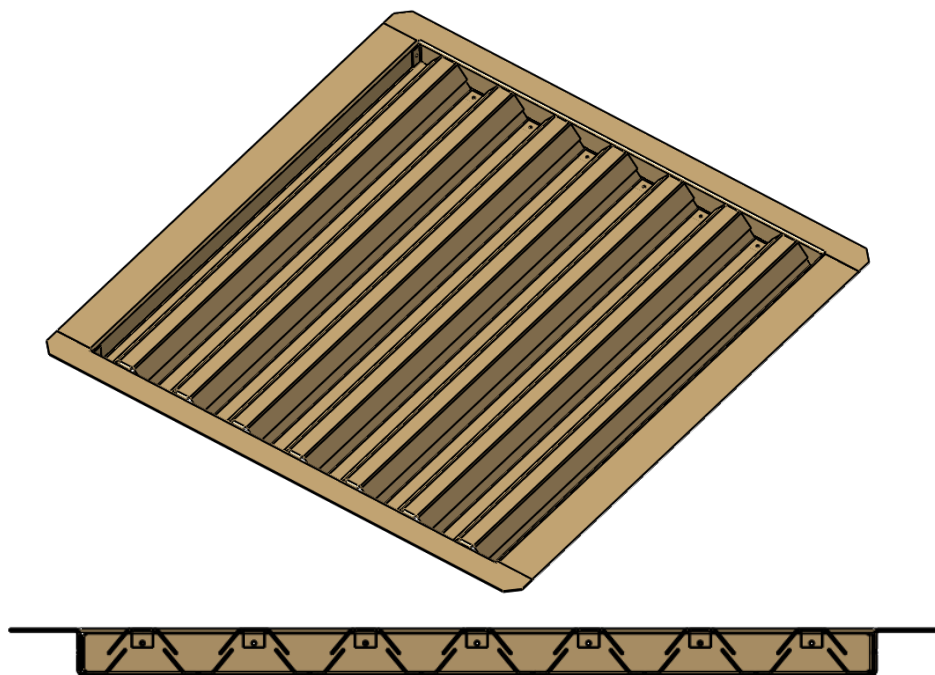
Obr. 28 Sestava základního boxu

a) kompletně svařený box; b) difuzor; c) odpadní vana

Poslední část stavebního boxu bude tvořit lamelový filtr, který bude sloužit jako odlučovač středně velkých částic. Je to jeden z posledních stupňů hrubé filtrace před vstupem do filtračních vložek. Kvůli zmíněné regeneraci filtrační vložky samodrenáží je vhodné, aby do filtrační vložky doputovalo co nejmenší množství částic na vodní bázi.



Obr. 29 Výstup ze základního boxu filtračního zařízení doplněn o lamelový filtr

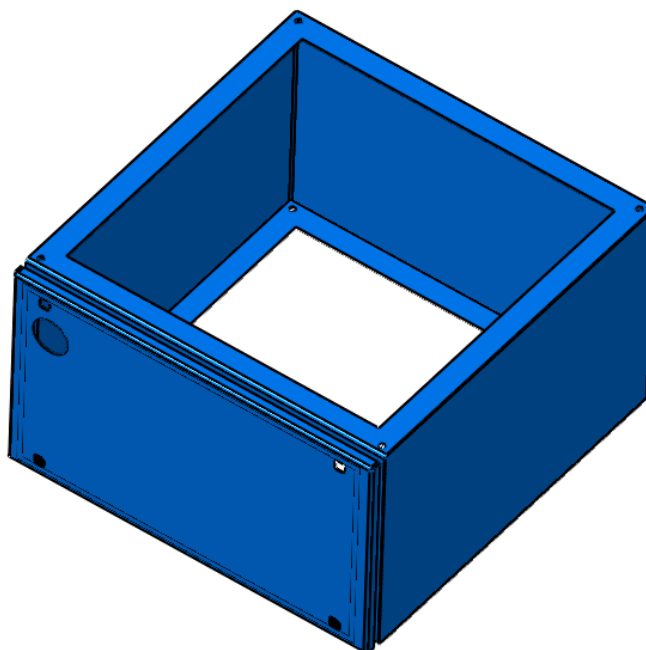


Obr. 30 Lamelový Filtr

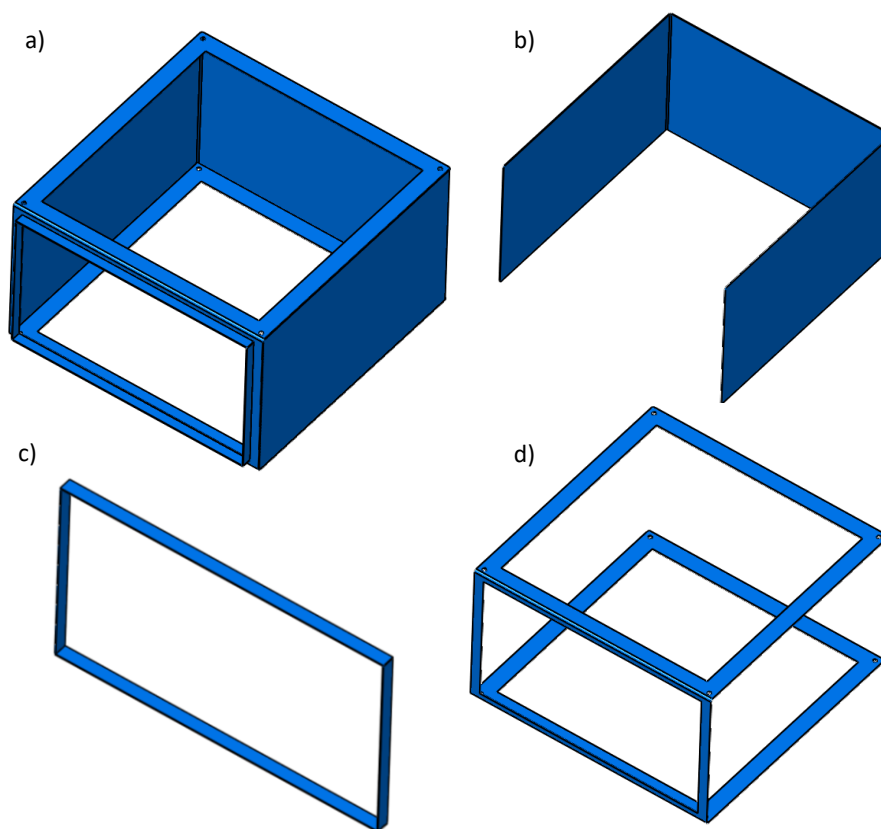
11.2 Průchozí box pro filtrační vložku

Průchozí box, na který bude navazovat buď další box s filtrační vložkou, nebo box s filtrační vložkou a zástavbou pro ventilátor bude, jak již bylo zmíněno složen ze dvou ohýbaných plechů do tvaru U. Aby bylo možno na box umístit dveře, tak po svaření jednotlivých dílů bude z pásovin zhotovena a navařena obruba. Pásovinu je nutno nařezat jako dva krátké a dva delší profily z několika důvodů. Jako první důvod lze uvést, že v případě naohýbání příruby by v krajích mohly vzniknout nepřesnosti, vzhledem k tomu, že přesnost vypalování a ohýbání je přibližně ± 1 mm. Jako další důvod je cena a jednoduchost navaření v případě nařezané pásovinu. Svářeč si pomocí bodových svarů nejdříve uchytlí jednu z pásovin a následně pokračuje další pásovinou. Případě naohýbaného rámu by bylo nutné zhotovení přípravku, tak aby přesně dosedal na otvor boxu a nedošlo k jeho posunutí během sváření. Po svaření jednotlivých plechů boxu a příruby pro dveře je nutno zapravit všechny svary. Pro vnější rádiusy svařených plechů boxů bylo předepsáno broušení hran na rádius 3 mm, což odpovídá rádiusům vzniklým ohýbáním. Co se týče příruby, tak tady se jednalo o koutový svar a jakýkoliv rádius by bylo složité provést, nebo by tento rádius mohl oslabit svar a tím i vzduchotěsnost a vodotěsnost boxu. Na tyto části byl tedy požadavek na začištění

do stejné hloubky. Nutno je taky zmínit, že všechny tyto plochy jsou pohledové, kde každý nedostatek bude možno odhalit.



Obr. 31 Průchozí box pro filtrační vložku

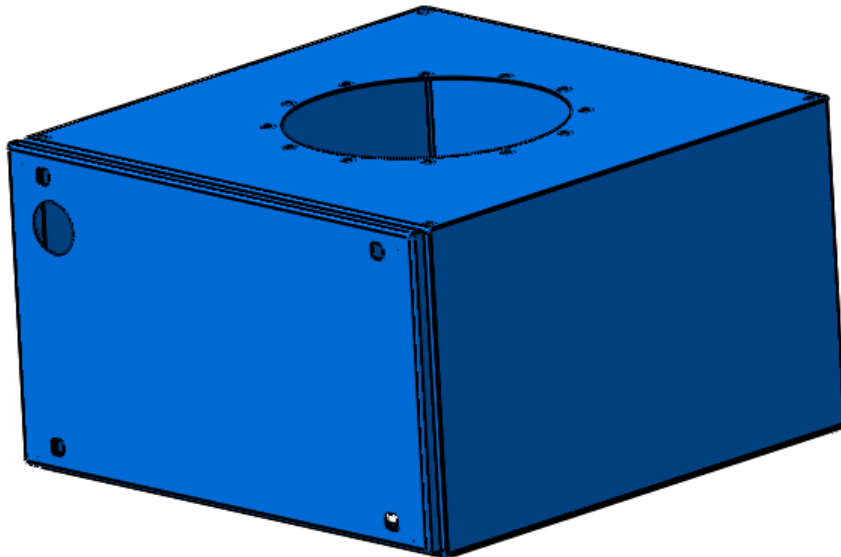


Obr. 32 Sestava filtračního boxu

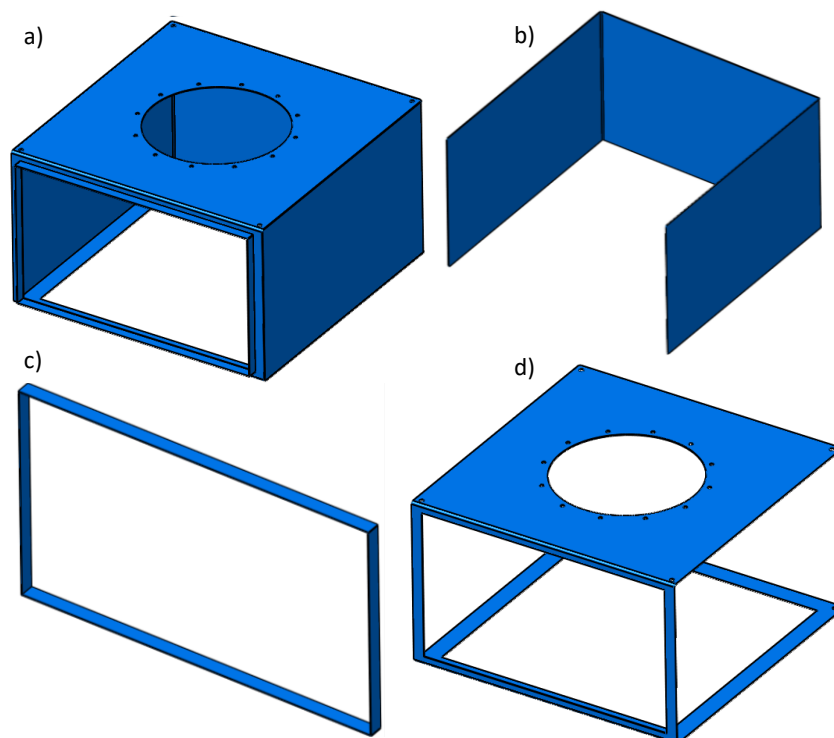
a) kompletně svařený box; b) stěny boxu; c) lemování dveří; d) průchozí část

11.3 Výstupní box pro filtrační vložku

Postup složení boxu pro filtrační vložku byl popsán v předchozí kapitole. U výstupního boxu bude jeden z plechů nahrazen plechem, který již nebude mít otvor pro filtrační vložku, ale bude mít výstupní díru z filtračního zařízení. Tento otvor bude sloužit jako odtaž vzduchu ze zařízení ventilátorem. Pro konstrukci průměru otvoru bylo nutno znát průměru přechodového kusu pro ventilátor. Tento přechodový kus bude popsán v následujících kapitolách. Průměr výrobce a dodavatel ventilátoru zadal jako $\varnothing 355$ mm. Pro příruby jsou dané normy, kolik děr na šrouby, o jakém průměru musí být obsaženo pro osazení příruby. Z toho důvodu bylo zjištěné z tabulek a zhotoveno 12 děr o $\varnothing 10,5$ mm.



Obr. 33 Neprůchozí box filtračního zařízení

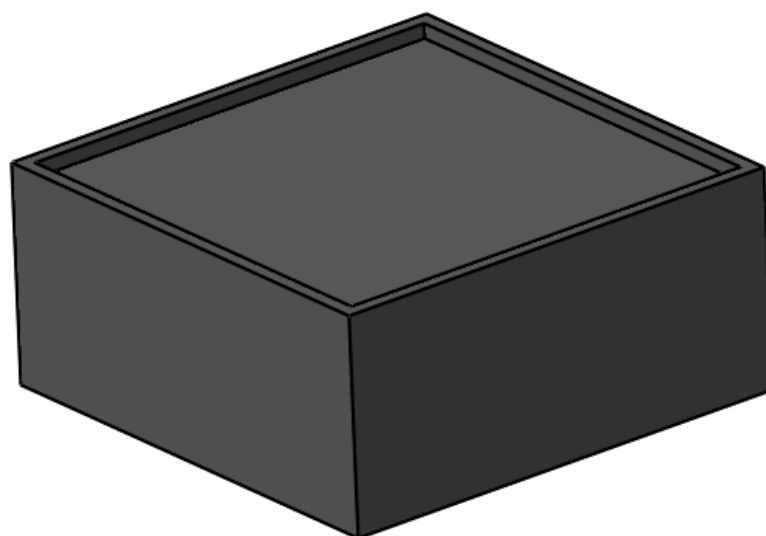


Obr. 34 Sestava neprůchozího boxu filtračního zařízení

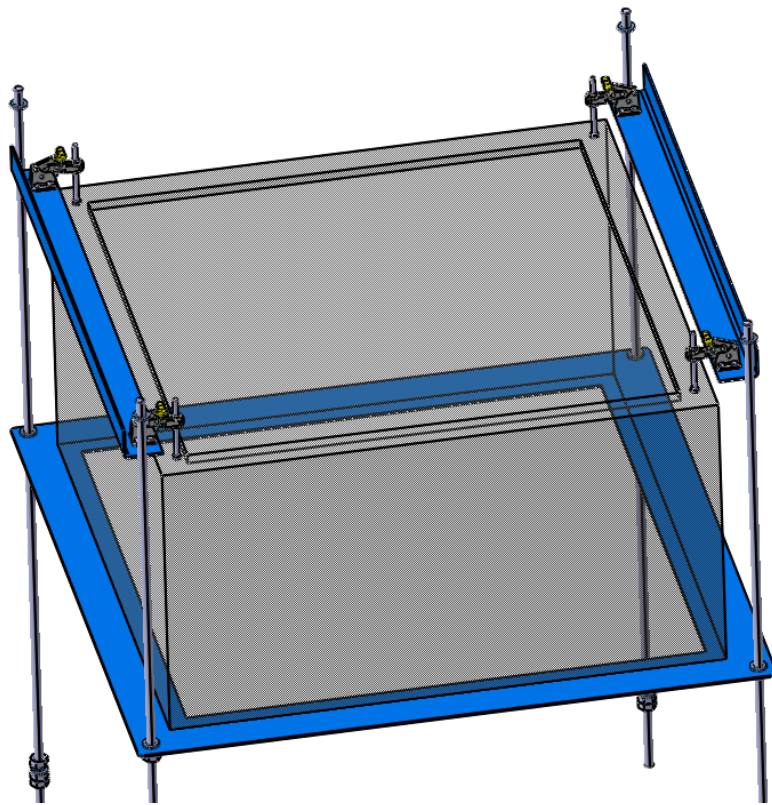
a) kompletně svařený box; b) stěny boxu; c) lemování dveří; d) neprůchozí část

11.4 Filtrační vložka, její uchycení a osazení

Filtrační vložka bude dodána externím dodavatelem, výrobcem filtračních vložek, kazet a celkově filtrační tkaniny. 3D data filtrační vložky tvoří pouze blok, vzhledem k tomu, že si výrobce si chrání své know-how.

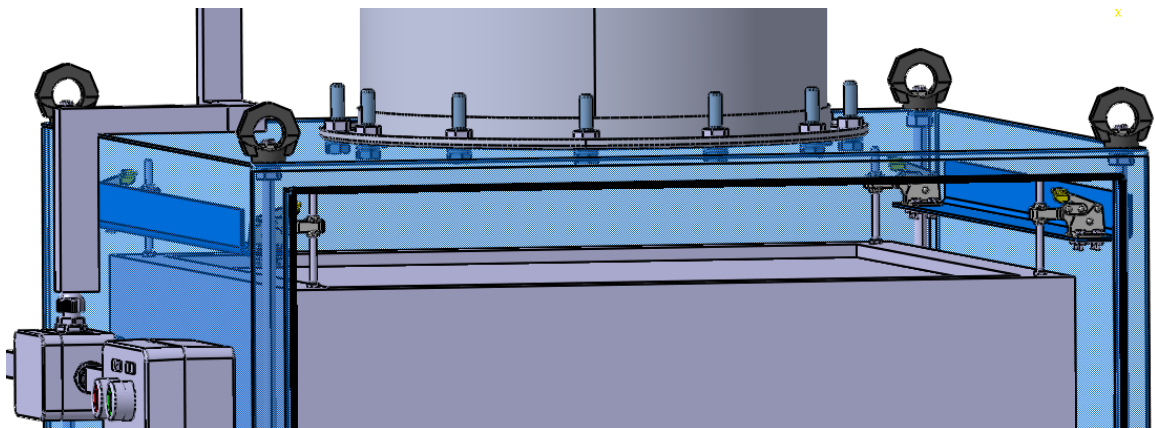


Obr. 35 Filtrační kazeta



Obr. 36 Upnutí filtrační kazety

Během vývoje boxů prototypu zařízení vznikl značný problém. V průběhu výroby plechů byl změněn dodavatel filtračních vložek a došlo tak i ke zmenšení jejich rozměrů. Filtrační vložka by tudíž připraveným otvorem propadla. Jednoduché řešení se naskytovalo v podobě vypáleného plechu, který bude vložen mezi jednotlivé moduly. Bylo tak vyřešeno i osazení filtrační vložky, vzhledem k tomu, že vložený plech mezi boxy bude sloužit jak podpěrný modul a rozměry původně zhotoveného rozměru budou sloužit jako středění filtrační vložky do její optimální pozice.



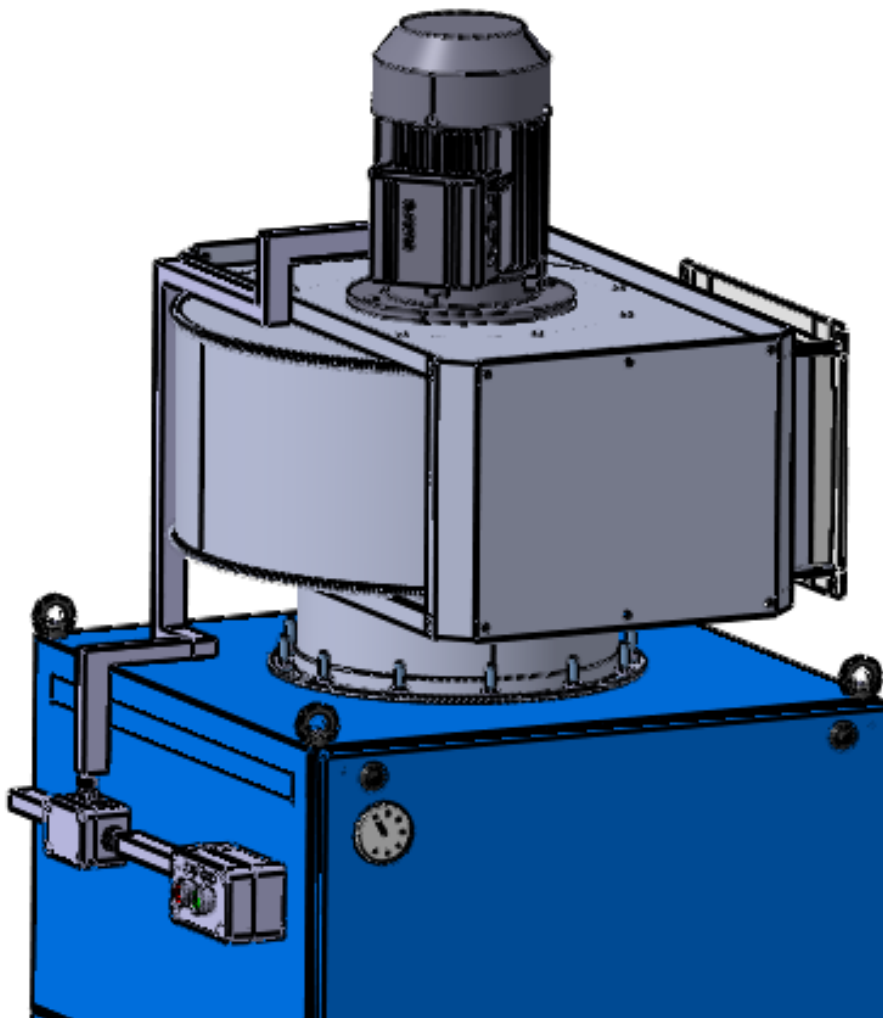
Obr. 37 Detail upnutí filtrační kazety

Aby proudění vzduchu uvnitř zařízení nedocházelo k nadzvedávání filtrační vložky, bylo zhotoveno opět 2 vypálených a následně ohnutých plechů do tvaru písmene L. Takto zhotovený profil bude navařen na stěnu boxu bodovým svarem a následně bude opatřen upínkami, které budou mít za úkol zajištění polohy filtrační kazety.

11.5 Ventilátor filtračního zařízení

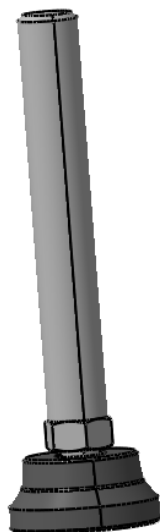
Pro zařízení bude využit ventilátor firmy Alteko. V obsažených 3D datech se tento ventilátor nachází bez oběžného kola. Je to opět z důvodu chránění svého know-how co se týče lopatek oběžného kola. Ventilátor bude osazen na stabilizátory, které budou zajišťovat kompenzaci vibrační ventilátoru. Spojení boxu a ventilátoru bude zajištěno pevným kruhovým přechodem, který je k tomu běžně využíván.

Dodavatelské firmě byla zadána hodnota odporu filtrační kazety, což jedna kazeta tvoří odpor 1 000 Pa a na základě znalosti této hodnoty byl navržen konkrétní typ ventilátoru.

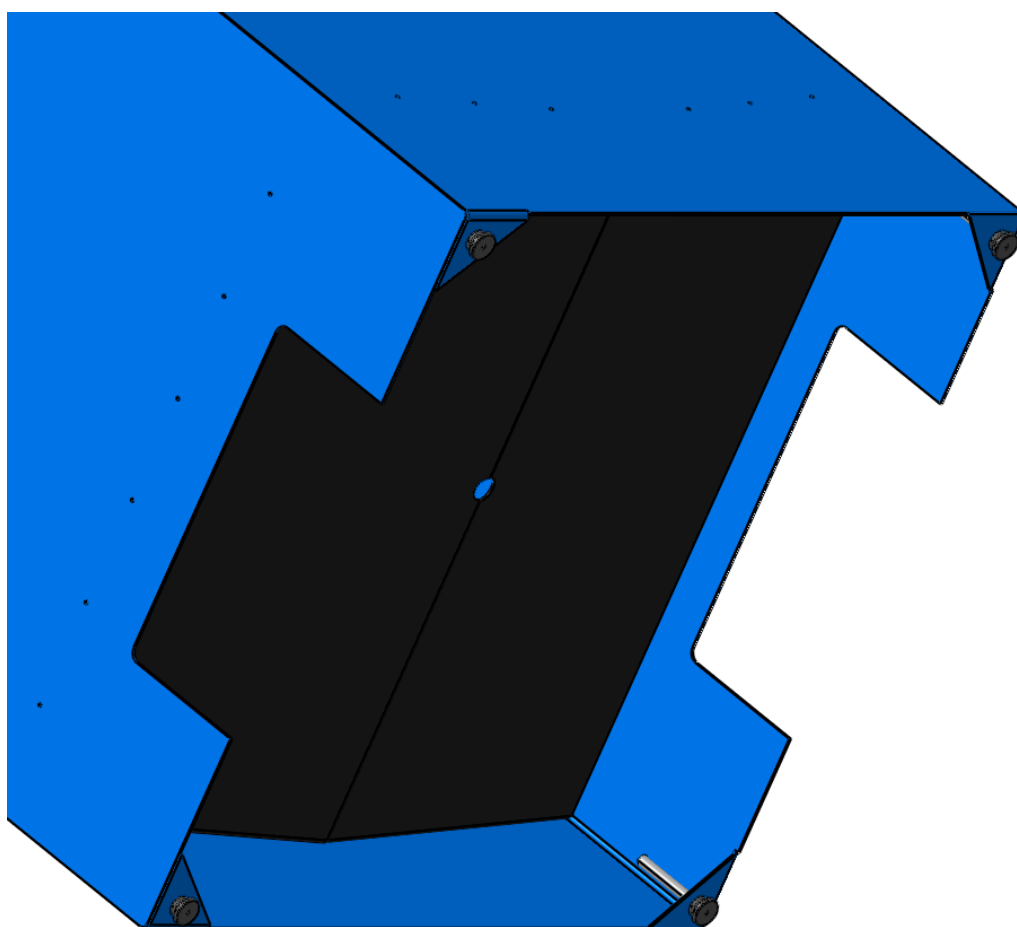


Obr. 38 Ventilátor Alteko RFE 355 upnutý pevnou přírubou k filtračnímu zařízení

11.6 Stabilizační nohy



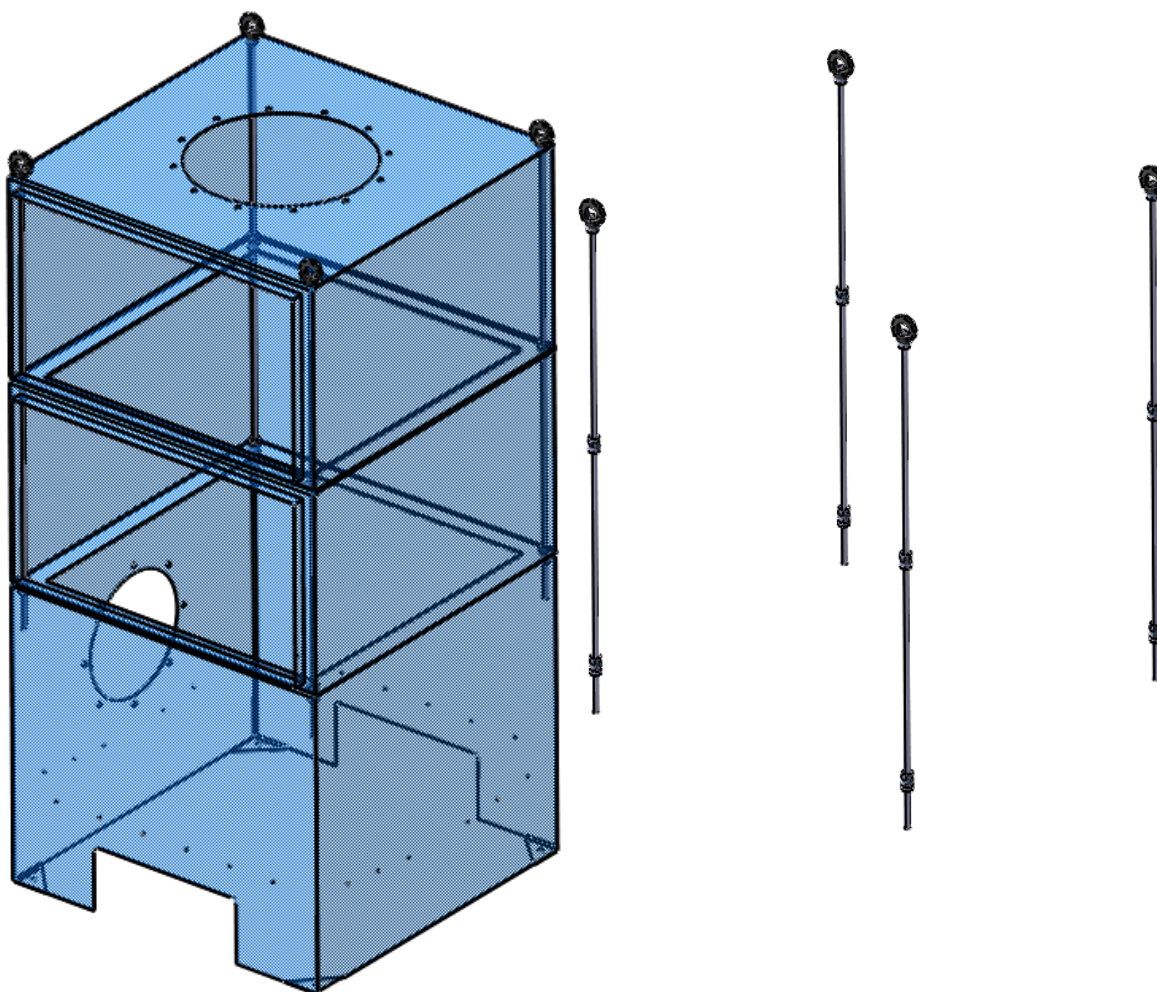
Obr. 39 Detail stabilizační nohy



Obr. 40 Upnutí stabilizačních noh k zařízení

Spodní díl bude doplněn o stabilizační nohy ze 2 důvodů. Jako první důvod je fakt, že zařízení by tak mohlo být v přímém kontaktu s vlhkou podlahou a mohlo by tak docházet ke korozi v případě nedokonalého lakování nebo například poškození při transportu. Jako druhý důvod je vyvážení zařízení, kdy ve spodním boxu je umístěna odpadní vana, která musí mít mírný spád, aby v ní odloučená kapalina nestála.

11.7 Spojení jednotlivých modulů

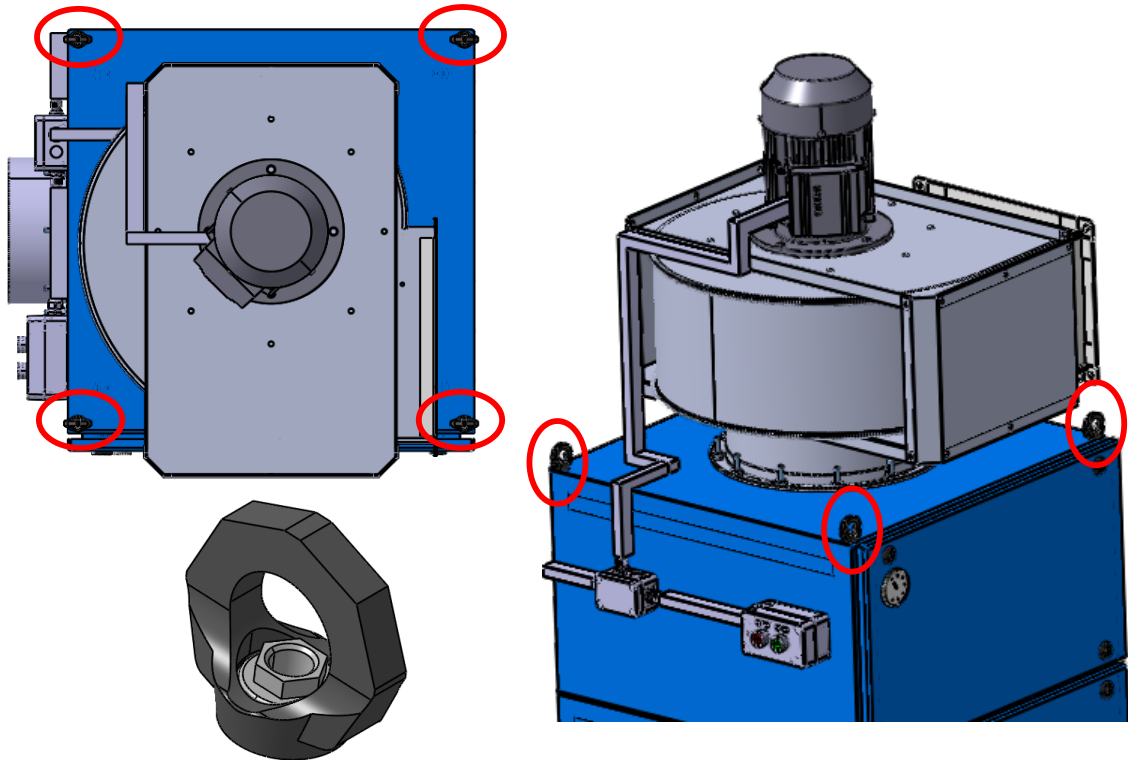


Obr. 41 Svázání jednotlivých boxů závitovými tyčemi

Spojení jednotlivých modulů bude realizováno závitovými tyčemi M10, přičemž z horní strany bude spojení zajištěné transportním okem a ze spodní strany maticí s kontra maticí M10. Za spojením celého filtračního zařízení bude tedy stačit čtyř závitových tyčí.

11.8 Transportní oka

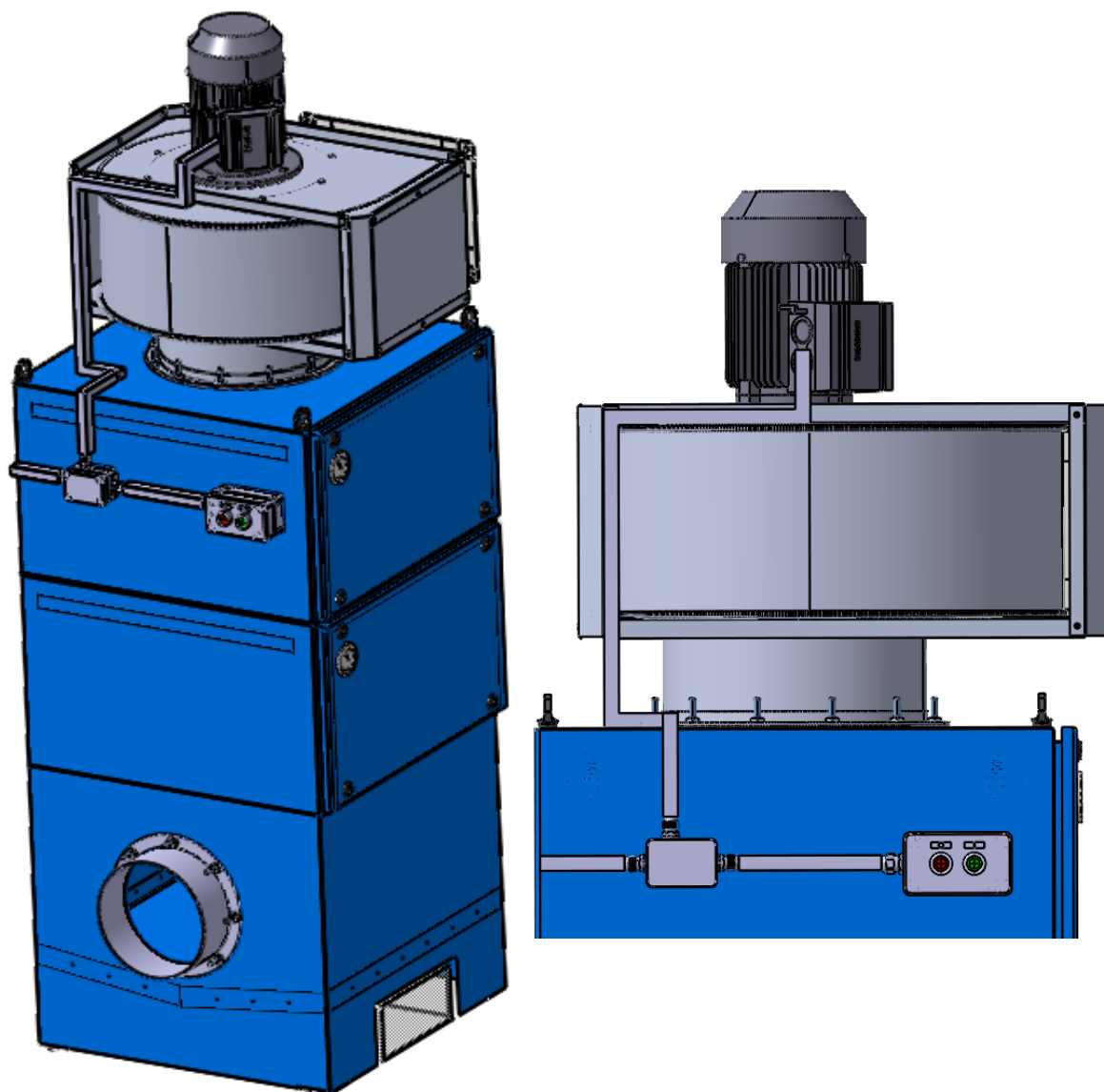
Díky spojení jednotlivých boxů závitovými tyčemi je možno na horní konec umístit transportní oko. Transportní oka jsou umístěna tak, aby zařízení při zvedání jeřábem bylo vyváženo. Navíc při zvedání bude zařízení zvedáno jako celek a nebude zvedáno pouze za jeden z boxů, kdy by mohlo dojít k deformaci vzhledem k zatížení.



Obr. 42 Transportní oka zařízení

11.9 Elektronické vybavení filtračního zařízení

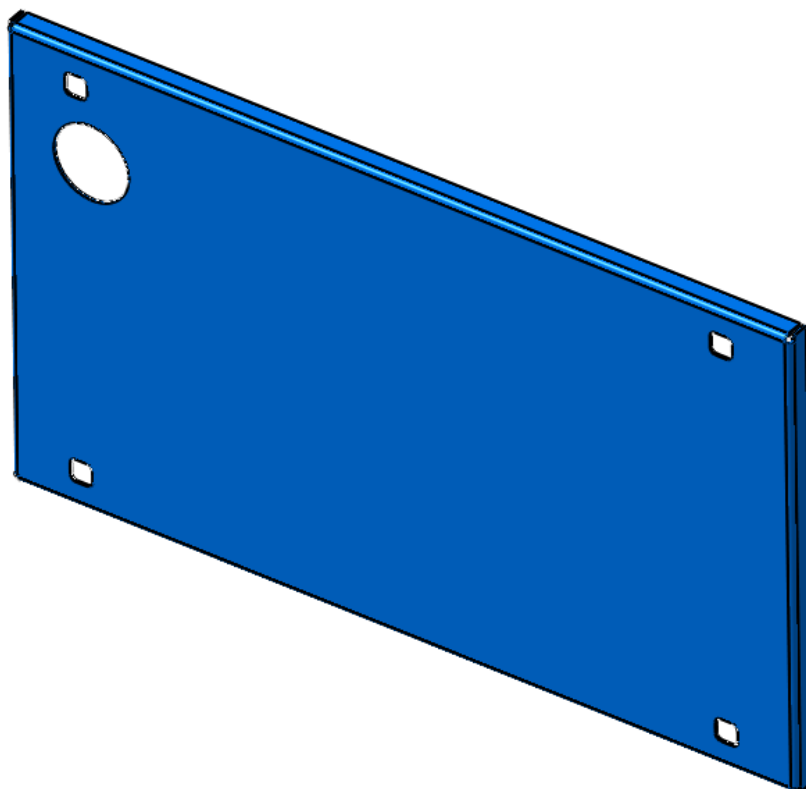
Filtrační zařízení bude opatřeno elektro rozvodnou skříní. Jak je tomu u každého filtračního zařízení, bude na boční straně umístěno ovládání v podobě zeleného tlačítka (spuštění) a červeného tlačítka (zastavení zařízení). Součástí rozvodné skříně bude řídicí jednotka, která bude řídit délku cyklu odstávky a bude sledovat odpor filtrační kazety. Kromě řízení cyklu zařízení bude taky zařízení automaticky spuštěno při spuštění obráběcího centra.



Obr. 43 Elektro instalace filtračního zařízení

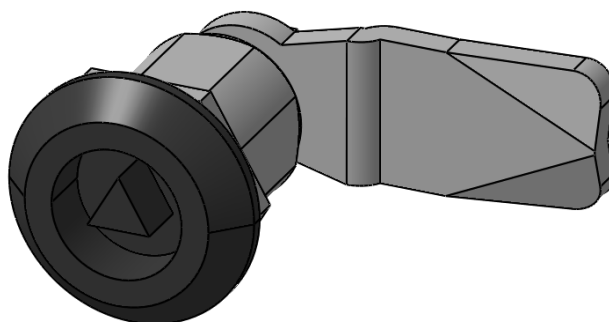
11.10 Dveře filtračního zařízení

Dveře, které uzavírají jednotlivé boxy, budou pro každý box stejné. Jedná se taky o výrobu z vypálených plechů, plechových výpalků, následně ohnutých a svařených.



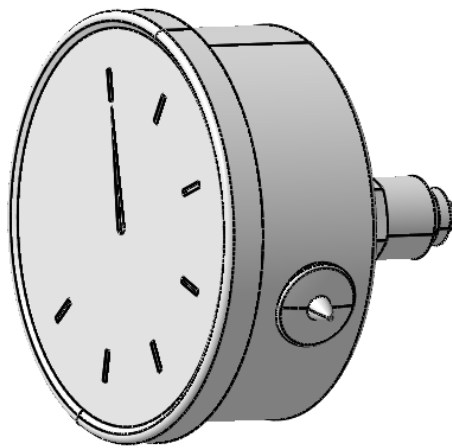
Obr. 44 Připravené dveře boxů před osazením komponentů

Na dveřích je zhotoveno také děr pro uzavírací mechanismus a manometr.



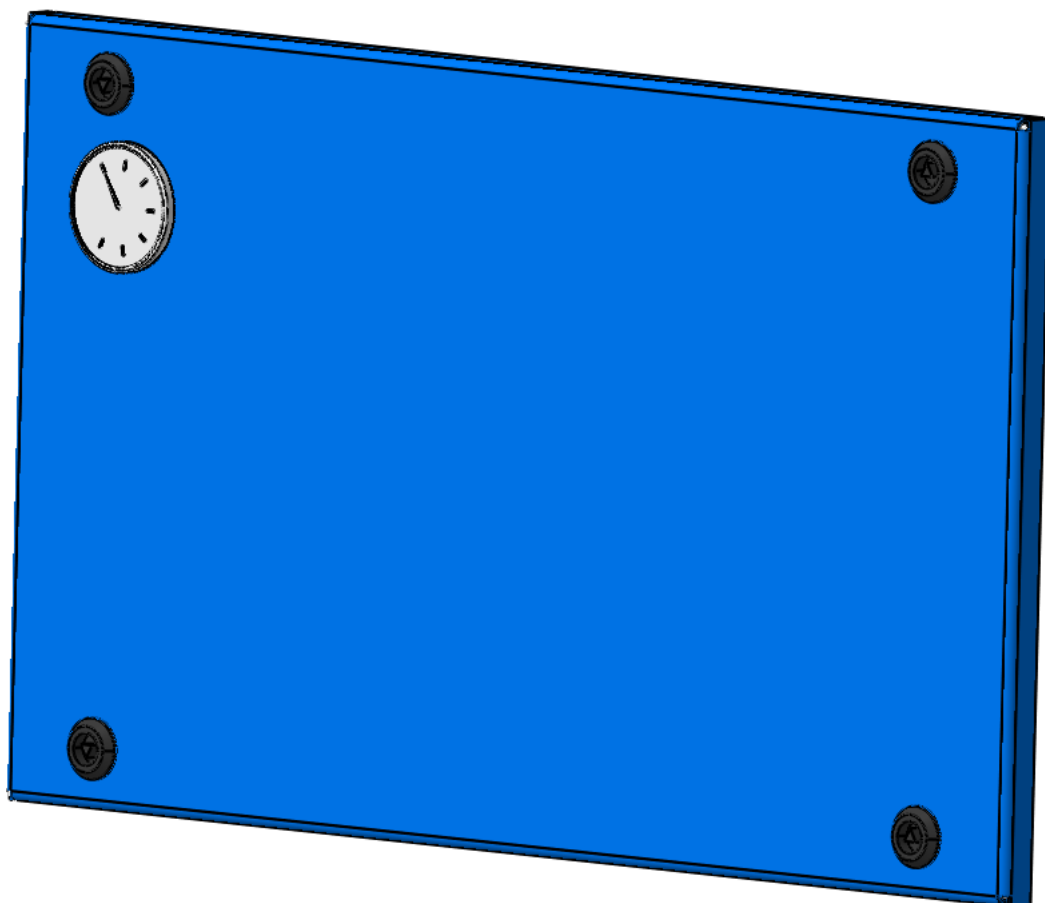
Obr. 45 Uzavírací mechanismus s jazýčkem

Uzavírací mechanismus je tvořen západkou s jazýčkem po úhlem tak, aby při uzavírání dveří došlo k dotlačení dveří k obrubě.



Obr. 46 Diferenční manometr

Manometr osazený na dveřích plní funkci kontroly míry odporu filtrační vložky, což bude udávat její zanesení.



Obr. 47 Sestava dveří zařízení

12 VÝROBA PRVNÍHO PROTOTYPU ZAŘÍZENÍ

Vzhledem k tomu, že firma, kde vývoj zařízení probíhal, nedisponuje zařízením k dělení plechů, ohraňovacím lisem a lakovnou, bylo většinu operací nutno zajistit u externích firem. Na základě výrobní dokumentace bylo vyrobeno všech dílů nutných ke kompletaci filtračního zařízení.

12.1 Kompletace boxů a dveří

Dokumentací u jednotlivých boxů bylo předepsáno koutového sváru po celé délce hran profilů. Po konzultaci se svářečem a technologem bylo však zvoleno svarů bodových vzhledem k tloušťce plechu (2 mm) by při plném koutovém svaru by docházelo k nežádoucím deformacím nebo k propalování materiálu a box by pak nebyl vzduchotěsný.



Obr. 48 Zkompletované boxy filtračního zařízení

Detail bodových svarů je možno vidět na následujícím obrázku:



Obr. 49 Detail bodových svarů na boxech

V případě spodního boxu byla doplněna úprava u odpadní vany, kdy kromě nýtových spojů bylo přidáno bodových svarů k upevnění polohy vany a zvýšení tuhosti boxu. Tato úprava nebrání budoucímu využití zařízení, vzhledem k tomu, že je malá pravděpodobnost, že zařízení by někdo v tomto místě rozebíral. V případě této situace však daná osoba přebrousí pouze bodové svary a odpadní vanu tak uvolní.



Obr. 50 Zkompletovaný základní – stavební box filtračního zařízení

U spodního boxu nebylo využito jen svarů bodových, k uchycení rohových noh byl využit také svar koutový s následným přebroušením.



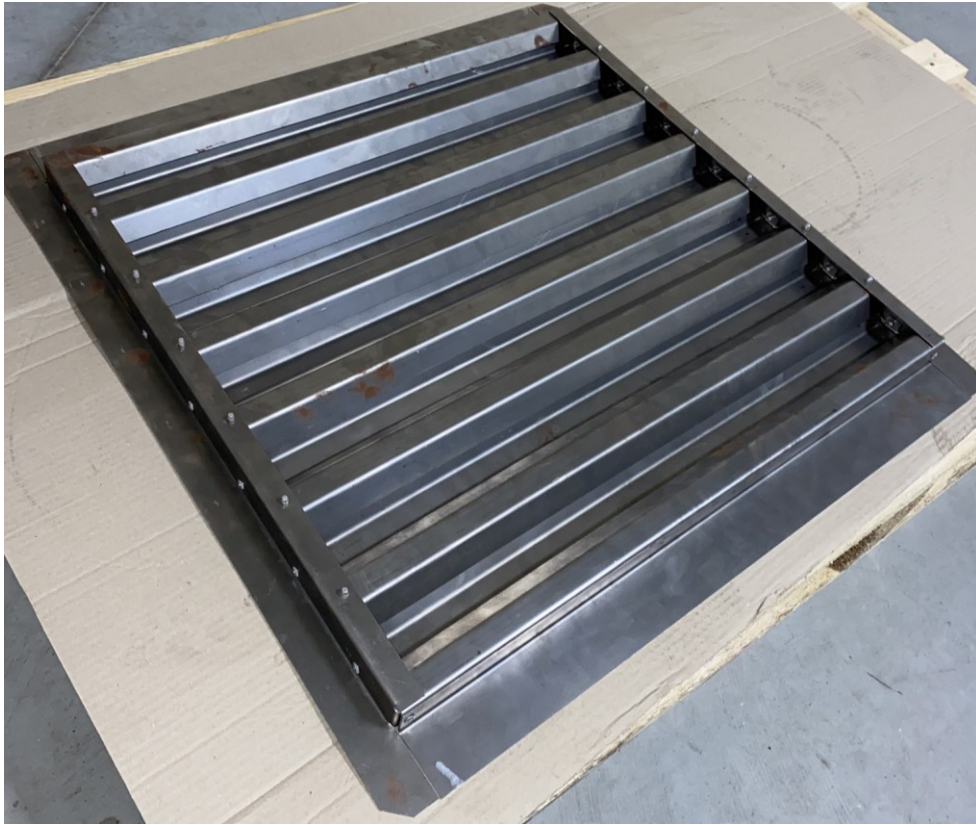
Obr. 51 Detail svarů na základním boxu

Nejméně svařování a úprav bylo na dveřích pro zařízení. Jednalo se pouze o čtyři krátké koutové svary s následnou úpravou.



Obr. 52 Dveře filtračního zařízení

Součástí filtračního zařízení, kde nebylo využito svařování byl lamelový filtr. V konstrukčním návrhu byl tento filtr uvažován z hliníku, avšak řezání a ohýbání profilů z hliníku nenabízí mnoho firem, tudíž jsou dlouhé čekací (výrobní) lhůty, tak byl použit plech oceli 11 373. Jednotlivé části filtru byly k sobě následně snýtovány nýtovacími kleštěmi za studena



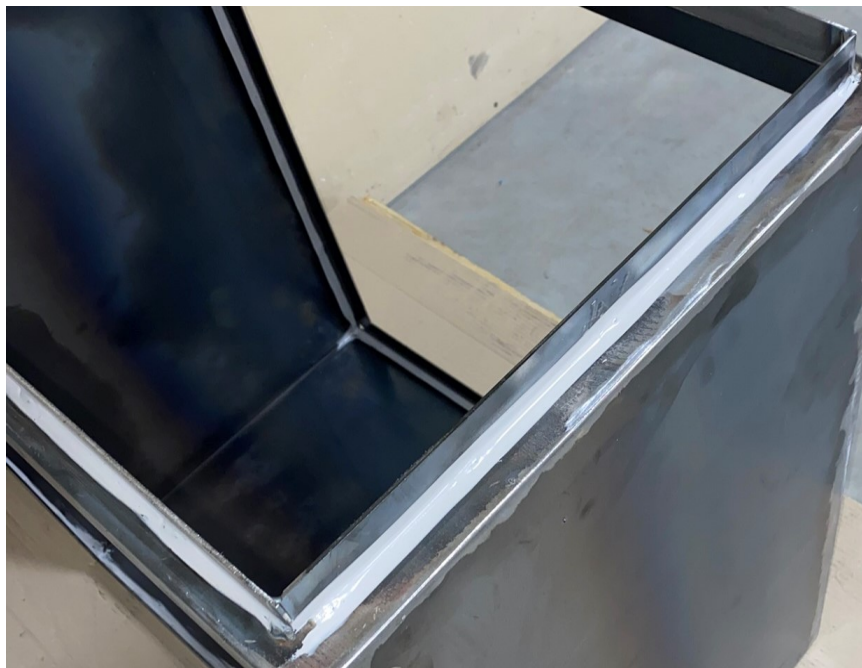
Obr. 53 Zkompletovaný lamelový filtr filtračního zařízení

12.2 Utěsnění jednotlivých boxů

Vzhledem k tomu, že došlo ke změně typu svarů, bylo nutno všechny boxy ještě před lakováním vzduchotěsně utěsnit. K utěsnění bylo využito polyuretanového tmelu. Dříve bylo běžně využíváno k utěsňování silikonového tmelu v tubě, ten však díky horším vlastnostem byl nahrazen polyuretanovým tmelem.



Obr. 54 Polyuretanový tmel a jeho aplikace



Obr. 55 Detail svařené hrany zařízení po aplikaci polyuretanového tmelu

Aplikace proběhla tak, že pistolí byla do místa spojů nanесena vrstva polyuretanového tmelu a poté byla rozetřena prstem. Rozetření prstem bylo zvoleno dle zkušeností, kdy prst je schopen zatlačit do všech malých prostor, což škrabkou, kterou lze taktéž zakoupit dosáhnout nelze. Tmel je po nanесení vhodné nechat minimálně 24 hodin vytvrdnout před další manipulací.

12.3 Sestava filtračního zařízení před lakováním

Před zasláním zařízení do lakovny bylo proběhla kontrola, zda jednotlivé boxy na sebe dosedají, zda je možno závitové tyče bezpečně protáhnout všemi boxy a bylo doladěno všech detailů.



Obr. 56 Sestava zařízení s HEPA blokem (vlevo) a bez HEPA bloku (vpravo)

12.4 Barva filtračního zařízení

Barva filtračního zařízení byla předem určena na RAL 5015 – kladívková modra. Tato barva byla zvolena z toho důvodu, že veškeré produkty firmy jsou právě v barvě dle RAL 5015. Filtrační zařízení bude lakováno mokrou metodou. Na lakování zařízení by bylo možno využít i lakování práškovou – komaxitovou barvou. Jak již průzkum trhu napověděl, tak je cíleno na cenu finálního zařízení. U komaxitové barvy by bylo nutno využít tmelu, který by při zapékání barvy byl stabilní a nedošlo k jeho pění. Takové tmely jsou hojně využívány k utěšňování motorů. Tento tmel je přibližně 2x dražší než využitý polyuretanový tmel. Co

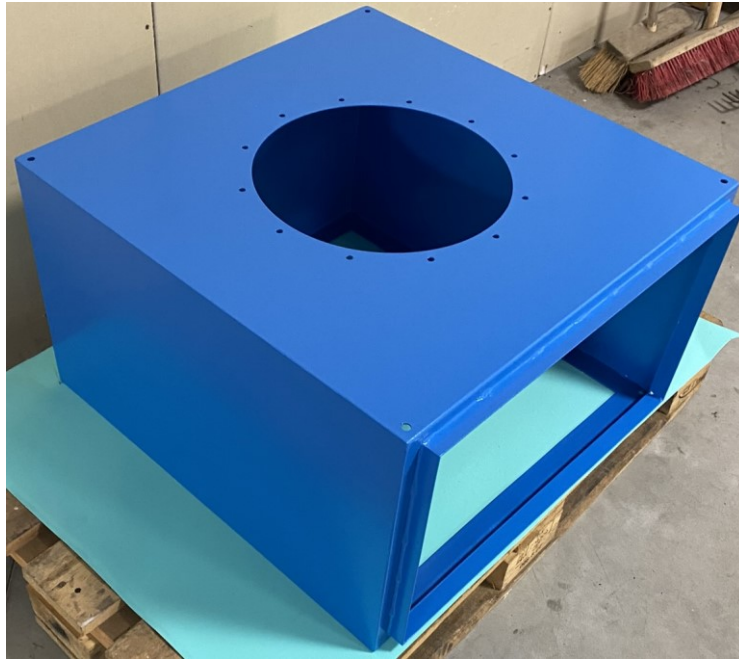
se týče lakování, tak komaxitový typ barvy je sice časově kratší než mokrý typ lakování, ale v tomhle ohledu taky přibližně dvakrát dražší. Z toho důvodu bylo zvoleno polyuretanového tmelu a mokrého typu lakování.



Obr. 57 Základní stavební box po nalakování



Obr. 58 Průchozí box po nalakování



Obr. 59 Neprůchozí box po nalakování

12.5 Finální montáž prvního prototypu zařízení

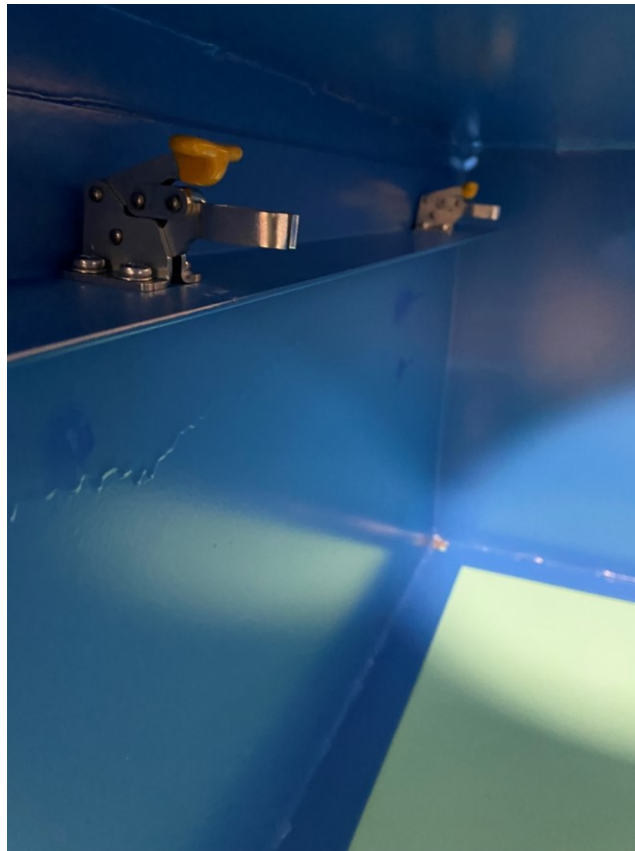
U finální montáže prvního prototypu zařízení bylo nutné zvolit vhodného postupu montáže, jelikož jednotlivé elementy již byly nalakovány a každá nevhodná manipulace by mohla způsobit poškození laku zařízení.

Jako první bylo tedy zvoleno osazení zařízení stabilizačními nohami. Tyto nohy byly montovány do vrtaných děr. Spodní box tedy bylo nutno položit na bok a tyto nohy osadit. Box byl položen na europaletu, která byla ještě opatřena fólií tak, aby nedošlo k poškození laku.



Obr. 60 Osazení stabilizačních noh

Dále byly osazeny upínky, sloužících k upnutí filtrační kazety. Princip upínání filtračních kazet byl navrhnout až po lakování, tudíž pro upínky bylo nutno vyvrtat díry pro šrouby.



Obr. 61 Osazení upínek pro filtrační kazetu

Po osazení noh a upínek bylo rozhodnuto, že bude provedena montáž boxů na sebe s následným svázáním závitovými tyčemi. Jednotlivé boxy vzduchotěsné, ale kromě boxů musí být i styčné plochy vzduchotěsné. Toho bude dosaženo tak, že mezi jednotlivé boxy nanese silikonový tmel. Silikonový tmel je nutno nanést po obvodech ploch jednotlivých boxů a taktéž kolem děr sloužících k protažení závitových tyčí.



Obr. 62 Aplikace silikonového tmelu



Obr. 63 Kompletace zařízení

Po nanesení vrstev silikonového tmelu byly postupně nasazeny jednotlivé boxy a osazení pro filtrační kazetu s následným svázáním těchto boxů závitovými tyčemi. Stažení závitovými tyčemi pomohlo i k roznesení jednotlivých vrstev silikonového tmelu po obvodech. Závitové tyče budou řešením budoucí modifikace zařízení, vzhledem k tomu, že protahování závitové tyče je příliš náročné a šroubování matek je časově zdlouhavé.

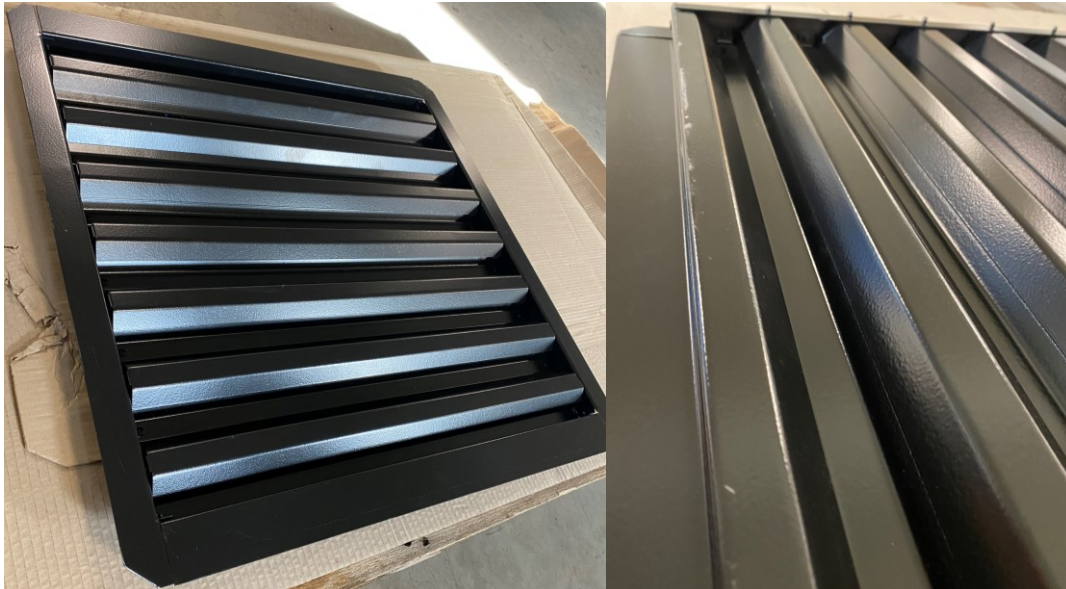


Obr. 64 Montáž závitových tyčí

Po tomto kroku byl osazen lamelový a tukový filtr.



Obr. 65 Tukový filtr

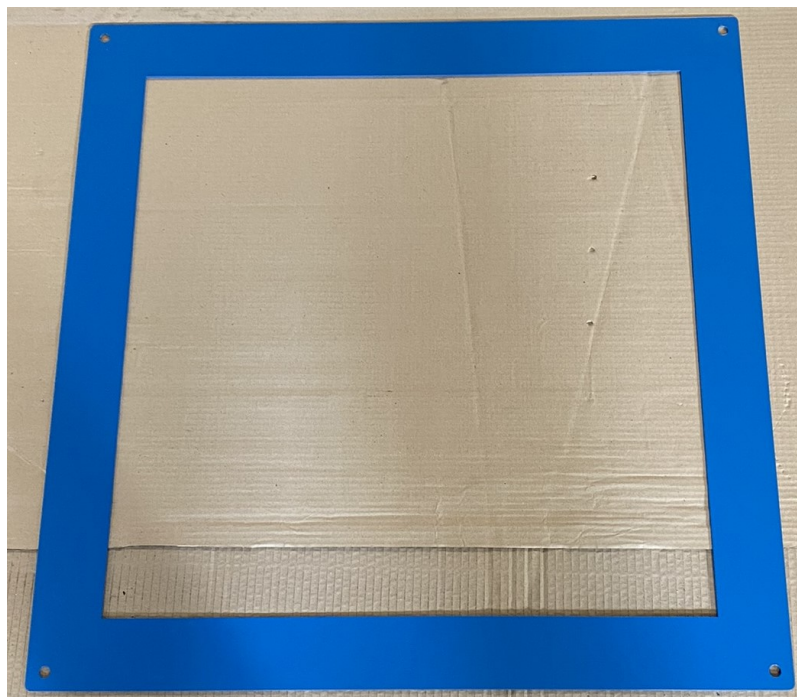


Obr. 66 Lamelový filtr



Obr. 67 Osazení tukového filtru s lamelovým filtrem

Z průběhu montáže je možné si všimnout, že mezi průchozí a neprůchozí box je přidána ještě příruba pro kazetu pro neprůchozí box. Tato příruba není vložena do průchozího boxu, protože jako středění kazety bude primárně sloužit tukový filtr, který byl navržen firmou tak, že po jeho obvodě je zhotovena obruba, které kazetu drží.



Obr. 68 Příklad pro filtrační kazetu

Po osazení bylo na přírubu dveří nasazeno kruhové gumové těsnění s drážkou, které slouží jako těsnící plocha mezi boxem a dveřmi.



Obr. 69 Osazení těsnění dveří

Po osazení kruhového těsnění byly osazené filtrační kazety, které byly upnuty pomocí šroubů osazených do předem nachystaných upínek.



Obr. 70 Upnutí filtrační kazety

Dále byly namontovány uzavírací západky jazýčkem a manometry na dveře filtračního zařízení. Co se týče vzduchotěsnosti jednotlivých komponent, tak manometr je již z výroby opatřen pryžovým těsněním. Uzavírací západky mají uzavírací hlavu z plastu, která je ke všemu opatřena o-kroužkem.



Obr. 71 Sestava dveří filtračního zařízení



Obr. 72 Osazení dveří filtračního zařízení na jednotlivé boxy

Před osazením dveří je nutno napojit manometry na jednotlivé komory hadičkami, k měření tlakové ztráty. S rostoucí tlakovou změnou, roste procento zanesení filtračních kazet.

Jednou z posledních úprav bylo zakrácení závitových tyčí, vzhledem k tomu, že na montáž transportních ok byly příliš dlouhé. Závitové tyče nebylo nutno ze zařízení vytahovat, ale za pomoci ruční brusky byly tyto závitové tyče zakráceny na požadovanou délku a transportní oko bylo namontováno.



Obr. 73 Osazení transportního oka

Po všech těchto úkonech měl být na zařízení namontován ventilátor, a to na pevnou přírubu. Pevná příruba měla zaručit pevné spojení ventilátoru se zařízením a eliminuje využití podpůrných konstrukcí. Došlo ale ke skutečnosti, že bylo dodáno ventilátoru s podpůrnou konstrukcí, tudíž pro konstrukci byly vyvrtány dodatečné díry. Vzhledem k osově nesouměrnosti vstupní díry ventilátoru a výstupní díry zařízení muselo být využito pružného přechodu s vnitřní výztuhou, která zamezí tomu, aby se pružný spoj v důsledku podtlaku nedeformoval.

Elektroinstalaci nezajistí firma, ve které zařízení vzniká. Na většinu zařízení je přivolán externí elektrikář, který elektroinstalaci provede včetně vystavení certifikátu o správnosti zapojení.



Obr. 74 Elektroinstalace filtračního zařízení

Takto smontované zařízení může čekat skladem nebo může být exportováno přímo k zákazníkovi.



Obr. 75 Sestava filtračního zařízení

13 POLOŽKOVÝ ROZPOČET

Vzhledem k tomu, že na tvorbě zařízení se podílelo větší množství firem, byl pro tuto práci sestaven položkový rozpočet, aby bylo přehledné, kde byla prováděna, jaká operace. Z tabulky níže (Tab. 9) je možno vidět, že nejvíce náročnou cenovou položkou byl ventilátor, dále následuje elektroinstalace, poté následuje zhotovení výpalků s následným ohýbáním ve firmě Laser Technology.

Tab. 9 Položkový rozpočet

č.	Název položky	Firma:	Cena [Kč vč. DPH]
1	Zhotovení výpalků s následným ohýbáním	Laser Technology s.r.o.	18 418,68
2	Zhotovení výpalků s následným ohýbáním	Kalina Industries s.r.o.	3 291,20
3	Polyuretanový a silikonový tmel	MPL Stavebniny, spol. s r.o.	896
4	Spojovací materiál – nýty	Handy Corp s.r.o.	38
5	Spojovací materiál – nohy, transp. Oka, uzavírací systém	Elesa + Ganter CZ s r.o.	5 534,41
6	Spojovací materiál – závitové tyče, matice, podložky	Atax Tech	150
7	Těsnění – kruhový profil s drážkou 2 mm	Habako Group s.r.o.	90,75
8	Svařování	HD Weld s.r.o.	3 600
9	Filtrační kazety	JVB Engineering s.r.o.	23 409
10	Lakování	Zako Turčín, spol. s r.o.	12 044,34
11	Elektroinstalace	Elektrikář – Radek Kutra	35 090
12	Tukový filtr	Ekofiltr spol. s r.o.	1 998,52
13	Upínky filtračních kazet	JC – METAL s.r.o.	2 671,68
14	Ventilátor RFE	Alteko s.r.o.	32 105,54
Celkem suma:			139 338,12

V tabulce je uvedeno 2x zhotovení výpalků s následným ohýbáním. Za tento fakt může skutečnost, že během výroby bylo změněno dodavatele filtračních kazet, tudíž bylo nutno zhotovit osazení a profilu pro upnutí filtrační kazety. Tyto položky byly zhotoveny v jiné firmě než samotné boxy, vzhledem k tomu, že firma Kalina Industries s.r.o se nachází blíže zhotovitelské firmě filtračního zařízení a taktéž nabídla dřívější termín dodání, než firma, která zhotovila jednotlivé boxy.

Do ceny filtračního zařízení není zahrnuto konstruktérských a montérských činností, vzhledem k tomu, že zařízení vznikalo v rámci diplomové práce.

Cenu výroby filtračního zařízení je však možné i snížit, vzhledem k tomu, že se jedná o výrobu prvního funkčního prototypu. Například při volbě spojovacího materiálu by bylo možné zvolit levnější komponentů, než byly navrhnuty. Cena by bylo možné taky snížit skrze práce elektrikáře, kdyby firma disponovala elektrikářem svým a nebylo tak nutno využít práci elektrikáře externího.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo v první části seznámit čtenáře s problematikou průmyslové vzduchotechniky. Bylo detailně popsáno odlučování tuhých znečišťujících látek, zařízení pro jejich odloučení a konkrétní principy, včetně filtračních materiálů sloužících k odlučování tuhých znečišťujících látek.

V další části bylo nutno provést návrh filtračního zařízení na olejovou mlhu. Návrh filtračního zařízení proběhl v programu CATIA V5 R20 – Generative Sheet Metal Designu. Postup návrhu je popsán v kapitole návrh filtračního zařízení. Hlavním aspektem pro návrh byla znalost rozměrů filtračních kazet a taky jejich tlakového odporu, na jehož základě byl od dodavatelské firmy navržen ventilátor.

Po vytvoření návrhu filtračního zařízení bylo toto zařízení vyrobeno. Výroba spočívala z pálení plechu laserem, následným ohýbáním, lakováním a montáží. Během montáže bylo již však provedeno několik úprav. Tyto úpravy byly zpětně zaneseny do 3D dat i výkresové dokumentace. Úpravy se týkaly upnutí filtračních kazet, přičemž nové řešení je upnutí kazet realizováno pomocí upínek, oproti původnímu, kdy byl osazen ohnutý profil na závitové tyče. To umožní snadnější upnutí filtrační kazety a taky rychlejší výměnu filtrační kazety servisním pracovníkem.

Zařízení bylo lakováno mokrou cestou, vzhledem k tomu, že při utěšňování jednotlivých boxů bylo využito polyuretanového tmelu, který by při lakování práškovou komaxitovou barvou vytekl. Může za to fakt, že zvolený polyuretanový tmel nemá takovou tepelnou odolnost, aby odolal zapékání barvy. Pro mokrý nátěr zařízení stačí obyčejný polyuretanový tmel, v případě lakování práškovou metodou je nutno využít tmelu s vysokou teplotní odolností, který ale stojí dvojnásobnou částku jako tmel obyčejný.

Zařízení bylo zkompletováno dle 3D dat, montáž proběhla bez jediného problému.

Doba vývoje prototypu zařízení byla 8 měsíců. Do této doby jsou zahrnuty jak konstrukční, tak montérské práce. Konstrukční práce probíhaly po dobu celých 8 měsíců, vzhledem k tomu, že docházelo při výrobě k přizpůsobování výkresové dokumentace odpovídajícím změnám. Co se týče prací montérských, do kterých je zahrnuta všechna montáž včetně svařování, lakování a elektroinstalace, tak tato doba byla přibližně 4 měsíce.

Možnosti snížení výrobní ceny zařízení byly uvedeny v kapitole 13 – položkový rozpočet. Prodejní cena filtračního zařízení byla předběžně stanovena na 220 000 Kč bez DPH. Do

této ceny je kromě všeho zahrnuta doprava zařízení k zákazníkovi, která se odvíjí vzhledem k rostoucím cenám pohonných hmot.

Před předáním zařízení finálnímu zákazníkovi bude zařízení důkladně odzkoušeno na vzduchotěsnost a objemové průtoky, které musí odpovídat daným hodnotám. Kromě zkoušky vzduchotěsnosti proběhne taky zkouška řídicí jednotky, zda odpovídá předepsaným funkcím. Zařízení bude taky dodáváno včetně provozního předpisu, který bude určovat odpovídající zacházení se zařízením.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: Příručka pro stavaře*. I. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-6883-0.
- [2] Y. Yan, P. B. Luh and K. R. Pattipati, "Fault Diagnosis of Components and Sensors in HVAC Air Handling Systems With New Types of Faults," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 21682-21696, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2806373.
- [3] HIRŠ, Jiří a Günter GEBAURER. *TZB – vzduchotechnika: Základní problematika vzduchotechniky*. I. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [4] FLAGAN, Richard C. a John H. SEINFELD. *Air pollution engineering*. 2. United States: Courier corporation, 2012. ISBN 978-0-486-48872-1.
- [5] HEMERKA, Jiří. *Odlučování tuhých částic*. Dot. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-010-1088-0.
- [6] LU, Shouci, Robert PUGH a Eric FORSSBERG. *Interfacial Separation of Particles: Surface properties of particles*. I. United States: Elsevier Science, 2005. ISBN 9780080495453.
- [7] HEMERKA, Jiří a Pavel VYBÍRAL. *Ochrana ovzduší*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-800-1046-463.
- [8] DAMANHURI, Muhamad, Amir ABDULAH a Abd HALID. *Air Filtration Study to Improve Air Quality: Proposed Study* [online]. 2014, , 8 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/303691561_Air_Filtration_Study_to_Improve_Indoor_Air_Quality_Proposed_Study
- [9] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-800-1063-781.
- [10] *Vše o průmyslu: Řízení a údržba průmyslového podniku: Suchý, či mokrý způsob odlučování prachu?* [online]. Tatramedia International, 2016 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/udrzba-a-diaagnostika/stroje-zarizeni-a-mechanika/suchy-ci-mokry-zpusob-odlucovani-prachu.html>
- [11] RICHTER, Miroslav a Otakar SÖHNEL. *Průmyslové technologie III: stroje a zařízení chemického průmyslu : [procesy, stroje a zařízení]*. Ústí nad Labem:

- Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2012. ISBN 978-80-7414-472-1.
- [12] SPARKS, T. a George G. CHASE. *Filters and filtration handbook*. Sixth edition. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, Elsevier, [2016]. ISBN 978-0-08-099396-6.
- [13] DE OLIVIERA, A.E. a V.G. GUERRA. Electrostatic precipitation of nanoparticles and submicron particles: Review of technological strategies. *Elsevier* [online]. 2021, **153**, 17 [cit. 2022-01-03]. ISSN 0957-5820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.07.043>
- [14] SPARKS, Trevor. *Solid - Liquid Filtration: A user's guide to minimizing costs and enviromental impact; maximizing quality and productivity* [online]. I. Oxford: Elsevier Science, 2012 [cit. 2022-01-03]. ISBN 9780080971155. Dostupné z: <https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpSLFAUGM6/toc>
- [15] SUTHERLAND, Ken. *Filters and Filtration: Handbook* [online]. Fifth Edition. Oxford: Elsevier Science, 2008 [cit. 2022-01-08]. ISBN 978-1-8561-7464-0. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9781856174640/filters-and-filtration-handbook>
- [16] *R+B FILTER: Reine Luft* [online]. Deutschland [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.rbfilter.de/filterpatronen-153-216-330-mm-ecotex>
- [17] *Hytex: Filtration Solution* [online]. Choceň: Studio Dialog 2014 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.hytexfiltration.cz/filtrace-plynu>
- [18] *Vzduchotechnika 1* [online]. Choceň [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: https://www.vzduchotechnika1.cz/Kapsovy-filtr-F7-do-filtracni-kazety-FCPS-100-160-d106_1045336395.htm
- [19] *Ventilarory.net* [online]. Proboštov [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.net/vfk-80-50.html>
- [20] MORSCHE, Patrick, Maurus BAUER, Christoph KESSLER a Herman NIRSCHE. *Description of the filter cloth deformation during backwashing filtration: Separation and Purification Technology* [online]. 2020, , 7 [cit. 2022-01-09]. ISSN 1383-5866. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117504](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117504)

- [21] *KAYSER FILTERTECH GROUP: Průmyslová filtrace plynů a kapalin* [online]. Vysoké Mýto: Webmium [cit. 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.kayser-filtertech.cz/>
- [22] BRÁT, Jiří. *Tučná fakta o tucích, aneb, Máme se bát tuků?*. Praha: Potravinářská komora České republiky, 2017. Publikace Platformy pro reformulace. ISBN 978-80-88019-30-5.
- [23] *Fat: Substance* [online]. Encyclopedia Britannica, 2020 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/fat>
- [24] GREGOR, Tomáš. *Technologie tuků* [online]. 2020, , 403 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/303/25241.pdf
- [25] *Tuky a jejich zpracování* [online]. Žižice, 2017 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.dromy.cz/tuky-a-jejich-zpracovani/>
- [26] TARRAGO – TRANI, Maria Teresa, Katherine M. PHILLIPS, Linda E. LEMAR a Joanne M. HOLDEN. New and existing Oils and Fats Used in Products with Reduced Trans – Fatty Acid Content. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2006, , 867-800 [cit. 2022-01-09]. ISSN 0002-8223. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.03.010](https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.03.010)
- [27] *Mazací oleje* [online]. Praha: ČAPPO, 2020 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/pohonne-hmoty-a-energie-pro-mobilitu/mazaci-oleje>
- [28] *OLEJE MPA s.r.o.: specialista na maziva* [online]. Most: InSION, 2022 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://oleje-mpa.cz/obrabeci-kapaliny/>
- [29] *Plymovent: clean air at work* [online]. Rumburk: JVB Engineering, 2013 [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <http://www.plymovent.cz/>
- [30] *WEMAC: Odsávání a filtrace olejových a emulzních aerosolů, mlhovin a prachů* [online]. 2022 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.wemac.cz/principy-filtrace/principy-filtrace/>
- [31] LAIN, Miloš. Nová česká legislativa pro větrání a klimatizaci. *TZB info* [online]. Seminář Janka 2013, 2013, 5 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vetrani-klimatizace/10199-nova-ceska-legislativa-a-normy-pro-vetrani-a-klimatizaci>

- [32] *Třídy práce a hodnoty související s rizikovými faktory, které jsou důsledkem nepříznivých mikroklimatických podmínek: Sbirka zákonů č.361/2007*. In: . Praha. Dostupné také z: <http://www.atre.cz/zakony/prilohy/07-361aa.pdf>
- [33] *HENNLICH TECH s.r.o.: Filtrační jednotky pro obráběcí stroje* [online]. Litoměřice: LIN – TECH, 2022 [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://lin-tech.hennlich.cz/produkty/filtrace-olejove-mlhy-12653/rada-coalfilter.html>
- [34] *G&G Filtration: Odlučovače mlhoviny* [online]. Šlapanice: Justmighty, 2022 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.ggfiltration.cz/produkty/odlucovace-mlhoviny/>
- [35] *Vzduchotechnik Chrastava: Odsávání olejové mlhy* [online]. Liberec, 2022 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.vzduchotechnik.cz/aplikace/olejova-mlha/>
- [36] *Nederman: Filtrace olejové mlhy* [online]. Praha: Nederman holding AB, 2022 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.nederman.com/cs-cz/applications/oil-mist-filtration>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
OSHA	Occupational Safety and Health Administration – Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci
PEL	Přípustné expoziční limity
HEPA	High Efficiency Particulate Arrestance – vysoce účinný systém zachycování pevných částic
PTFE	Polytetrafluorethylen
Pa	Pascal

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma typických systémů vzduchotechniky [1].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 2 Odlučování na filtračních vláknech, principy [9]</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 3 Schéma usazovací komory [7]</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 4 Žaluziový odlučovač [11]</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5 Cyklon [11].....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 6 Multicyklon [11]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 7 Rotační odlučovač [11]</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 8 Sprchová věž bez výplně [11]</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 9 Lopatkový odlučovač [11]</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 10 Pěnový odlučovač [11]</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 11 Samorozstříkovací pračka [11]</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 12 Ejektorová pračka [11].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 13 Ejektorová pračka [11].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 14 Schematický znázornění metody ESP [13]</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 15 Vertikální elektrostatický odlučovač [11].....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 16 Uspořádání horizontálního odlučovače [11]</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 17 Horizontální elektrostatický odlučovač [11].....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 18 Rozdělení filtračních tkanin [16,17,18,19].....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 19 Jemná částice zachycená na vlákne [15].....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 20 Olejová mlha [29].....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 21 Filtrační systém s pasivními filtračními elementy [30]</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 22 Filtrační zařízení COAL Filter [33]</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 23 Zařízení G&G Filtration – Beta S 800 [34]</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 24 Filtrační zařízení POC – JET [35].....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 25 Filtrační zařízení POC – OM [35]</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 26 Zařízení Nederman OSF 1000 FC [36].....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 27 Základní box filtračního zařízení</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 28 Sestava základního boxu</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 29 Výstup ze základního boxu filtračního zařízení doplněn o lamelový filtr.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 30 Lamelový Filtr</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 31 Průchozí box pro filtrační vložku</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 32 Sestava filtračního boxu</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 33 Neprůchozí box filtračního zařízení</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 34 Sestava neprůchozího boxu filtračního zařízení.....</i>	<i>67</i>

<i>Obr. 35 Filtrační kazeta</i>	67
<i>Obr. 36 Upnutí filtrační kazety</i>	68
<i>Obr. 37 Detail upnutí filtrační kazety</i>	68
<i>Obr. 38 Ventilátor Alteko RFE 355 upnutý pevnou přírubou k filtračnímu zařízení</i>	69
<i>Obr. 39 Detail stabilizační nohy</i>	70
<i>Obr. 40 Upnutí stabilizačních noh k zařízení</i>	70
<i>Obr. 41 Svázání jednotlivých boxů závitovými tyčemi</i>	71
<i>Obr. 42 Transportní oka zařízení</i>	72
<i>Obr. 43 Elektro instalace filtračního zařízení</i>	73
<i>Obr. 44 Připravené dveře boxů před osazením komponentů</i>	74
<i>Obr. 45 Uzavírací mechanismus s jazýčkem</i>	74
<i>Obr. 46 Diferenční manometr</i>	75
<i>Obr. 47 Sestava dveří zařízení</i>	75
<i>Obr. 48 Zkompletované boxy filtračního zařízení</i>	76
<i>Obr. 49 Detail bodových svarů na boxech</i>	77
<i>Obr. 50 Zkompletovaný základní – stavební box filtračního zařízení</i>	77
<i>Obr. 51 Detail svarů na základním boxu</i>	78
<i>Obr. 52 Dveře filtračního zařízení</i>	78
<i>Obr. 53 Zkompletovaný lamelový filtr filtračního zařízení</i>	79
<i>Obr. 54 Polyuretanový tmel a jeho aplikace</i>	80
<i>Obr. 55 Detail svařené hrany zařízení po aplikaci polyuretanového tmelu</i>	80
<i>Obr. 56 Sestava zařízení s HEPA blokem (vlevo) a bez HEPA bloku (vpravo)</i>	81
<i>Obr. 57 Základní stavební box po nalakování</i>	82
<i>Obr. 58 Průchozí box po nalakování</i>	82
<i>Obr. 59 Neprůchozí box po nalakování</i>	83
<i>Obr. 60 Osazení stabilizačních noh</i>	83
<i>Obr. 61 Osazení upínek pro filtrační kazetu</i>	84
<i>Obr. 62 Aplikace silikonového tmelu</i>	85
<i>Obr. 63 Kompletace zařízení</i>	85
<i>Obr. 64 Montáž závitových tyčí</i>	86
<i>Obr. 65 Tukový filtr</i>	86
<i>Obr. 66 Lamelový filtr</i>	87
<i>Obr. 67 Osazení tukového filtru s lamelovým filtrem</i>	87
<i>Obr. 68 Příruba pro filtrační kazetu</i>	88
<i>Obr. 69 Osazení těsnění dveří</i>	88

<i>Obr. 70 Upnutí filtrační kazety</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 71 Sestava dveří filtračního zařízení</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 72 Osazení dveří filtračního zařízení na jednotlivé boxy</i>	<i>90</i>
<i>Obr. 73 Osazení transportního oka</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 74 Elektroinstalace filtračního zařízení</i>	<i>92</i>
<i>Obr. 75 Sestava filtračního zařízení</i>	<i>92</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Základní materiály filtračních textilií a jejich tepelná odolnost [7].....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 2 Chemická odolnost filtračních materiálů [7].....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 3 Úprava filtrační patrony Fibretex [21]</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 4 Rozdělení tříd práce [32].....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 5 Technické údaje zařízení COALFILTER [33]</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 6 Technické údaje zařízení G&G Filtration [34]</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 7 Technické údaje zařízení POC – OM [35].....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 8 Technické údaje zařízení Nederman OSF 1000 FC [36].....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. 9 Položkový rozpočet</i>	<i>93</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Průměry částic a aerosolů

Příloha P II: Velikost částic a aerosolů

Příloha P III: Výkresová dokumentace

Příloha P IV: CD

PŘÍLOHA P II: VELIKOST ČÁSTIC

