

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky.**

---

Studijní program: **Zemědělská specializace (B4106)**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor:

Jakub Zdeněk

---

České Budějovice, 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub ZDENĚK**  
Osobní číslo: **Z11122**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**  
Název tématu: **Ventilační systémy zemědělských staveb**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Literární rešerši na zadané téma (zemědělské objekty - větrání, větrací systémy).
2. Výběr a charakteristiku (technické parametry, schéma umístění v objektu) ventilačního systému u zemědělského objektu.
3. Analýzu a vyhodnocení ventilačního systému ve sledovaném zemědělském objektu.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:


Günther-Hansen-Veit (1989): Technische Akustik. Expert Verlag: Esslingen;  
Lindley, J. A.; Whitaker, J. H. (1996): Agricultural buildings and structures. Agricultural Engineering Department, North Dakota State University, 1996, USA. ISBN: 0-929355-73-3;  
Matějka, J. (1991): Provozní pravidla pro větrání a vytápění stájových objektů. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství / Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe, 21/1991, Praha, 1991. 34 s.;  
Raul, L. Ventilační turbíny v průmyslových, sportovních, zemědělských a administrativních objektech. Stavebnictví a interiéry 4/2012;  
Kadlec, V. (1981): Větrání zemědělských objektů a servisní služba. SZN, Praha, 304 s.; Sborník příspěvků 8. konference "Větrání a vytápění zemědělských objektů" v Brně 1988, Dům techniky ČSVTS, Praha;  
ČSN ISO1996-2. Akustika - popis, měření a posuzování hluku prostředí: Část 2: Určování hladin hluku prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 23. ledna 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. ledna 2015

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: „Vzduchotechnika zemědělských budov“ jsem vypracoval samostatně, a to pouze s použitím citované literatury, která je uvedena v seznamu v závěru této práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47B zákona č. 111/1998 Sb, v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Zemědělskou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb- zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 13. 4. 2015

.....

Jakub Zdeněk

## Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali s realizací mé bakalářské práce. Jmenovitě bych rád poděkoval Ing. Marii Šístkové, CSc. za cenné rady, ochotu a poskytnuté materiály při zpracování bakalářské práce. Další, komu bych chtěl poděkovat, je pan Ing. Ondřej Brož z firmy ZVVZ Milevsko za spolupráci a poskytnutí materiálů a rad, dále jednatelem firmy Agroing Ing. Tomáši Svojanovskému a Ing. Petru Černákovi z oddělení vzduchotechniky z firmy Agroing za poskytnuté materiály, informace a umožněnou exkurzi v posklizňové lince Pluhův Žďár. V neposlední řadě patří veliký dík mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost při zpracovávání této práce.

## Abstrakt

Bakalářská práce se v teoretické části zabývá popisem ventilačních systémů a jejich jednotlivých částí použitých v zemědělských objektech. V praktické části je zaměřena na popis posklizňové linky a možnostmi úprav v jejím ventilačním systému. Popis a úpravy byly provedeny u posklizňové linky Pluhův Žďár. Práce se zabývá analýzou současného filtračního systému a dále jeho úpravou. V závěru práce byly parametry obou filtračních systémů porovnány a vyhodnoceny.

Klíčová slova: Vzduchotechnika, ventilátor, filtrace, prašnost,

## Abstract

Theoretical part of my bachelor thesis deals with the description of ventilation systems and their certain parts used in agricultural objects. Practical part focuses on the description of post harvest line and possibilities of its ventilation system. Description and alterations were made for post harvest line Pluhův Žďár. The thesis analysis the current filter system and its alteration. There are parameters of both filter systems compared and evaluated in conclusion.

Keywords: air conditioning, ventilator, filtration, dustiness

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Koncepce větracích zařízení</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Systémy bez rozvodů vzduchu</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Systémy s rozvodem vzduchu</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 Technologie aktivního větrání při skladování obilovin</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 Vzduchorozvodné systémy aktivního větrání .....	13
2.3.2 Obecné zásady aktivní ventilace .....	14
2.3.3 Stupně intenzity aktivního větrání .....	14
<b>2.4 Druhy aktivního větrání</b> .....	<b>14</b>
2.4.1 Pylonové větrání .....	14
2.4.2 Provdušňovací jehly.....	16
2.4.3 Podlahové větrání .....	16
<b>3 Ventilátory</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 Zařazení ventilátorů</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2 Definice ventilátoru a základní pojmy</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 Hlavní části ventilátorů</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4 Druhy ventilátorů</b> .....	<b>19</b>
<b>3.5 Charakteristiky ventilátorů</b> .....	<b>22</b>
<b>3.6 Možnosti řazení ventilátorů</b> .....	<b>23</b>
3.6.1 Paralelní řazení ventilátorů .....	23
3.6.2 Sériové řazení ventilátorů .....	24
<b>3.7 Regulace ventilátorů</b> .....	<b>25</b>
3.7.1 Regulace škrcením .....	25
3.7.2 Regulace změnou otáček .....	25
3.7.3 Víceotáčkové motory .....	26
3.7.4 Napěťová regulace .....	26
3.7.5 Kmitočtová regulace .....	26
3.7.6 Regulace natáčením lopatek .....	27
<b>3.8. Metody odpružení ventilátorů</b> .....	<b>27</b>
3.8.1 Typy pružných členů .....	27
<b>4 Potrubí a jeho součásti</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1 Konstrukce vzduchodů</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2 Spoje vzduchodů</b> .....	<b>33</b>
<b>4.3 Tepelná izolace vzduchodů</b> .....	<b>34</b>
<b>4.4 Zaregulování sítí vzduchodů</b> .....	<b>34</b>
<b>4.5 Příslušenství vzduchodů</b> .....	<b>35</b>
4.5.1 Regulátory konstantního průtoku .....	35
4.5.2 Regulační klapky.....	35

<b>5 Filtry – Suché mechanické odlučovače .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Třídění odlučovačů.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Druhy mechanických odlučovačů:.....</b>	<b>38</b>
5.2.1 Suché mechanické odlučovače .....	38
5.2.2 Gravitační odlučovače.....	38
5.2.3 Setrvačné odlučovače .....	39
5.2.4 Žaluziové odlučovače .....	39
5.2.5 Vírové odlučovače.....	39
5.2.6 Rotační odlučovače .....	46
<b>6 Látkové filtry.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1 Látkové filtry (pulse-jet) .....</b>	<b>48</b>
<b>6.2 Látkové filtry ventilační EFV .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3 Patronové filtry EFR .....</b>	<b>50</b>
<b>6.4 Látkové filtry EFP on-line.....</b>	<b>53</b>
<b>6.5 Látkové filtry EFP off-line .....</b>	<b>54</b>
<b>6.6 Řízení filtrů .....</b>	<b>54</b>
6.6.1 Mikroprocesorové řízení (MCS) .....	55
6.6.2 Řízení programovaným automatem (PLC) .....	55
<b>7 Útlum hluku ve vzduchotechnice.....</b>	<b>56</b>
<b>8 Ekonomie a provoz větracích a klimatizačních zařízení:.....</b>	<b>57</b>
<b>9 Cíl práce.....</b>	<b>58</b>
<b>10 Charakteristika posklizňové linky Pluhův Žďár: .....</b>	<b>59</b>
10.1 Princip posklizňové linky .....	59
10.2 Základní údaje o posklizňové lince .....	59
10.3 Technické schéma posklizňové linky .....	60
10.4 Soupis technologie .....	61
10.5 Potřeby energií pro celkový chod posklizňové linky:.....	62
10.6 Zajištění proti nadměrnému hluku.....	62
10.7 Zajištění proti nadměrné prašnosti .....	62
10.8 Analýza současného filtračního systému u čističky a předčističky.....	63
10.8.1 Předčistička typu SMA 202. ....	63
10.8.2 Čistička typu TAS 152A-2.....	64
10.8.3 Současný filtrační systém pro předčističku typu SMA 202. ....	65
10.8.4 Současný filtrační systém pro čističku typu TAS 152A-2.....	66
<b>11 Metodika .....</b>	<b>69</b>
11.1 Nahrazení suchého mechanického odstředivého odlučovače látkovým filtrem. ..	69
11.2 Technické údaje navržených látkových filtrů .....	70
11.3 Porovnání výstupní prašnosti cyklonů a látkových filtrů .....	73
11.4 Porovnání ceny u cyklonu a látkového filtru.....	74
<b>12 Vyhodnocení parametrů u cyklonů a látkových filtrů .....</b>	<b>75</b>
<b>13 Závěr .....</b>	<b>76</b>



<b>14 Seznam literatury.....</b>	<b>77</b>
<b>15 Zdroje obrázků a tabulek.....</b>	<b>78</b>
<b>16 Přílohy .....</b>	<b>79</b>
<b>16.1 Posklizňová linka Pluhův Žďár .....</b>	<b>79</b>

# 1 Úvod

Hustota ustájení zvířat v zemědělství je dnes taková, že bez větrání by provoz nebyl prakticky možný. Potřeba větrání je dána především produkcí škodlivin, které jsou seřazené (podle intenzity vzniku): vodní pára, kysličník uhličitý, čpavek, kysličník siřičitý. Největší je produkce vodní páry. Je-li dodržena její koncentrace daná požadovanou relativní vlhkostí, jsou koncentrace ostatních škodlivin pod přípustnými hodnotami. [1]

Tato práce se zabývá i tzv. aktivním větráním. Jedná se o skladování při zesílené výměně vzduchu. Skladovaná plodina je ošetřována chladnějším vzduchem, který je vháněn a je chladnější nejméně o 8° C než teplota samotné plodiny. Snižuje se tím vlhkost, teplota. Při správně prováděném aktivním větrání je vzduch plynule vyměňován.

Při manipulaci a úpravě obilovin, olejnin, luskovin, dochází k velké koncentraci obilního prachu. Je proto nutné nejprve oddělit dostatečně tento prach z plodin a poté i následný prach kvalitně odfiltrovat, aby se nedostal do ovzduší.

Obilní prach obsahuje veškeré nečistoty nebo přidané látky v prachu. Jsou to bakterie, endotoxiny, spory hub = plísně, hmyzu a zbytku hmyzích těl, rezidua pesticidů. Na kvalitu filtrace je proto potřeba dbát vysoké nároky, a to jak ze zdravotních, tak i bezpečnostních důvodů.

## 2 Koncepce větracích zařízení

Základní rozdělení je na větrání přirozené a větrání nucené.

### a) Přirozené větrání

Pro větrání se využívá vztlakových sil vyvolaných rozdílem teplot (jsou úměrné výškovému rozdílu mezi přiváděcími a odváděcími otvory) a nápoem větru (tlakový rozdíl je úměrný kvadrátu rychlosti). Pro toto větrání síly větru převládají (výškové rozdíly jsou poměrně malé). [1]

Přirozené větrání má samo o sobě nepříznivé vlastnosti, je nejintenzivnější obvykle v době nízkých teplot, kdy se větrání omezuje. Dosahy proudu u tohoto větrání jsou proměnlivé, takže je použitelné jen pro menší objekty. Jeho výhodou je, že pro chod nepotřebuje žádnou energii. [1]

Perspektivně se jeví výhodné spojit přirozené větrání se současnou řídicí technikou, která by automaticky zajišťovala otvírání větracích otvorů podle momentálních podmínek. Pro léto by měl mít tento systém posilovací odsávací ventilátory, protože vysoké výměny vzduchu jsou potřebné právě v době, kdy přirozené větrání funguje jen omezeně. [1]

### b) Nucené větrání

Nucené větrání můžeme rozdělit na systémy bez rozvodů vzduchu a s rozvody vzduchu. [1]

## 2.1 Systémy bez rozvodů vzduchu

Patří sem především systémy podtlakové, u nichž je vzduch odsáván axiálními ventilátory umístěnými ve stropě nebo ve speciálních šachtách a čerstvý vzduch je přiváděn z venku buď okny, nebo otvory, vytvořenými pro přívod vzduchu. Tento systém se příliš neosvědčil, protože ventilátory, které odsávají vlhký znečištěný vzduch, mají malou životnost a jejich výměna je obtížná. Kromě toho provětrávání prostoru otvory v obvodové stěně je nedokonalé. [1]

Různých kombinací je celá řada, např. odsávání přes deskový výměník, přičemž čerstvý vzduch se přivádí stejným výměníkem do podtlakového prostoru hal a pod. [1]

## 2.2 Systémy s rozvodem vzduchu

Čerstvý vzduch je přiváděn ventilátorem, obvykle radiálním, který může být umístěn mimo větraný prostor. Od ventilátoru se vzduch rozvádí vzduchovody, které obsahují potřebné výdechy. Plechový vzduchovod může být nahrazen perforovaným igelitovým nafukovacím potrubím. Toto potrubí je laciné a vhodnou perforací a uchycením může být snadno přizpůsobeno individuálním požadavkům. Odvádění vzduchu je zajišťováno přetlakovými otvory nebo okny. Běžné vyústky se pro jejich poměrně velký dosah pro aplikaci v zemědělských halách nehodí. V zimním období lze část vzduchu nasávat přímo z větraného prostoru jako vzduch oběhový. [1]

Tyto systémy mohou být kombinovány s nuceným odsáváním, přičemž odsávaný vzduch může být veden přes výměník pro zpětné získávání tepla. Tyto výměníky jsou v zemědělství velmi náchylné k zanášení a nemohou se instalovat bez filtrů.[1]

Kromě těchto základních alternativ je zejména na zahraničním trhu řada univerzálních jednotek, zajišťujících dobře regulovatelný přívod vzduchu, někdy ve spojení se zpětným získáváním tepla. Tyto jednotky jsou vhodné zejména pro menší haly, protože jsou nákladnější (při rozsáhlejších použití) než systémy centrální. [1]

Pro koncipování větrání je třeba využívat všechny tepelné zvláštnosti celého komplexu. Například je výhodné v zimě využívat čerstvý vzduch z půdního prostoru, protože se využívají tepelné ztráty stropem pro ohřev nasávaného vzduchu a kromě toho střecha působí při slunečním svitu jako kolektor. Naproti tomu v létě je účelné přes půdní prostor vzduch odvádět, protože se tím tento prostor vychlazuje. [1]

Vytápění, pokud je třeba, se zajišťuje co nejjednodušším způsobem. Potřeba tepla, vzhledem k produkci zvířat, není vysoká a většinou stačí ohřev jednou nebo dvěma trubkami položenými podél venkovní stěny. Pro nejmenší zvířata se používá místního podlahového vytápění nebo elektrických infralamp. [1]

## 2.3 Technologie aktivního větrání při skladování obilovin

Skladování obilovin za použití aktivního větrání (AV) slouží k ošetřování obilovin proudem vhněného vzduchu. Je kombinací způsobu (technologie) skladování zrna v suchém a zchlazeném stavu. Je založeno na propustnosti vzduchu obilnou hmotou. Zrno v násypu zaujímá asi 50 – 60 % objemu a zbytek objemu tvoří vzduch v mezizrnových prostorech. V 1 m<sup>3</sup> násypu obilí činí hmotnost zrna cca 700 kg a hmotnost vzduchu v mezizrnových mezerách cca 0,5 kg. Úbytek tlaku na jeden

metr výšky sloupce zrnin je cca 80 Pa. Při správně prováděném aktivním větrání je vzduch plynule vyměňován a s ohledem na konečnou hodnotu objemu mezizrnového vzduchu dochází k jeho mnohonásobně opakovaným výměnám. Užitím aktivního větrání je možno dosáhnout snížení teploty (zchlazení), snížení vlhkosti (sušení) a obnovení normálního fyzikálně – chemického stavu a složení vzduchu v mezizrnových prostorech obilního násypu (aerace) k uchování životaschopnosti obilí. [3]

K provozování aktivního větrání je třeba ventilační soustava sestávající se v základním provedení z výkonných ventilátorů, vzduchorozvodné soustavy a ovládacích prvků. [3]

Ventilátory musí splňovat tato kritéria:

- Dodávat potřebné množství vzduchu
- Zabezpečit potřebný tlak vzduchu k průchodu obilní hmotou (vrstvou násypu)
- Zajistit optimální rychlost průchodu vzduchu obilní hmotou vzhledem k jínavosti vzduchu
- Ve vztahu k ekonomičnosti provozu dosahovat co nejvyšší celkové účinnosti při minimálním příkonu. [3]

### 2.3.1 Vzduchorozvodné systémy aktivního větrání

Jsou užívány 3 základní typy v různých variantách konstrukčně – technického provedení:

- **Sací systém**

Je výhodný při dochlazování obilí, určeného k dlouhodobému skladování a odsátý vzduch je možno čistit, takže prostory nad obilním násypem jsou současně aspirovány. [3]

- **Tlačný systém**

Je vhodný při současném dosoušení a dochlazování zrna, zvláště při větším přetlaku a zvýšení tlaku dochází k poklesu vlhkosti vzduchu a vlivem kompresní práce ventilátorů ke zvýšení teploty vzduchu, což zvyšuje jeho sušící schopnost. [3]

- **Kombinovaný systém**

Je vhodný při aktivním větrání zrna ve vysokých násypných vrstvách, kde teplota vzduchu vstupujícího do obilí je blízká teplotě venkovního vzduchu. [3]

### 2.3.2 Obecné zásady aktivní ventilace

Vzduch použitý k AV musí mít takovou teplotu a relativní vlhkost, aby teplota rosného bodu byla nižší než teplota obilní hmoty.

U předběžné konzervace je cílem stabilizovat zrno AV ochlazením do doby, než bude usušeno. [3]

Následné ošetření představuje větrání a ochlazování zrna s vlhkostí vhodnou pro jeho skladování s cílem dosažení požadované nízké teploty. [3]

### 2.3.3 Stupně intenzity aktivního větrání

- **1.etapa** - snížení a udržení teploty zrna na 20 až 22°C po dobu několika týdnů za intenzivního AV, - dochází k max. snížení vlhkosti.
- **2.etapa** – snížení teploty pod 15°C, dochází ke snížení vlhkosti, omezení dýchání zrna a činnosti mikroorganismů
- **3.etapa** – snížení teploty pod 10°C, dosažení požadované skladovací vlhkosti. [3]

Z uvedeného vyplývá, že pro aktivní větrání je rozhodujícím sledovaným parametrem jeho teplota, jež by měla být nižší než teplota zrna. Naopak při následném ošetření zrna AV je rozhodujícím parametrem relativní vlhkost vzduchu, která rozhoduje o efektivnosti aktivního větrání. [3]

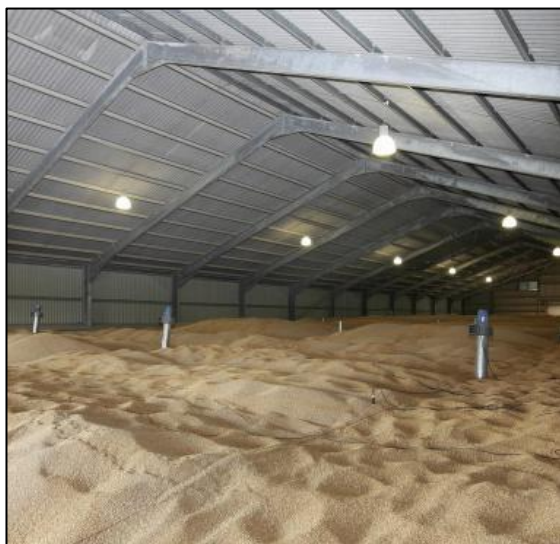
## 2.4 Druhy aktivního větrání

### 2.4.1 Pylonové větrání

Systém vertikálních pylonů s ventilátory slouží k chlazení, větrání a sušení obilovin, řepky, luskovin, brambor, ve vrstvě až 8 m. (**obr. 1**) Tento systém odsává vlhkost z mezer mezi zrny, nevyžaduje rovnou vrstvu a je použitelný až do 20 %. Jeden ventilátor může být použit pro více pylonů dle zvoleného režimu. Například při vlhkosti 15 % stačí jeden přenosný ventilátor na 8 pylonů. Tento systém aktivního pylonového větrání lze použít téměř ve všech typech skladů. (**obr. 2**) [4]



**Obrázek 1 – Vertikální pylon [1]**



**Obrázek 2 – Umístění pylonů ve skladu obilovin [1]**

### 2.4.2 Provzdušňovací jehly

Provzdušňovací jehly s ventilátory jsou určeny pro řešení tzv. horkých míst v uskladněném obilí. **(obr. 3)** Vysokotlaký sací ventilátor zaručuje vysokou účinnost tohoto zařízení. Provzdušňovací jehla se dodává i ve speciální úpravě pro likvidaci horkých míst v uskladněné řepce. Délka jehly je 2,4 m. [4]



**Obrázek 3** – Provzdušňovací jehly. [1]

### 2.4.3 Podlahové větrání

Přejezdné podpodlahové provzdušňovací kanály a podlahové perforované tunely slouží pro aktivní větrání obilovin a olejnin skladovaných v halách a boxech. [4] **(obr. 4)**

Maximální výška suroviny je 5 m. Zatížení přejezdných podpodlahových kanálů maximálně 7 tun na kolo. Axilní ventilátory (0,75 kW) pracují v sacím i tlačném režimu, radiální pouze v tlačném. **(obr. 5)** [4]





**Obrázek 4** – Podpodlahový provzdušňovací kanál [1]



**Obrázek 5** – Umístění ventilátorů napojených na podlahové větrání. [1]

## 3 Ventilátory

Ventilátory jsou důležitou součástí téměř všech vzduchotechnických zařízení. Oblast použití ventilátorů je velmi široká zahrnuje jak větrací a klimatizační zařízení pro občanské i průmyslové potřeby, tak i různá průmyslová technologická zařízení zejména v energetice, ocelárnách, sklárnách, cementárnách, chemickém a dřevařském průmyslu. S použitím ventilátorů se však setkáme také v textilních, stavebních a zemědělských strojích i v elektronice. [2]

### 3.1 Zařazení ventilátorů

Ve strojírenství zauímají stroje pro dopravu a stlačování vzdušnin význačné místo jak z hlediska výroby, tak použití. Tyto stroje možno rozdělit do skupin podle velikosti kompresního poměru, tj. poměru absolutního tlaku na výtlaku k absolutnímu tlaku na sání stroje. Stroje s kompresním poměrem blízkým 1 se nazývají ventilátory. Stroje s kompresním poměrem 1,5 až 3 se nazývají dmyhadla a stroje s kompresním poměrem větším než 3 se nazývají kompresory. Všeobecně však platí, že ventilátory se používají spíše pro dopravu vzdušnin, zatímco kompresory spíše pro jejich stlačování. [2]

Zatímco dmyhadla a kompresory je možno dělit na objemové a lopatkové stroje, ventilátory jsou výhradně lopatkovými stroji. Objemové stroje mají sací a výtlaký prostor stále od sebe navzájem oddělen, a to jak při pohybu pístu, resp. rotoru, tak i jsou-li tyto části v klidu. Objemové stroje mohou být pístové s vratným pohybem pístu, rotační s rotačním pohybem pístu a zubové. Lopatkové stroje mají sací a výtlaký prostor navzájem stále spojen. K stlačování vzdušiny dochází v důsledku dynamického působení lopatek na vzdušinu. Tento účinek je závislý na relativní rychlosti vzdušiny vůči lopatkám a projevuje se tedy pouze při pohybu rotoru. [2]

### 3.2 Definice ventilátoru a základní pojmy

Ventilátory jsou rotační lopatkové stroje, které jsou určeny ke kontinuální dopravě vzdušnin při malých kompresních poměrech. Hodnota tohoto poměru je obvykle v rozmezí 1,01 až 1,1, zřídka až 1,3 a zcela výjimečně u vícestupňových ventilátorů až 1,5. [2]

V průtočné části ventilátoru předává oběžné kolo vzdušně mechanickou energii, jejímž zdrojem je pohon ventilátoru. Přírůstek energie jednotkového objemu vzdušiny, vyjádřený zvýšením celkového tlaku vzdušiny při průchodu ventilátorem, se nazývá celkový tlak ventilátoru. Protože ventilátorem dopravovaná vzdušina je

stlačitelná a protože se při průchodu ventilátorem zvyšuje její tlak, mění se měrná hmotnost vzdušiny. Pro kompresní poměry menší než 1,03 se obvykle změna měrné hmotnosti zanedbává a změna stavu vzdušiny se uvažuje jako izochorická. Při větších kompresních poměrech se obvykle tato změna stavu vzdušiny uvažuje jako adiabatická. [2]

### 3.3 Hlavní části ventilátorů

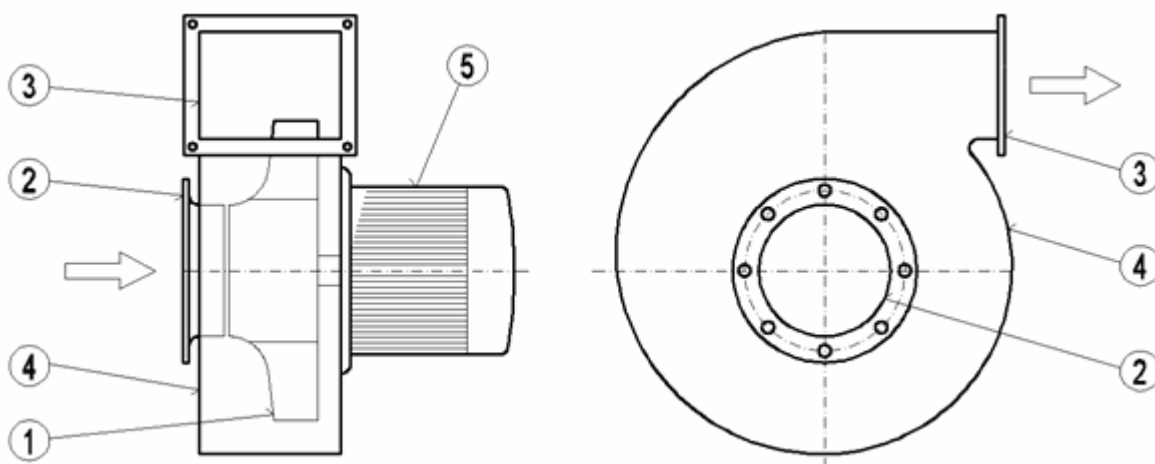
Ventilátor se zpravidla skládá z těchto základních částí: rotoru, skříně, základového rámu se stoličkami, pohonu, popřípadě převodového ústrojí. [2]

Rotor motoru se skládá z jednoho nebo více oběžných kol, hřídele a řemenice nebo poloviny spojky. Oběžné kolo je umístěno uvnitř skříně ventilátoru. Základový rám nese skříň, ložiskové a motorové stoličky a slouží k uložení ventilátoru na základ. [2]

### 3.4 Druhy ventilátorů

#### 3.4.1 Radiální ventilátory (obr. 6)

Hlavními součástmi radiálního ventilátoru jsou oběžné kolo (1), sací hrdlo (2), výtláčné hrdlo (3), spirální skříň (4) a elektromotor (5). Součástí oběžného kola jsou lopátkové kanály, které při otáčení zajišťují nasávání vzduchu v axiálním směru a výtlak ve směru kolmém na osu rotace (odtud radiální). Úkolem spirální skříně je obdobně jako u difusoru, přeměna kinetické energie na energii tlakovou. [5]



Obrázek 6 - Schéma radiálního ventilátoru [2]

Podle tvaru lopatek oběžného kola rozlišujeme radiální ventilátory s:

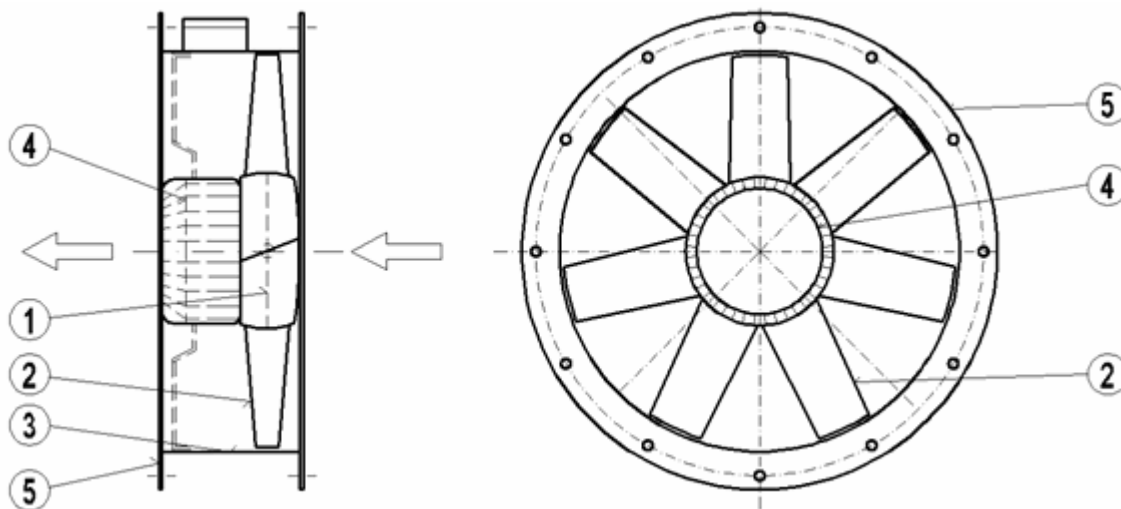
- dopředu zahnutými lopatkami
- dozadu zahnutými lopatkami
- radiálně zakončenými lopatkami [5]

Nejpoužívanějšími ventilátory ve větrací a klimatizační technice jsou nízkotlaké ventilátory s dopředu zahnutými lopatkami. Oběžné kolo s konstantní šířkou je konstrukčně jednoduché, i když počet lopatek je značný (cca 40 až 50). Jako materiál bývá nejčastěji použit pozinkovaný plech. Celková účinnost tohoto typu ventilátoru dosahuje hodnot 0,55 až 0,65. [5]

Účinnější jsou ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami, jejichž celková účinnost se pohybuje v rozmezí 0.8 až 0.85. Tyto ventilátory se vyrábějí především jako středotlaké a vysokotlaké. Oběžná kola jsou většinou svařovaná s menším počtem lopatek (6 až 15). [5]

### 3.4.2 Axiální ventilátory (obr. 7)

Jeho základní schéma je znázorněno na obrázku, skládá se zpravidla z rotoru (1), oběžných lopatek (2), pláště (3), elektromotoru (4). Potrubní provedení axiálních ventilátorů bývá opatřeno přírubami (5). U axiálních ventilátorů proudí vzduch ve směru osy otáčení oběžného kola a používají se tam, kde je požadován velký průtok vzduchu bez vysokých nároků na dopravní tlak. [5]



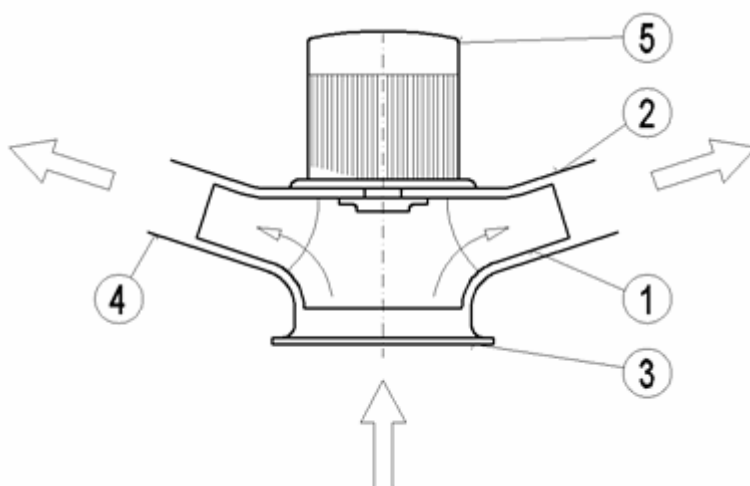
**Obrázek 7** – Schéma axiálního ventilátoru [2]

Axiální ventilátory je možné dále rozdělit na přetlakové a rovnotlaké. U přetlakových ventilátorů je statický tlak za oběžným kolem vyšší než před ním. Objemové průtoky se pohybují v širokém pásmu hodnot a používají se nejčastěji pro

větrací a klimatizační zařízení, ale i pro chladicí věže atd. Celková účinnost těchto ventilátorů se pohybuje kolem hodnoty 0,85. Zejména v průmyslu se pak používají ventilátory rovnotlaké, u kterých je statický tlak za oběžným kolem stejný jako před kolem (v oběžném kole se proud vzduchu urychluje). Za oběžným kolem ventilátoru (průměr až 3 m) je umístěn difuzor, ve kterém při poklesu dynamického tlaku roste tlak statický. Objemový průtok vzduchu dosahuje opět značných hodnot (až 300 m<sup>3</sup>/h), celková účinnost je cca 0,8. [5]

### 3.4.3 Diagonální ventilátory (obr. 8)

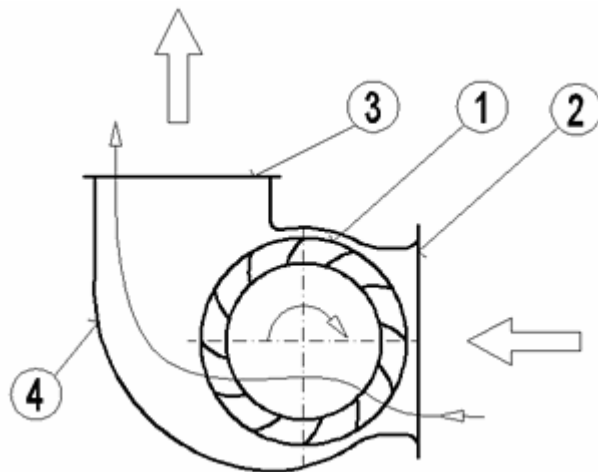
Diagonální ventilátor připomíná konstrukcí oběžného kola spíše radiální ventilátor, ve skutečnosti se jedná o přechod mezi axiálním a radiálním ventilátorem. Vzduch proudí do ventilátoru v axiálním směru, tedy ve směru osy rotace oběžného kola, avšak výtlak z ventilátoru je pod úhlem menším než 90°. Schéma tohoto typu ventilátoru je na obrázku 3, kde jsou vyznačeny hlavní součásti: oběžné kolo (1), skříň ventilátoru (2), sací hrdlo (3), výtlačné hrdlo (4) a elektromotor (5). [5]



**Obrázek 8** – Schéma diagonálního ventilátoru [2]

### 3.4.4 Diametrální ventilátory (obr. 9)

Schéma diametrálního ventilátoru je naznačeno na **obr. 9**. Ventilátor nasává vzduch na vnějším obvodu oběžného kola (1) v sacím hrdle (2). Vzduch prochází příčně oběžným kolem a opět vystupuje na vnějším obvodu, odkud je dále vyfukován do výtlačného hrdla (3). Po obvodě oběžného kola jsou rozmístěny dopředu zahnuté lopatky. Šířka oběžného kola bývá 1 až 5-ti násobek vnějšího průměru oběžného kola. Tyto ventilátory se používají tam, kde je nutné nasávat vzduch v širokém podélném rozměru, např. je možné se s nimi setkat u některých typech jednotek fan-coil. Celková účinnost tohoto typu ventilátoru bývá 0.45 až 0.55. [5]



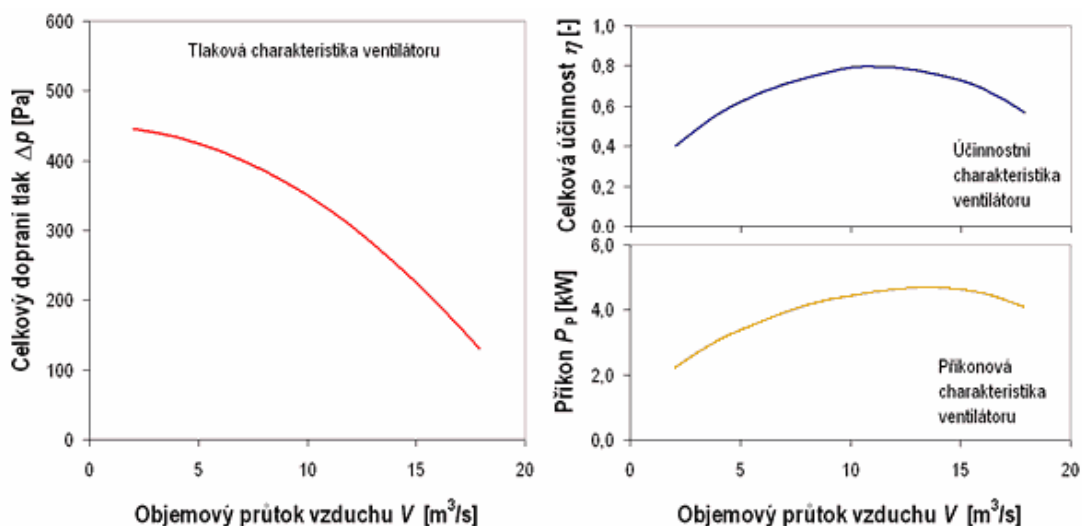
Obrázek 9 – Schéma diametrálního ventilátoru [2]

### 3.5 Charakteristiky ventilátorů

Na **obr. 10** jsou znázorněny obecné charakteristiky ventilátoru, mezi něž patří:

- tlaková charakteristika –  $\Delta p = f(V)$
- příkonová charakteristika –  $P_p = f(V)$
- účinnostní charakteristika –  $\eta_c = f(V)$  [6]

Charakteristické křivky jsou určeny měřením a výrobce je udává v katalogovém listu ventilátoru. Obvykle jsou vlastnosti ventilátorů udávány pro určitý stav vzduchu ( $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ): [6]

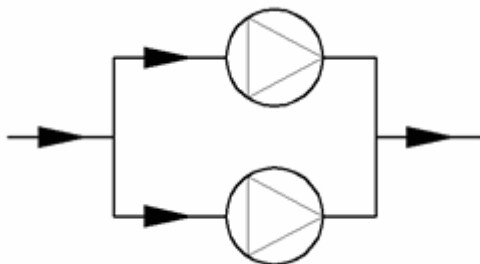


Obrázek 10 – Obecné charakteristiky ventilátoru [2]

### 3.6 Možnosti řazení ventilátorů

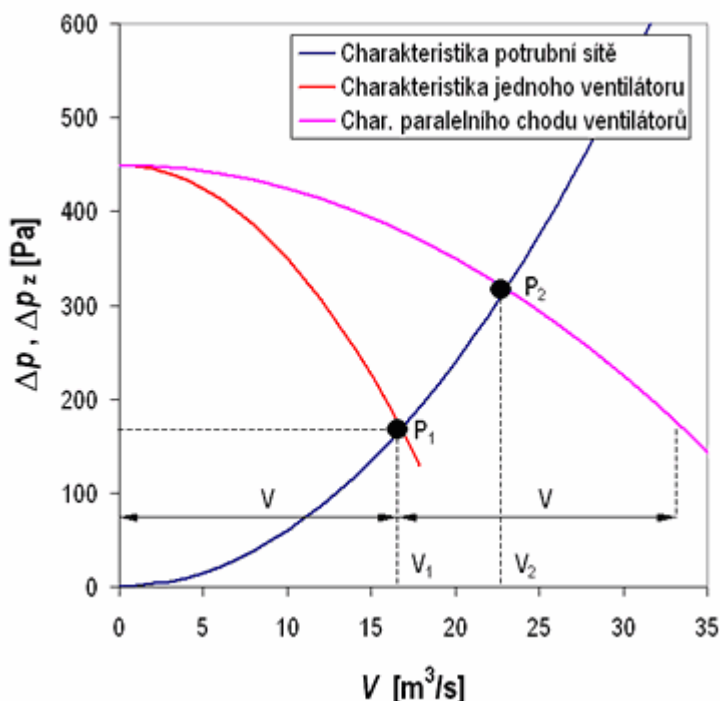
#### 3.6.1 Paralelní řazení ventilátorů

Pokud chceme dosáhnout vysokého objemového průtoku (nebo z důvodu regulace průtoku), lze zařadit ventilátory paralelně vedle sebe. (**Obr. 11**) . [6]



**Obrázek 11** – Paralelní řazení ventilátorů [3]

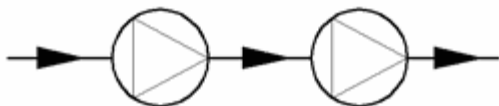
Na **obr. 12** je znázorněna tlaková charakteristika dvou stejných paralelně řazených ventilátorů, která se získá součtem objemových průtoků při stejném dopravním tlaku. Modře je znázorněna charakteristika potrubní sítě. Jak vyplývá z obrázku, paralelním zařazením dvou ventilátorů do dané potrubní sítě se nezíská dvojnásobný průtok vzduchu ( $V_2 < 2V_1$ ). Při zařazení dvou nestejných ventilátorů, resp. ventilátorů s různým celkovým dopravním tlakem, může dojít ke vzniku zpětného proudění ve ventilátoru s nižším dopravním tlakem. [6]



**Obrázek 12** – Tlaková charakteristika dvou stejných paralelně řazených ventilátorů [3]

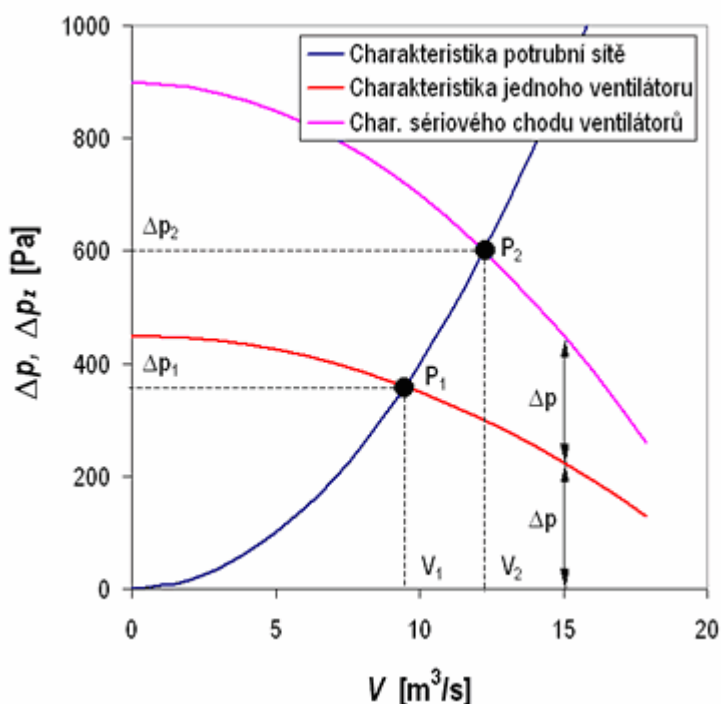
### 3.6.2 Sériové řazení ventilátorů

Sériové řazení ventilátorů se používá zřídka, většinou, když chceme dosáhnout vyšších dopravních tlaků. (Obr. 13) . [6]



Obrázek 13 – Sériové řazení ventilátorů [3]

Na obr. 14 je znázorněna tlaková charakteristika dvou stejných sériově řazených ventilátorů, která se získá součtem celkových dopravních tlaků při stejném objemovém průtoku. Teoretický výsledný dopravní tlak nedosáhne dvojnásobku celkového dopravního tlaku jednoho ventilátoru ( $\Delta p_2 < 2\Delta p_1$ ), jak je zřejmé z obrázku. Navíc první ventilátor narušuje proudění před druhým, což může výsledný dopravní tlak ještě o něco snížit. [6]



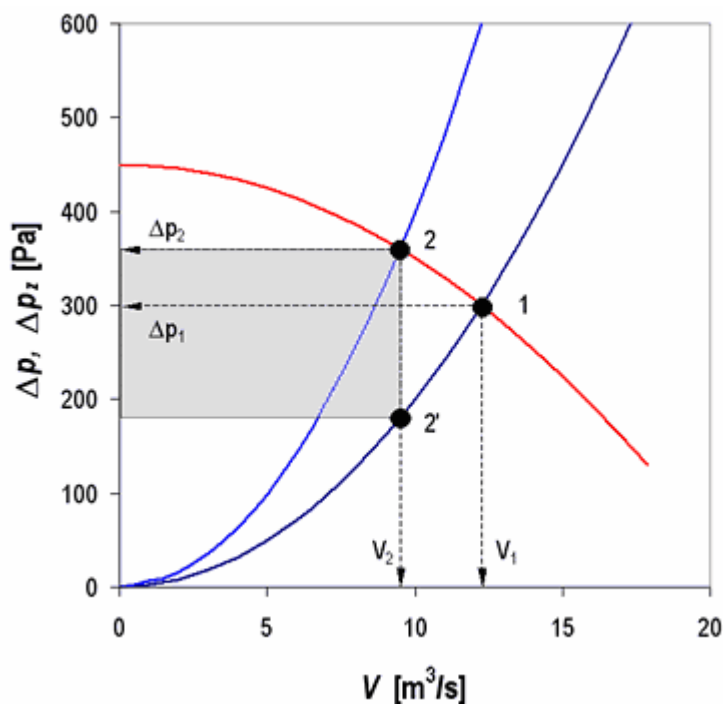
Obrázek 14 – Tlaková charakteristika dvou stejných sériově řazených ventilátorů [3]



## 3.7 Regulace ventilátorů

### 3.7.1 Regulace škrcením

Regulace škrcením se provádí nejčastěji klapkami, které se zařazují buď před, nebo za ventilátor, čímž dojde ke změně charakteristiky potrubní sítě (změna místního odporu) a tím ke změně pracovního bodu ventilátoru. (**obr. 15**) Z hlediska energetické náročnosti se jedná o regulaci ztrátovou. [6]



**Obrázek 15** – Regulace ventilátoru škrcením s naznačením zmařeného výkonu [3]

### 3.7.2 Regulace změnou otáček

Regulace změnou otáček motoru je jednou z nejehospodárnějších regulací. Při změně otáček dojde ke změně charakteristiky ventilátoru, při zachování charakteristiky potrubní sítě. (**Obr. 16**) Při změně pracovního bodu z 1 na 2 však dojde ke změně účinnosti ventilátoru (zpravidla k horšímu, pokud bod 1 je optimálním pracovním bodem ventilátoru). Existuje několik možností, jak měnit otáčky motoru. [6]

### 3.7.3 Víceotáčkové motory

Základní možností je použití víceotáčkových motorů (většinou dvou, nebo tři – otáčkových). Změna otáček je uskutečňována skokově, přepínáním počtu polů u asynchronních motorů. Otáčky rotoru lze stanovit ze vztahu:

$$n = \frac{120f}{p}(1 - s)[1/min]$$

f – frekvence [Hz]

p – počet polů [-]

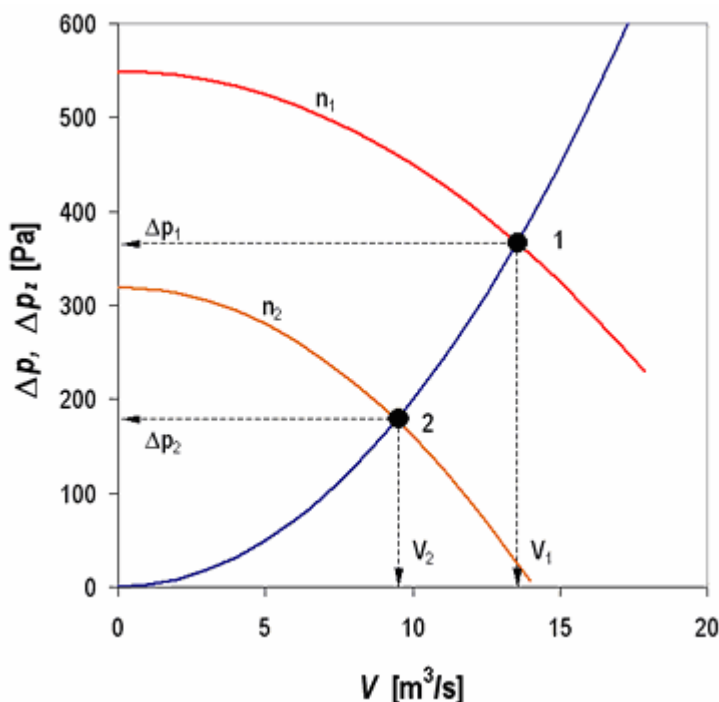
s - skluz ( po rozběhu bývá skluz od 2 do 5%) [6]

### 3.7.4 Napěťová regulace

Napěťová regulace je založena změně napětí, která je uskutečňována zařazením odporu do obvodu rotoru (např. motory s kroužkovou kotvou). Regulace výkonu ventilátoru může probíhat např. v 5-ti stupních s krokem cca 20 %, čemuž odpovídá 5 pracovních charakteristik ventilátoru. Tento způsob regulace je vhodný pro nízkotlaké ventilátory, neboť část příkonu elektromotoru se přeměňuje na teplo. [6]

### 3.7.5 Kmitočtová regulace

Optimální regulací z hlediska energetické náročnosti je regulace kmitočtu. Jedná se o plynulou regulaci výkonu, která umožňuje regulovat průtok vzduchu v plném rozsahu od 0 do 100 %. Pro tento typ regulace se používají frekvenční měniče a lze použít pro všechny typy ventilátorů. Zejména je tato regulace vhodná pro vyšší výkony ventilátorů. [6]



**Obrázek 16** – Regulace ventilátoru změnou otáček ventilátoru [3]

### 3.7.6 Regulace natáčením lopatek

Natáčením lopatek (ve směru shodném s otáčením oběžného kola) v sání radiálních ventilátorů s dozadu zahnutými lopatkami dojde ke změně charakteristiky ventilátoru (snižuje se dopravní tlak). Tím dojde ke změně pracovního bodu ventilátoru. U nízkotlakých ventilátorů se tento druh regulace projevuje jako škrčení. [6]

U axiálních ventilátorů lze použít natáčení lopatek oběžného kola. Taková řešení je sice hospodárné a umožňuje regulaci v širokém rozsahu průtoku, avšak konstrukčně je složité a drahé. [6]

## 3.8. Metody odpružení ventilátorů

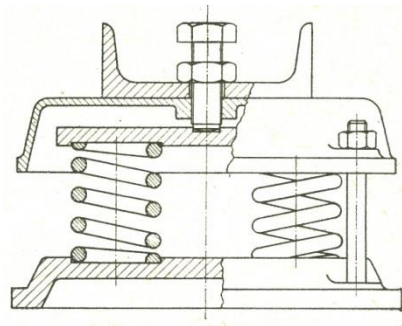
### 3.8.1 Typy pružných členů

K pružnému uložení ventilátoru lze použít libovolných pružných elementů. Hlavním úkolem je navrhnout pružné elementy tak, aby jejich tuhost odpovídala správnému naladění kmitavé soustavy, kterou tvoří pružně uložené těleso. Při volbě pružných elementů je třeba přihlídnout k jejich specifickým vlastnostem a podle těch vybrat elementy, které splňují nejvíce požadavků daných charakterem ukládaného

stroje. Nelze-li splnit všechny požadavky jedním typem pružin, lze kombinovat i několik typů pružin tak, aby se jejich vlastnosti vzájemně účelně doplňovaly. [7]

### 3.8.1.1 Pružiny ocelové

Ocelové pružiny se hodí zejména pro uložení strojů s malým počtem otáček. Mohou být velmi měkké a jejich tuhost, která při statickém a dynamickém namáhání je stejná, se dá velmi přesně stanovit. Tvar ocelových pružin může být různý. Běžné bývají pružiny šroubové a z nich opět tlačné válcové pružiny z drátu kruhového průřezu. Tyto pružiny se obvykle vkládají do pánví, takže pružný element je tvořen několika válcovými šroubovými pružinami. Příklad takového pružného elementu je na **obr. 17**. Ocelových pružin je používáno u odpružení ventilátorů o veliké hmotnosti. [7]



**Obrázek 17** – Příklad ocelového pružného elementu [4]

### 3.8.1.2 Pružiny pryžové

Hodnoty udávající mez pevnosti pryže jsou mnohem menší než u oceli. Naproti tomu má však pryž výhodné vlastnosti, které se nevyskytují u kovů. Nejvýraznější vlastností pryže je její schopnost velkých elastických deformací. Protože pryž je objemově nestlačitelná, může nastat pružení pouze tehdy, může-li se pryž vychýlit do stran. Modul pružnosti pryže v tlaku se pohybuje od 10 do 90  $\text{kp/cm}^2$ . Pryž může pojmout též více měrné energie napjatostí než jiné materiály. Další důležitou vlastností pryže je její tlumící schopnost. Porovnání s rovnocennou kmitající soustavou s ocelovými pružinami ukázalo, že rezonanční výchylka u pryžových pružin je 1/5 až 1/50 rezonanční výchylky u ocelových pružin. To je tak velké tlumení, že lze v mnoha případech použít pryžových pružin jako tlumičů. Pryž je také schopna absorbovat zvukové vlny. Vysokofrekvenční kmitání, které je ocelovými pružinami přenášeno, se pružinami pryžovými tlumí. Pro tyto vlastnosti (velká elasticita, schopnost tlumení otřesů a zvuku) se pryž velmi dobře hodí k výrobě pružin a tím i k odpružení ventilátorů. Pro výrobu pryžových pružin se používá jen nejlepších kaučukových směsí, které odolávají velkému namáhání. K

pružnému ukládání strojů se dnes používá několika pryžových směsí, které jsou normalizovány. Pryžové pružiny se vyrábějí buď pouze z pryže, nebo ve spojení s kovem v různém provedení. [7]

V ČR jsou například nejvíce používané izolátory ISTAKO s ocelovými pružinami. V katalogu těchto výrobků jsou izolátory děleny nejenom podle tuhosti, ale i podle únosnosti. Je nutné kontrolovat zatížení izolátorů gravitačními silami. Ocelové pružiny jsou v tělese izolátoru předepnuty. Minimální zatížení vychází z podmínky uvolnění izolátoru z krajní polohy. Maximální zatížení odpovídá případu, kdy pružiny uvnitř izolátoru budou stlačeny na doraz. [7]

Při návrhu pružného uložení nutno pamatovat i na pomocné instalace, jako je přívod elektrické energie, uzemnění, připojovací potrubí apod. Tyto instalační prvky musí být pružně odděleny od stroje, tzn., elektrické přívody musí být realizovány ohybově měkkými kabely, připojovací potrubí musí být přerušeno kompenzátory. Při návrhu pružného uložení se uvažují budící síly, které prokazatelně na stroj působí a to jejich nejnižší harmonické složky. Jsou to nejčastěji síly o frekvenci odpovídající provozním otáčkám. Vyšší harmonické složky v důsledku vyššího činitele naladění nemají na velikost amplitudy kmitů a velikost přenášených sil do základu podstatný vliv. [7]

## 4 Potrubí a jeho součásti

Vzduchovody se přivádí vzduch k větrání nebo klimatizaci prostorů a odvádí vzduch se škodlivinami z těchto prostorů nebo od technologických zařízení. Na správném návrhu a provedení sítí vzduchovodů závisí dobrá činnost celého zařízení. Spolu se součástmi rozvodu (vyústkami, regulačními, uzavíracími a protipožárními klapkami, izolacemi, spoji a závěsy, čistícími otvory, žaluziemi příp. regulátory průtoku) tvoří významnou položku v investičních nákladech. Energie potřebná k překonávání tlakových ztrát, které vznikají při dopravě vzduchu, je významnou položkou provozních nákladů. Jejich projekčnímu návrhu, konstrukci, výrobě, montáži i provozu je proto třeba věnovat náležitou pozornost. [1]

### 4.1 Konstrukce vzduchovodů

Většina vzduchovodů je z tenkého ocelového pozinkovaného plechu. Tloušťka plechu je odstupňována podle rozměrů potrubí a skupiny, která charakterizuje provozní podmínky. Jmenovité rozměry podle českých norem jsou v **tab. 1**. [1]

**Tabulka 1** – Jmenovité rozměry potrubí z ocelového plechu (mm)

Průměr		70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	
Tloušťka	I	∅	0,5											0,6					
		□	-											0,6					
	II	∅	0,8			1,0						1,3						1,5	
		□	-			1,0						1,3						1,5	
	SPIRO	-	0,5			0,7						0,9							
	VTK	-	0,8			1,0						-							
Průměr		500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500			
Tloušťka	I	∅	0,8				1,0						1,3				-		
		□	0,8				1,0						1,3				-		
	II	∅	-			1,5			2,0			2,5			-				
		□	-			1,5			2,0			-			-				
	SPIRO	0,9			-						-				-				
	Podtržené rozměry nejsou doporučeny pro čtyřhranné potrubí. Potrubí SPIRO se vyrábí v délkách podle potřeby až do 4 m.																		

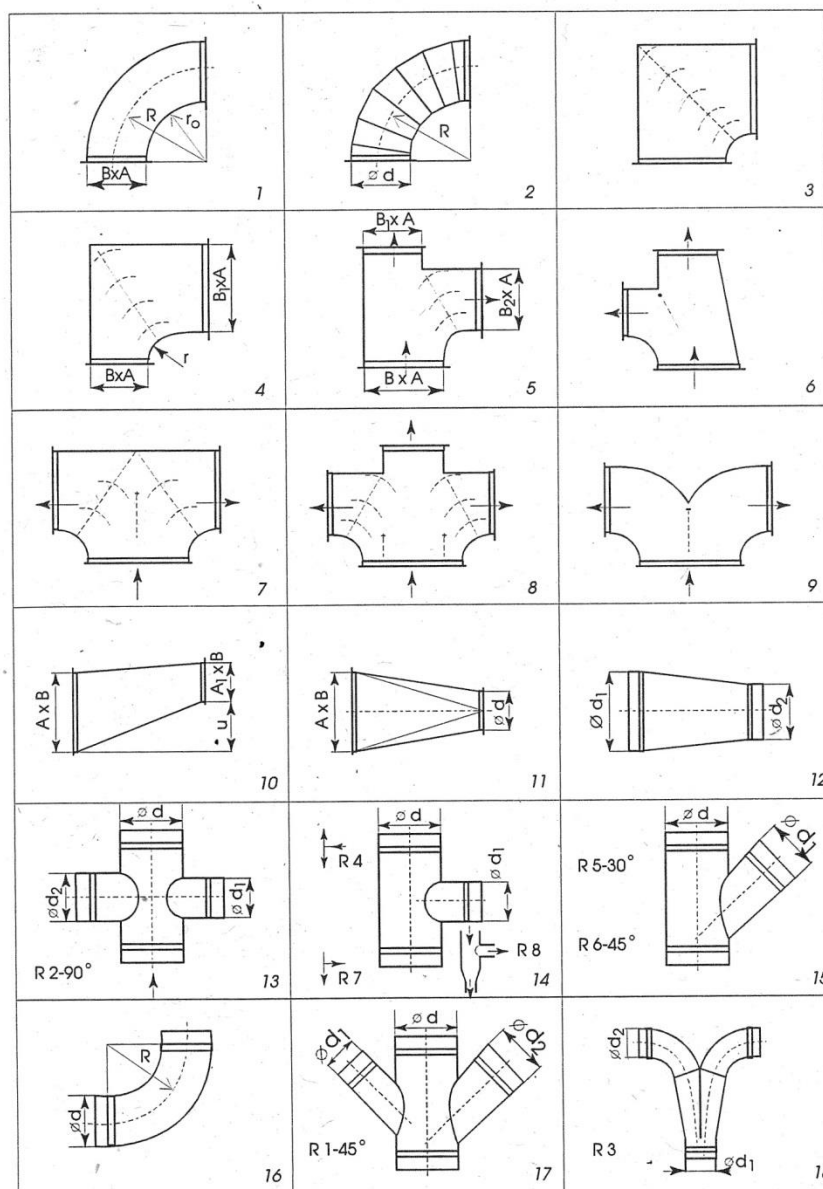
Zdroj: J.Chyský, K.Hemzal a kolektiv 1993 [5]

Nejčastěji používané potrubí je kruhového průřezu. Kruhové vzduchovody se méně zanášejí prachem a jsou menším zdrojem aerodynamického hluku. Jsou proto používány k dopravě vzduchu vyššími rychlostmi. Výroba čtyřhranných tvarovek nevyžaduje speciální strojní vybavení. Proto se u nás vyrábí až ¾ vzduchovodů čtyřhranných avšak ve vyspělých zemích státech je kruhových vzduchovodů

vyráběno až 70%. Při potřebě překonat při montáži kruhového potrubí přednost čtyřhranného, které se lépe přizpůsobí stavbě, vedou se dva kruhové vzduchovody paralelně. [1]

Betonové a zděné vzduchovody se projektují zejména u průmyslových staveb jako součást konstrukce budovy. Pro značnou tepelnou kapacitu nesmějí být součástmi regulačních obvodů a slouží k nasávání venkovního, příp. k obvodu odpadního vzduchu. Vzduchovody asbestocementové nejsou hygienicky vhodné pro možnost úletu asbestových vláken. Vzduchovody z folií slouží dobře k přívodu vzduchu pásem perforace ve stěně, odolávají korozi, nezastiňují prostor a jsou levné. Novodurové vzduchovody a (a ventilátory) slouží k odsávání vysoce korosivních plynů, teploty plynu příp. okolí nesmí přestoupit mez, při které se novodur deformuje (asi 60° C). Vzduchovody z textilií se uplatňují současně jako válcové nebo půlválcové velkoplošné výústky. [1]

Tvarovky slouží ke změně směru a rychlosti nebo k rozdělení či spojení proudů vzduchu. Oblouky, kolena, přechody a rozbočky mají mít tvar, při kterém budou tlakové ztráty malé. Kolena ostrá, bez vnitřního zaoblení nebo alespoň zkosení mají velkou tlakovou ztrátu a jsou zdrojem hluku. Proto se v současné době nenavrhují. K usměrnění proudu vzduchu se vkládají do kolen vodící plechy. Kolena s vodícími plechy nejsou vhodná pro větve na sání ventilátorů, kde je nebezpečí stažení papírů, látek a vláken, které by koleno ucply. Druhy tvarovek jsou na **obr. 18**. [1]



**Obrázek 18** – Běžné tvarovky vzduchovodů pro rozvod: 1-11 nízkotlaký, 12-18 vysokotlaký, 1) oblouk, 2) oblouk pro kruhové potrubí většího průměru, 3) ostré koleno, 4) přechodové koleno, 5,6) odbočky, 7-9) rozbočky, 10) odskok s přechodem, 11) přechod čtyřhranného průřezu na kruhový, 12) přechod, 13) rozbočky 90°, 14) odbočka 90°, 15) odbočka 45°, 16) oblouk, 17) rozbočka 2x45°, 18) rozbočka s obloukem. [5]

Difuzory pro malou tlakovou by neměly mít uhel stěn větší než 14°. U krátkých difuzorů s velkým požadavkem na změnu průřezu je účelné rozšířit stěny s malým optimálním úhlem a ukončit je náhlým rozšířením. [1]



Odbočky a rozbočky čtyřhranného potrubí lze požadovat s regulačními listy a s vodícími plechy. Životnost vzduchovodů (u pozinkovaných 20 až 25 let) se zvyšuje ochrannými nátěry proti korozi. [1]

Pružné (flexibilní) roury se používají k připojení koncových jednotek, stropních vyústek a zákrytů místně odsávaných strojů. Jsou svíjeny z jedné až tří vrstev tenkého hliníkového pásku a tvarovou přizpůsobivostí umožňují předlisovaná zvlnění pásků. Pro průmyslové účely jsou hadice pryžové se zalitou drátěnou kostrou. [1]

## 4.2 Spoje vzduchovodů

Jednotlivé díly vzduchovodů se spojují převážně přírubami, kruhové SPIRO potrubí se spojuje vsuvnými spojkami těsněnými nátěrem hustší barvou nebo speciálním tmelem příp. přelepením textilní nebo plastovou páskou. Mezi příruby se vkládá těsnící provazec nebo deskové těsnění z pásků profilované nebo ploché pryže. Podélné spoje trub a konstrukční spoje tvarovek jsou přehybové. [1]

Netěsnostmi spojů, převážně přírubami, uniká část dopravovaného vzduchu (ve větvích na výtlaku ventilátoru), nebo se do vzduchovodu vzduch přidává. Netěsností pronikající vzduch je zdrojem nehospodárnosti a jeho nerespektování může být příčinou nedostatečné výkonnosti vzduchotechnického zařízení případně zdrojem provozních potíží. [1]

Pro posouzení potřebné ekonomické těsnosti jsou rozděleny vzduchovody podle účelu do tříd:

- A) Běžné odsávání
- B) Přívod vzduchu s filtrací a ohřevem
- C) Větrání s chlazením
- D) Klimatizace
- E) Klimatizace s vysokými nároky na čistotu [1]

### 4.3 Tepelná izolace vzduchovodů

Změny teploty přiváděného vzduchu způsobené tepelnými ztrátami případnými tepelnými zisky prostupem tepla stěnami vzduchovodů spolu s netěsnostmi vzduchovodů mohou být příčinou provozních závad (nedostatečné vytápění nebo chlazení místností na konci sítě vzduchovodů). Změnu teploty vzduchu ve vzduchovodech je proto třeba kompenzovat zvýšením průtoku koncovými úseky a potrubí izolovat. Izolace potrubí také snižují nebezpečí kondenzace vlhkosti. [1]

### 4.4 Zaregulování sítí vzduchovodů

Účelem zaregulování je zajistit úpravou tlakových ztrát, aby vyústkami proudily žádané průtoky vzduchu. [1]

Postup spočívá v postupném poměrném (proporcionálním) nastavování průtoků odbočkami. Postupuje se od konce hlavní větve směrem k ventilátoru. Nejbližší vyústka se vybere za referenční. Měřením zjištěné průtoky referenční a zaregulovanou vyústkou se porovnají a regulační klapkou u regulované vyústky se nastaví průtoky do stejného poměru, jako jsou projektem stanovené. Každým přestavením regulační klapky se mění průtoky ve všech větvích a tedy i referenční vyústkou. Proto je potřeba po každém přestavení klapky dvojici měření opakovat. [1]

Tímto postupem se zaregulují nejen koncové větve, ale i všechny rozbočky. Požadovaný průtok se zajistí přizpůsobením průtoku ventilátorem průtoku požadovaného např. úpravou otáček. Před zahájením tlakových úprav je třeba síť připravit. Musí být uspokojivé výsledky měření netěsnosti, všechny regulační klapky musí být otevřené. K zajištění správné funkce je vhodné dodržovat průtoky s tolerancemi (5 až 15) %. [1]

Průtok vyústkami, kde se porovnávají poměrné hodnoty, je účelné měřit stejným přístrojem, protože se téměř eliminují chyby měření. Kromě měření lopatkovými anemometry je vhodnou metodou plnění nafukovacího vaku. [1]

## 4.5 Příslušenství vzduchovodů

Součástí sítí vzduchovodů jsou regulační klapky, regulátory konstantního průtoku a požární klapky. [1]

K úpravě průtoku většími obdélníkovými průřezy se instalují regulační klapky vícelistvé. Pro jednorázové zaregulování průtoku se vkládají mezi příruby plechy, kterými se vytvoří jednoduchá clona. Regulační klapky v kruhovém vzduchovodu mají pro zrovnoměnění regulační charakteristiky průměr  $d$  menší, než má vzduchovod. Hlučnost klapky se touto úpravou sníží, klapku však nelze použít jako uzavírací. [1]

### 4.5.1 Regulátory konstantního průtoku

Udržují nastavenou hodnotu (obvykle s tolerancí  $\pm 5\%$ ) v širokém rozmezí tlaků v potrubí před regulátorem. Vytvářejí vhodné podmínky pro funkci koncových prvků rozvodu. Při umístění ve všech koncových úsecích zajišťují stejný průtok každou z vyústek bez ohledu na tlakové poměry v síti. Sítě pak nevyžadují zaregulování a zvýšené investiční náklady se vyplatí zejména u sítí s výrazným vlivem změn tlaku v místnostech na průtok vyústkami a u obtížně zaregulovatelných sítí. Průtok regulátory je pevně nastavitelný nebo přestavitelný. [1]

### 4.5.2 Regulační klapky

Vzduchotechnické klapky (vícelisté) mají listy souběžné nebo protiběžné. Změna průtoku vzduchu způsobena natočením listů závisí na autoritě klapky, kterou je poměr tlakové ztráty zcela otevřené klapky a ztráty tlaku v síti (včetně klapky), která je klapkou řízena, tj. části zařízení, na jehož koncích se tlak nemění při natočení klapky. Průtok se mění s natočením klapky přibližně lineárně při  $P_k = 0,03$  až  $0,06$  u protiběžných a při  $P_k = 0,1$  až  $0,15$  u souběžných klapek. Pro stabilní regulační pochod je účelné přizpůsobit těmto hodnotám tlakovou ztrátu navrhovaných klapek volbou vhodné velikosti příp. dodatkovým odporem. [1]

## 5 Filtry – Suché mechanické odlučovače

Také nazývané zkráceně vzduchové filtry, jsou určeny k zachycování příměsí ze vzduchu venkovního nebo i oběhového u vzduchotechnických zařízení.

Různé druhy odlučovačů mají určité společné vlastnosti, především převládající princip odlučování, podle kterých je lze rozdělit do několika skupin. [8]

### 5.1 Třídění odlučovačů

Ve světě i u nás se ustálilo třídění odlučovačů do 4 základních skupin, které lze dále podle některých společných vlastností dělit do následujících podskupin:

#### Suché mechanické odlučovače:

- **Gravitační**
- **Setrvačné**
- **Vírové**
- **Rotační**

#### Mokrý mechanické odlučovače:

- **Sprchové**
- **Setrvačné**
- **Vírové**
- **Proudové**
- **Pěnové**
- **Rotační**

#### Filtry:

- **Průmyslové**
- **Atmosférického vzduchu**

#### Elektrické odlučovače:

- **Komorové**
- **Trubové[8]**

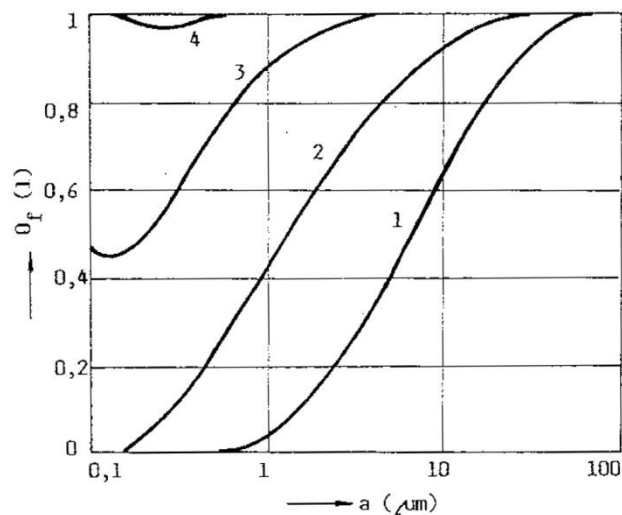
Základními odlučovacími principy u suchých mechanických odlučovačů jsou setrvačný, odstředivý a gravitační princip. U mokrých mechanických odlučovačů se využívá k odlučování částic setrvačný, případně odstředivý princip. U filtrů působí prakticky všechny odlučovací principy – difuzní, intercepční, setrvačný, případně i elektrický. U průmyslových filtrů po určité době provozu dochází k odlučování částic pouze na povrchu filtrační vrstvy, tvorbě tzv. filtračního koláče a následnému odlučování částic na vrstvě již odloučených částic. Elektrické odlučovače jsou založeny na využití elektrického principu. [8]

Celková odlučivost  $O_c$  závisí na zrnitosti vstupujícího prachu, vyjádřené např. křivkou zbytků  $Z_p(a)$  a na odlučovacích schopnostech odlučovače, vyjádřených při daném provozním stavu závislosti **frakční odlučivosti** na velikosti částic  $O_f(a)$ , tedy:

$$O_c = f[Z_p(a), O_f(a)]$$

Celková odlučivost proto není vlastností odlučovače. Základní vlastností odlučovače z hlediska jeho odlučovacích schopností je závislost  $O_f(a)$ , která udává, jak se za daného provozního stavu odlučují jednotlivé velikosti částic – **frakce**. Závislost  $O_f(a)$  u jednotlivých druhů odlučovačů vychází z odlučovacích principů, které se při odlučování uplatňují. Lze jí vypočítat z příslušných kritériálních rovnic nebo stanovit experimentálně. [8]

Typické průběhy závislostí  $O_f(a)$  u jednotlivých skupin odlučovačů jsou uvedeny na **obr. 19**. [8]



**Obrázek 19** - Typické průběhy závislostí  $O_f(a)$  u jednotlivých skupin odlučovačů:  
 1) – suché odlučovače, 2) – mokré mechanické, 3) – elektrické, 4) – filtry [6]

## 5.2 Druhy mechanických odlučovačů:

### 5.2.1 Suché mechanické odlučovače

Suché mechanické odlučovače patří mezi nejstarší a v praxi dosti rozšířené odlučovače. Jsou založeny na využití gravitačního, setrvačného a odstředivého principu k odlučování částic. [8]

Charakteristickými vlastnostmi celé této skupiny odlučovačů jsou:

- jednoduchá konstrukce
- provozní spolehlivost
- nenáročnost na obsluhu a údržbu
- nižší pořizovací náklady
- nižší spotřeba energie
- vhodnost i pro vyšší teploty plynu [8]

Nevýhodou těchto odlučovačů je nízká odlučivost pro jemné frakce. Mezi odlučivostí různých typů těchto odlučovačů se pohybuje v širokém rozmezí velikostí  $a_m = 2$  až  $100 \mu\text{m}$ . Měrná spotřeba energie je nízká a pohybuje se přibližně v rozmezí  $K_p = 0,1$  až  $0,3 \text{ kW/h/1000 m}^3$ .

Tlaková ztráta  $\Delta p_z$  se určuje pomocí součinitele vřazeného odporu  $\zeta$ , vztaženého k dynamickému tlaku charakteristické rychlosti. [8]

Samotně použité splňují tyto odlučovače jen výjimečné požadavky na emisní limity, a proto se většinou používají jako první stupeň u vícestupňových odlučovacích systémů k odloučení hrubších frakcí částic. [8]

### 5.2.2 Gravitační odlučovače

Gravitační neboli tíhové odlučovače patří mezi nejjednodušší odlučovače, využívající k odloučení částic gravitačního principu. Nejběžnějším typem těchto odlučovačů je usazovací komora. Všeobecně lze gravitační odlučovače hodnotit jako odlučovače s nízkou odlučivostí, kde vhodnou volbou rozměrů lze docílit meze odlučivosti  $a_m$  až  $30 \mu\text{m}$ . Tlaková ztráta gravitačních odlučovačů je nízká, neboť rychlosti proudu v odlučovači jsou nízké. Odlučovače lze použít pro vyšší teploty i abrazivní prachy a vysoké koncentrace jako předodlučovač. [8]

Naopak jako nevhodné se hodnotí jejich použití pro lepkavé a vláknité prachy. Nevýhodou těchto odlučovačů je velký půdorysný i obestavěný prostor a z toho

pramenící nevýhodné měrné ukazatele půdorysné plochy i obestavěného prostoru. Lze je kombinovat s prašníky. [8]

### **5.2.3 Setrvačné odlučovače**

Jsou založeny na využití setrvačného odlučovacího principu při průtoku plynu vhodné profilovanými překážkami. [8]

Tzv. lamelový setrvačný odlučovač. Plyn protéká několika řadami lamel a částice se i po případném odskoku od odlučovací plochy soustřeďují v okrajových částech lamely, kde nerušeně sedimentují do výsypky. K lepšímu čištění odlučovacích ploch se používá vibrační zařízení nebo odlučovač pracuje v mokřém provedení. [8]

Na výstupu z mokřých odlučovačů se k odlučování kapek používá jiný typ lamelového setrvačného odlučovače. Kapičky se při průchodu plynu lamelami odlučují v kapsách a kapalina po jejich stěnách stéká do sběrného prostoru. [8]

### **5.2.4 Žaluziové odlučovače**

Žaluziový odlučovač má poměrně nízkou tlakovou ztrátu. Nevýhodou těchto typů odlučovačů je nevhodnost pro vysoké koncentrace a pro lepidivé a abrazivní prachy. Jako výhodné se jeví ukazatele měrné spotřeby materiálu a měrné prostorové ukazatele. Žaluziový odlučovač vyžaduje doplňkové zařízení pro odloučení částic z dílčího proudu. Toto lze řešit různými systémy, např. paralelně řazeným vírovým odlučovačem s vývodem zpět do proudu plynu za žaluziovým odlučovačem nebo s použitím pomocného ventilátoru a vývodem zpět do prostoru před odlučovačem. [8]

Kromě uvedeného rovinného uspořádání existují i uspořádání lopatkové mříže ve tvaru kužele. Obecně se jako výhodné jeví uspořádání, kde vstup plynu je ve vertikálním směru shora dolů a při odlučování i odsunu částic spolupůsobí gravitační princip. [8]

### **5.2.5 Vírové odlučovače**

Vírové odlučovače, neboli cyklóny, patří mezi široce rozšířené suché mechanické odlučovače. Tyto odlučovače patří mezi nejstarší druhy a od svého prvního uplatnění již v 19. století prošly dlouholetým konstrukčním vývojem, takže dnes existuje celá řada různých typů a provedení. [8]

Základem všech typů je využití odstředivé síly, která působí na částice při spirálním průchodu plynu válcovou a případně i kuželovou částí odlučovače a vyvolává v radiálním směru relativní rychlost částice  $\mu_p$ , kolmou k odlučovacím plochám. [8]

Charakteristickými znaky vírových odlučovačů je jednoduchá konstrukce, malá spotřeba materiálu, nenáročná obsluha a snadná údržba, poměrně malá tlaková ztráta. Jsou použitelné pro náročnější provozu při vyšších koncentracích částic i vyšších teplotách plynu. V závislosti na typu, velikosti, objemovém průtoku a parametrech plynu se mez odlučivosti  $a_m$  pohybuje v širokém rozmezí hodnot zhruba 2 až 40  $\mu_m$ . Ukazatel spotřeby energie  $K_p$  se pohybuje přibližně v mezích 0,15 až 0,3 kW/h/1000  $m^3$ . Nevýhodou těchto odlučovačů je náchylnost k zalepování a snížená životnost při použití pro abrazivní prachy a nízká odlučivost pro jemné částice. [8]

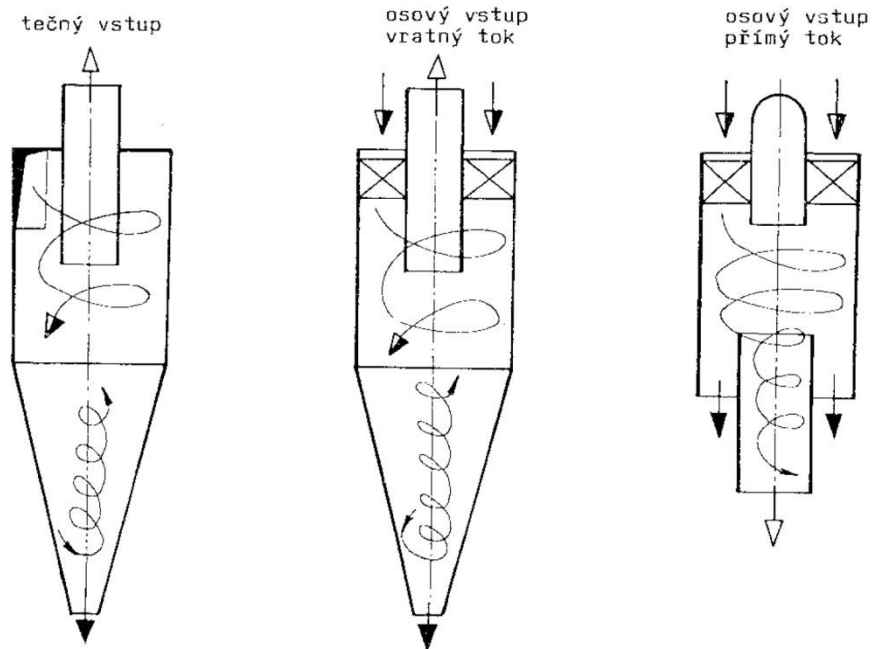
Jako samostatné odlučovače vyhoví dnes zákonným emisním limitům jen některé typy a pouze u vybraných technologií, např. při odlučování hrubšího dřevního odpadu. Základní uplatnění vírových odlučovačů lze spatřovat jako součást odlučovacích systémů, kde působí jako první odlučovací stupeň zejména u technologií s vysokými vstupními koncentracemi částic. V případě odlučování prachových částic u posklizňové linky je použití cyklonu ideální z důvodu dostatečné efektivnosti a jednoduché údržby. [8]

Podle způsobu, jakým se u odlučovače dosahuje rotace plynu, dělíme vírové odlučovače (články) na základní typy:

- S tečným vstupem
- S osovým vstupem a vratným tokem
- S osovým vstupem a přímým tokem [8]

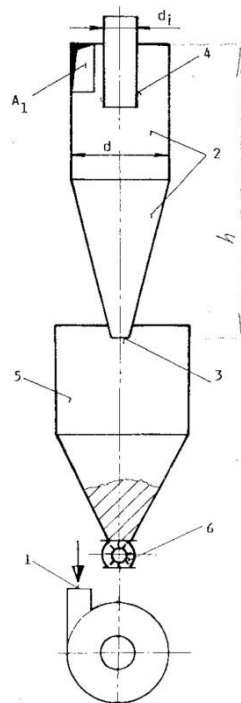
Jednotlivé typy jsou znázorněny na **obr. 20**.



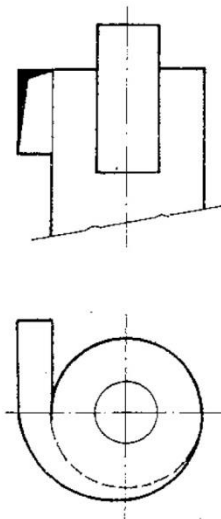


**Obrázek 20** – Základní typy vírových odlučovačů – článků

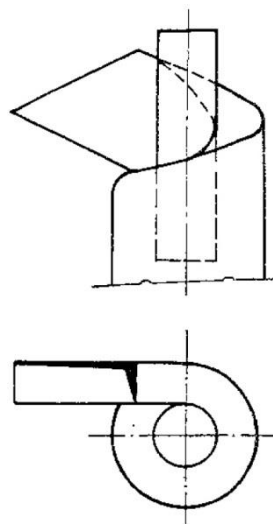
Nejběžnějším typem je vírový odlučovač s tečným vstupem. Základní uspořádání je **kolmý tečný vstup** – (obr. 21). Kromě tohoto uspořádání existují i uspořádání se **spirálovým vstupem** – (obr. 22) a typy se **šroubovým vstupem** – (obr. 23). [6]



**Obrázek 21** – Vírový odlučovač s kolmým tečným vstupem [6]



**Obrázek 22** – Virový odlučovač se spirálovým vstupem [6]



**Obrázek 23** – Virový odlučovač se šroubovým vstupem [6]

U uspořádání s kolmým tečným vstupem vstupuje plyn do odlučovače vstupním otvorem 1) o průřezu  $A_1$  a přivádí se do odstředivé komory 2), která se skládá z válcové části průměru  $d$  (průřez  $A$ ) a kuželové části. Plyn proudí vnější sestupnou spirálou směrem k výmetnému otvoru 3), kde se v osovému směru obrací a proudí vnitřní vzestupnou spirálou k výstupní trubce 4) kterou opouští odlučovač. Částice se vlivem odstředivé síly pohybují v radiálním směru směrem ke stěnám válcové i kuželové komory a spirálním sestupným pohybem v mezní vrstvě se dostávají výmetným otvorem do prostoru výsypky 5), která je uzavřena tlakovým závěrem (rotační uzávěr 6) nebo šoupátko). [8]

Proudění uvnitř článku je velmi složité. Kromě základního sestupného a vzestupného spirálového pohybu koná plyn vířivý pohyb v důsledku párového víru, který se vytváří při kruhovém proudění. Rychlostní pole je dále ovlivněno mezní vrstvou na stěnách odlučovače. Protože vnější spirální proud při vyšších průtocích

často zasahuje až do výsypky, bývá rychlostní pole ovlivněno i zpětným proudem z výsypky. [8]

Existuje několik teoretických modelů odlučování částic ve vírovém odlučovači. Vzhledem ke značné složitosti děje však žádný z modelů nemůže přesně postihnout skutečné poměry v odlučovači a vždy se jedná pouze o určité zjednodušení. I tak lze však dosáhnout základní představy o vlivu jednotlivých parametrů na odlučovací proces. [8]

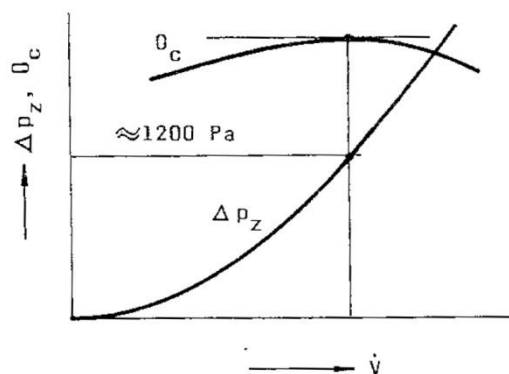
Vyšší odlučivosti se dosahuje u provedení s menším vstupním průřezem, tedy vyšší hodnotou  $V_1/V_d$ . Vyšší odlučivosti se rovněž dosahuje u vyšších a štíhlejších článků (poměr  $h/d$ ). Průměr výstupní trubky  $d_i$  má vliv na poměr koncentrací  $C/C_1$ . U uspořádání s menším průměrem  $d_i$  se dosahuje vyšší odlučivosti. [8]

Z dalších provozních vlastností vírových odlučovačů je důležitá jejich životnost. Ta je dána úbytkem materiálu stěn vlivem abraze částic a klesá u daného prachu se čtvrtou až pátou mocninou vstupní rychlosti  $v_1$ , dále se zmenšujícím se průměrem článku  $d$  a zvyšující se koncentrací  $C_1$ . [8]

Vírové odlučovače se zpravidla provozují při pracovních režimech, kde se tlaková ztráta pohybuje v rozmezí  $\Delta p_z = 500$  až  $1200$  Pa. Při nižších tlakových ztrátách  $\Delta p_z < 500$  Pa protéká článkem malý objemový průtok plynu a dosahuje se nízká odlučivost. Při vyšších průtocích, při kterých je  $\Delta p_z > 1200$  Pa, zasahuje sestupný spirálový proud plynu výrazně do výsypky a při zpětném proudu dochází k vynášení již odloučených částic zpět z výsypky. Tento jev, který se projevuje na poklesu celkové odlučivosti  $O_c$ , je ilustrován na **obr. 24**. [8]

Zvláštní případ tvoří odlučování lehkých částic s malou hustotou částic  $\rho_c$ , kde lze zmíněný pokles celkové odlučivosti  $O_c$  pozorovat již při tlakové ztrátě  $\Delta p_z = 600$  Pa. Proto se při odlučování lehkých částic, mezi které lze počítat např. dřevní odpad – piliny a hobliny, doporučuje pracovní režim při  $\Delta p_z < 500$  Pa. [8]

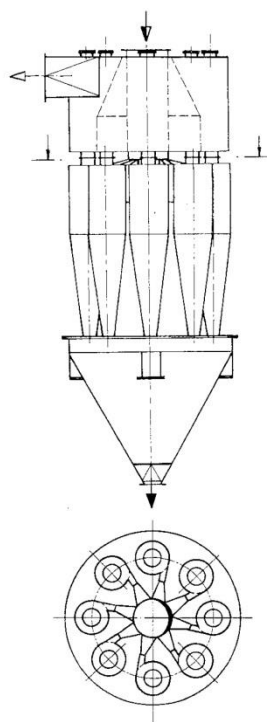
Z uvedeného vyplývá, že jedinou cestou použití vírových odlučovačů pro vyšší objemové průtoky při zachování vyšší odlučivosti a přiměřené tlakové ztráty je paralelní řazení článků menších průměrů do odlučovacích sestav. [8]



**Obrázek 24** – Závislost celkové odlučivosti  $O_c$  na objemovém průtoku  $V$  [6]

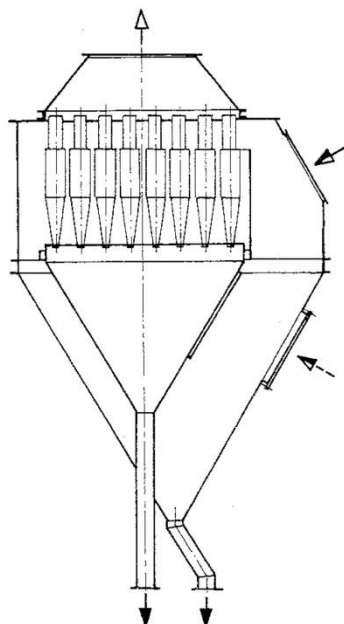
Vlastní řešení vícečlánkových sestav můžeme rozdělit na dvě základní provedení – **skupinové odlučovače** a bateriové uspořádání (multicyklony).

U skupinových odlučovačů mají jednotlivé články řešen samostatný vstup a bývají většinou v kruhovém uspořádání o 4 až 16 článcích. Příklad skupinového odlučovače je uveden na **obr. 25**. U skupinových odlučovačů jsou výmetné otvory článků zavedeny do společné výsypky a rovněž výstupní trubky bývají zavedeny do společného výstupního kusu. Průměry článků  $d$  se u těchto uspořádání pohybují zhruba v rozmezí 475 až 1600 mm. [8]



**Obrázek 25** – Skupinový odlučovač [6]

U bateriového uspořádání se odlučovač skládá z většího množství menších článků a odlučovač je charakteristický tím, že buď všechny články, nebo skupina mají společný vstup a články jsou zaústěny do společné výsypky. Příklad bateriového uspořádání odlučovače je uveden na **obr. 26**. Průměry článků se u těchto uspořádání pohybují zhruba v rozmezí 160 až 630 mm a jejich počet může dosahovat od 6 do několika set. [8]



**Obrázek 26** – Bateriový odlučovač [6]

Konstrukční řešení skupinových i bateriových odlučovačů musí splňovat některé základní požadavky, které vyplývají z provozních vlastností jednotlivých článků. Aby bylo možno u sestavy předpokládat stejnou odlučivost jako u samotného článku, musí být zajištěno rovnoměrné rozdělení plynu do jednotlivých článků. Není-li tato podmínka splněna, dochází společnou výsypkou k sekundárnímu proudění mezi jednotlivými články a následkem toho dochází k celkovému poklesu odlučivosti sestavy. [8]

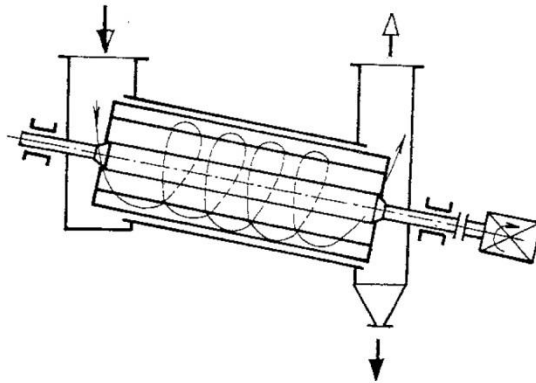
Při nerovnoměrném rozdělení částic na jednotlivé články dochází k nerovnoměrnému opotřebení článků a tím ke snížení životnosti celé soustavy. Rovnoměrné rozdělení plynu a koncentrace částic se u jednotlivých konstrukčních řešení dosahuje vhodným uspořádáním vstupních kusů, různými vestavbami a bývá předmětem patentové ochrany. [8]

Další zmenšování průměrů článků pod 160 mm je u bateriového uspořádání omezeno sníženou životností článků malých průměrů a zvýšeným nebezpečím zalepování jemnými částicemi. Důležitým konstrukčním požadavkem je přístupnost k jednotlivým článkům pro případ výměny. [8]

### 5.2.6 Rotační odlučovače

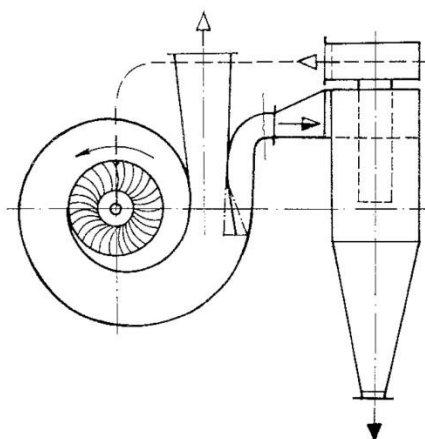
Rotační odlučovače se u nás vyskytují málo. Jsou charakteristické tím, že část odlučovače vykonává rotační pohyb a přivádí plyn do rotace. Podle způsobu, jakým se plyn přivádí do rotace, dělíme tyto odlučovače na typy odstředivkové a ventilátorové. [8]

Příklad odstředivkového typu rotačního odlučovače je uveden na **obr. 27**. Základem odlučovače je soustava rotujících soustředných válců. Při průchodu plynu těmito válci je plyn uveden do rotace a částice se vlivem odstředivé síly odlučují na vnitřních stěnách válců. Odvod odloučených částic do sběrného prostoru se uskutečňuje přetržitým způsobem. Ve vhodných časových intervalech se sníží otáčky válce a uzavírací klapkou se uzavře průtok plynu. K zajištění odvodu částic je osa válců skloněna pod určitým úhlem směrem ke sběrnému prostoru. Uvedený typ rotačního odlučovače vyžaduje zvláštní zdroj sání. [8]



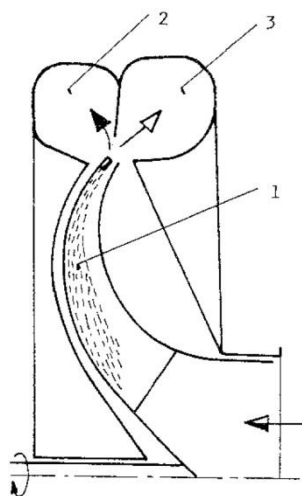
**Obrázek 27** – Odstředivkový typ rotačního odlučovače [6]

Ventilátorový typ rotačního odlučovače je znázorněn na **obr. 28**. U tohoto typu se rotace plynu ve spirální skříně vyvolává oběžným kolem ventilátoru, který zároveň plní funkci zdroje sání. Částice se vlivem odstředivé síly soustřeďují na vnější straně spirální skříně, odkud vstupují spolu s dílčím proudem plynu do paralelně řazeného vírového článku malého průměru, kde se odloučí. Plyn se z vírového článku vrací zpět do prostoru sání ventilátoru. [8]



**Obrázek 28** – Ventilátorový typ rotačního odlučovače [6]

Princip jiného ventilátorového typu rotačního odlučovače je schematicky znázorněn na **obr. 29**. Částice se při průchodu ventilátorovým kolem 1) s vhodně tvarovaným profilem lopatek odlučují vlivem odstředivé i Coriolisovy síly na lopatkách, odkud jsou na obvodu odstředovány do sběrného prostoru 2) ve tvaru prstence. Tento prostor je ve spodní části přímo napojen na výsypku. Vyčištěný plyn proudí do spirální skříně 3). [8]



**Obrázek 29** – Ventilátorový typ rotačního odlučovače jiného typu [6]

Společným znakem rotačních odlučovačů bývá kompaktní konstrukce a malý obestavěný prostor. Používají se pro čištění plynů s menšími objemovými průtoky. Jsou nevhodné pro odlučování abrazivních a lepivých prachů. U ventilátorových typů lze dosáhnout meze odlučivosti  $a_m < 10 \mu\text{m}$ , tedy hodnoty srovnatelné s vysoce účinnými vírovými odlučovači. [8]

## 6 Látkové filtry

Látkové filtry jsou odprašovací zařízení, která suchou cestou odlučují tuhé částice ze znečištěného vzduchu nebo plynu a která se uplatňují ve všech oblastech průmyslové výroby. [9]

### 6.1 Látkové filtry (pulse-jet)

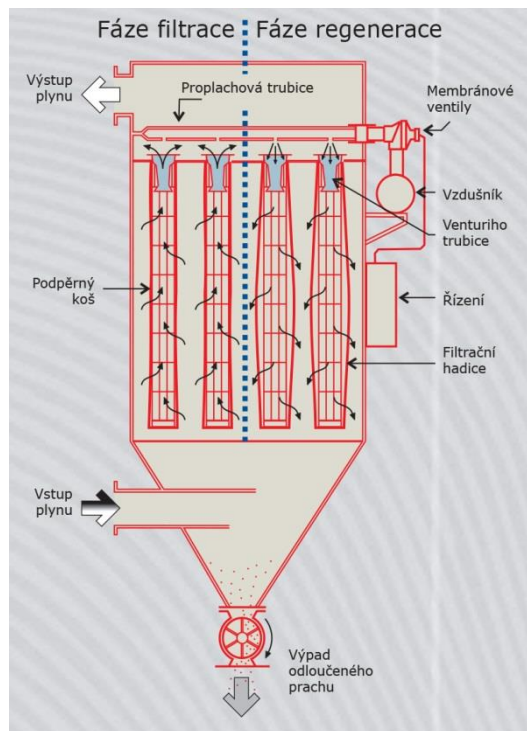
Látkové filtry s pulsní regenerací filtračních hadic. Tyto filtry pracují plně automaticky převážně v podtlakovém, případně přetlakovém režimu. [9]

#### **Popis funkce:**

Plyn obsahující pevně znečišťující částice vstupuje do výsypky nebo boční části skříně látkového filtru, kde dochází vlivem poklesu rychlosti a změně směru proudu plynu k prvnímu odloučení hrubých částic prachu.

Znečištěný plyn pak dále postupuje vzhůru k vertikálně zavěšeným filtračním hadicím. Na vnějším povrchu filtračních hadic dojde k oddělení zbývajících tuhých částic a následně plyn prochází do komory čistého plynu a vystupuje z látkového filtru. Na vnějším povrchu filtračních hadic prachové částice vytvářejí souvislou vrstvu prachu, která se pravidelně odstraňuje pulsní regenerací. Vlastní regenerace se provádí krátkými pulsy stlačeného vzduchu, který je vháněn do filtrační hadice z otvorů proplachové trubky přes venturiho trubici. Účinkem pulsů stlačeného vzduchu na vnitřní stranu filtrační hadice dojde k odtržení usazené vrstvy prachu od vnějšího povrchu filtrační hadice. Prach postupně padá do výsypky a odtud je tlakovým uzávěrem odváděn mimo prostor látkového filtru. Četnost a délku pulsů stlačeného vzduchu zajišťuje regenerační systém s membránovými ventily, které jsou ovládány přes solenoidové ventily řídicí jednotkou. Na základě tlakové ztráty látkového filtru nebo pevného časového režimu se řídí regenerační proces tak, aby nedocházelo k nadměrnému zvyšování tlakové ztráty a aby byla na filtračních hadicích stálá vrstva prachu, tzv. „filtrační koláč“, který zvyšuje filtrační účinek látkového filtru. (obr. 30). [9]





**Obrázek 30** – Funkce látkového filtru [7]

## 6.2 Látkové filtry ventilační EFV

Jsou určeny k odlučování tuhých částic z proudu plynu při odvětrávání sil a při odsávání malých množství plynu do 9000 m<sup>3</sup>/h a teploty do 140 °C. Montáž a výměna hadic se provádí z pracovní strany filtru bočními dvířky, která zároveň slouží ke kontrole hadic. Látkové filtry EFV se dodávají na stavbu ve smontovaném stavu včetně řídicí jednotky v několika provedeních. (**obr. 31**) [9]



**Obrázek 31** – látkový filtr EFV [7]

### Provedení filtru:

- Filtr bez výsypky, který se instaluje přímo na přírubu sila nebo na kryt dopravníku.
- Filtr s výsypkou, tlakovým uzávěrem výsypky a nosnou ocelovou konstrukcí.
- Filtr s integrovaným ventilátorem na komoře čistého plynu.
- Filtr s výstupní přírubou pro napojení na odsávací potrubí.
- Filtr přetlakový s výstupem plynu přímo do okolního prostředí. [9]

### 6.3 Patronové filtry EFR

Patronové filtry využívají k filtraci prachu speciálně tvarované filtrační elementy, které při daném průměru a délce mají několikanásobně větší filtrační plochu. Používají se především k odlučování prachu při malých odsávaných objemech plynu, zvláště k místnímu odlučování přesypů a zásobníků, dopravy prachu, odsávání velmi jemných prachů, v případě požadavků na nízké emisní limity a ve stísněných prostorách. (**obr. 32**) [9]



**Obrázek 32** – Patronový filtr EFR [7]

#### Základní charakteristika:

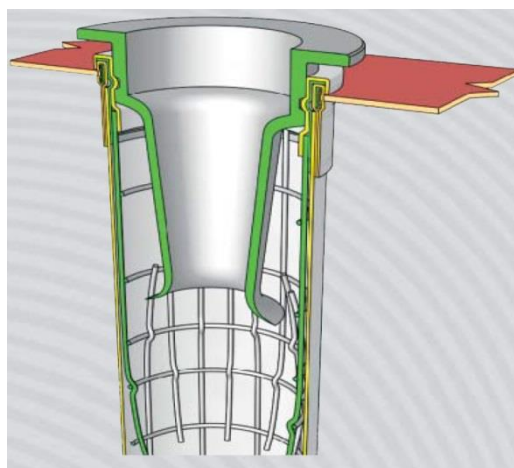
- Velká filtrační plocha při minimálních nárocích na zastavěný prostor.
- Dosažení nízkých úletových koncentrací (až  $1 \text{ mg/m}^3$ ).
- Teplota odsávaného plynu a prachu max.  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Jednoduchá výměna filtračních elementů (patron)
- Možnost volby různých filtračních materiálů.
- Části a technologie látkových filtrů. [9]

### Uchycení hadic

Komora čistého a pracovní strana látkového filtru jsou vzájemně odděleny trubkovicí, ve které jsou upevněny filtrační hadice s podpěrnými koši. Jsou dvě možnosti uchycení hadic:

- **Způsob uchycení hadic pro montáž z čisté strany látkového filtru (filtr typu EFP)**

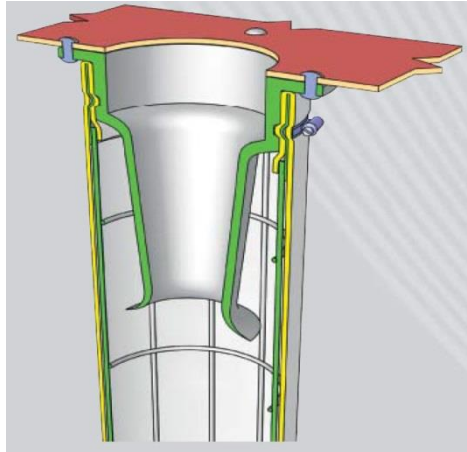
Hadice jsou upevněny v trubkovnici pomocí pružného antikorového pásku (snap ring). Do hadice je vložený podpěrný koš, který společně s venturiho trubicí a horním lemem hadice zajišťuje dokonalou fixaci podběrného koše a venturiho trubice. Systém uchycení hadic je velmi jednoduchý a spolehlivý, bez nároků na další spojovací části a bez použití jakýchkoliv nástrojů při výměně hadic. **(obr. 33)** [9]



**Obrázek 33** – Způsob uchycení hadic pro montáž z čisté strany látkového filtru. [7]

- **Způsob uchycení hadic pro montáž z pracovní části látkového filtru (filtry typu EFV)**

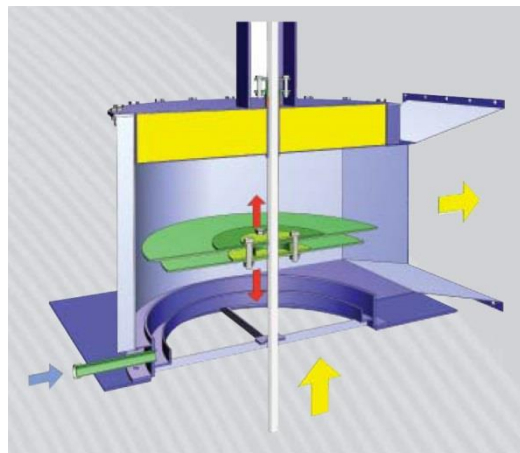
Venturiho trubice je pevně přichycena na spodní část trubkovnice a je na ni nasazen podpěrný koš a hadice. Horní okraj hadice je s ohledem na těsnost spoje přehnut dovnitř koše a fixován sponou z antikorozního materiálu. **(obr. 34)** [9]



**Obrázek 34** – Způsob uchycení hadic pro montáž z pracovní části látkového filtru. [7]

- **Obtokový talířový ventil**

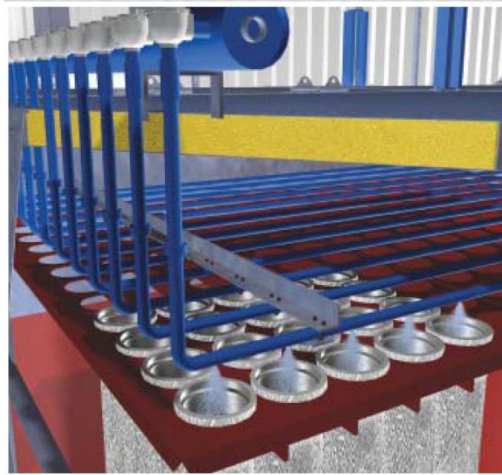
Obtokový talířový ventil zajišťuje ochranu hadic při nenadálém zvýšení teploty plynu. Za provozu odděluje pracovní a čistou stranu filtru. Při překročení povolené teploty se otevírá a zajišťuje proudění plynu mimo prostor hadic. Je konstruován pro rychlou reakci a spolehlivou funkci. Spolehlivě pracuje i v korozivním prostředí. Ovládán je pneumatickým válcem s koncovými spínači, které registrují polohu v řídicím systému filtru. (**obr. 35**) [9]



**Obrázek 35** – Obtokový talířový ventil [7]

- **Systém regenerace**

Všechny funkční prvky systému se nachází mimo aktivní prostor filtru. Vlastní systém je tvořen vzdušníkem a soustavou membránových ventilů, které jsou ovládány solenoidovými ventily a na ně navazují proplachové trubky. Jednotlivé části jsou smontovány již ve výrobě, elektricky propojeny s řídicím systémem filtru a odzkoušeny. Demontáž a montáž proplachových trubek v případě opravy je velmi jednoduchá a snadná i po delším působení agresivního prostředí. (**obr. 36**) [9]



**Obrázek 36** – Systém regenerace látkových filtrů [7]

## 6.4 Látkové filtry EFP on-line

Látkové filtry EFP v provedení on-line se používají především k filtraci snáze odlučitelných prachů.

Proces regenerace hadic probíhá za stálého provozu filtru – on-line. Postupnou regenerací jednotlivých řad hadic zajišťuje v závislosti na tlakové ztrátě filtru nebo v pevném časovém režimu plně automatický řídicí systém. Provedení a velikosti filtrů on-line se navrhnou individuálně v závislosti na vlastnostech plynu a prachu a na prostorových možnostech. [9]

### Provedení:

- Vstup plynu do výsyvky
- Boční vstup plynu do skříně filtru.
- Bez výsyvky k odvětrání sila.
- S vysokou komorou čistého plynu.
- Filtr s integrovaným vstupním a výstupním potrubím. [9]

### Základní charakteristika:

- Průtok plynu max. 500 000 m<sup>3</sup>/h
- Pracovní teplota max. 260 °C
- Podtlak, přetlak 5 kPa, max. 15 kPa
- Průměr filtračních hadic 117 mm, 152 mm.
- Délka filtračních hadic 3 až 6 m.
- Provedení skříně: jednokomorová, celosvařovaná. [9]

## 6.5 Látkové filtry EFP off-line

Látkové filtry v provedení off-line se používají především k filtraci velkých množství plynů, velmi jemných a lehkých prachů a všude tam, kde je vzhledem k náročnosti technologie výroby požadován dlouhodobý a nepřerušovaný provoz. Filtry se používají především k odprašování technologií v energetice, metalurgii, hutnictví, spalovnách atd. [9]

Konstrukčně jsou řešeny jako soustava modulů vzájemně propojených vstupních a výstupním kanálem. Každý modul tvoří samostatnou filtrační jednotku a je vybaven pneumaticky ovládaným talířovým ventilem na výstupu a ručně ovládanou klapkou na vstupu. Regenerace modulu probíhá při jeho krátkodobém odstavení, uzavření vstupního talířového ventilu (systém off-line). Regenerace filtru je řízena na základě celkové tlakové ztráty filtru a ztráty jednotlivých modulů nadřazeným řídicím systémem, který řídí postupné odstavování a čištění jednotlivých modulů. [9]

Případná revize či opravy nevyžadující odstavení celého filtru z provozu. Jednotlivé moduly filtru je možno oboustranně uzavřít, vyloučit z procesu filtrace a zpřístupnit tak pro opravu. Při havárii či překročení maximálních vstupních teplot zajišťuje ochranu filtru integrované obtokové potrubí, tzv. by-pass. [9]

### Základní charakteristika:

- Průtok plynu max. 1 000 000 m<sup>3</sup>/h
- Pracovní teplota 150 °C, max. 260 °C.
- Podtlak, přetlak 5 kPa, max. 15 kPa
- Průměr hadic 117 mm, 152 mm
- Jmenovitá délka hadic 3 až 6 m
- Provedení skříně celosvařované moduly. [9]

## 6.6 Řízení filtrů

Řízení všech látkových filtrů je navrženo v souladu s požadavky zvolené technologie a s cílem dosáhnout optimálního ekonomického provozu a plné automatizace provozu zařízení. Řídicí jednotky umožňují bezproblémovou komunikaci s možným nadřazeným řídicím systémem. V zásadě jsou používány dva typy řízení. [9]

### **6.6.1 Mikroprocesorové řízení (MCS)**

Mikroprocesorové řízení umožňuje nastavení trvání pulsu, doby mezi pulsy a doby mezi jednotlivými regeneračními cykly. Regenerace hadic je řízena časovým spínačem ve dvou režimech:

- V pevném časovém režimu
- Podle tlakové ztráty na filtračních hadicích. [9]

Tento typ řízení je využíván pro filtry on-line typu EFV, EFR a případně typu EFP on-line. [9]

### **6.6.2 Řízení programovaným automatem (PLC)**

Volně programovatelný automat umožňuje řízení všech modulů filtrů. Vlastní řízení regenerace hadic je nejčastěji navrhováno ve dvou základních režimech:

- Režim s proměnnou dobou mezi pulsy
- Režim s nastavitelným pásmem tlakových ztrát

Tento typ řízení je využíván pro filtry off-line a filtry on-line EFP větších velikostí. Zároveň je vhodný k řízení celých systémových celků. [9]

## 7 Útlum hluku ve vzduchotechnice

Při provozu vzduchotechnických zařízení vzniká hluk, který se šíří vzduchotechnickým zařízením a konstrukcemi budov. Problematiku útlumu hluku je třeba řešit komplexně a sledovat všechny cesty, kterými se může akustická energie šířit od zdrojů hluku k posluchači v interiéru i exteriéru. Vzduchotechnické zařízení vykazuje vlivem svých fyzikálních vlastností tzv. přirozený útlum  $D_p$ , jenž vzniká vyzařováním akustické energie jednotlivými prvky VZT systému do okolí. Přirozený útlum tvoří dílčí útlumy v potrubí, kolenech, odbočkách a rozbočkách, koncových elementech (výustkách atd.), žaluziích, klapkách atd. Hodnoty výše uvedených složek útlumu se zjišťují zpravidla teoreticko-experimentálními metodami a jsou tabelovány či přibližně stanoveny matematicko-fyzikálními rovnicemi. V případě kratších úseků vzduchotechnických rozvodů je žádoucí nepočítat s přirozeným útlumem potrubí. Tento útlum se pohybuje v řádu jednotek dB a je závislý na geometrii a oktávovém pásmu. [10]

Mezi primární prvky útlumu hluku patří ve vzduchotechnice tlumiče hluku. Výchozí pro jejich návrh je hodnota požadovaného útlumu. Materiály konstrukce pohlcující zvuk jsou porovité, vláknité či houbovité s malou objemovou hmotností. Jejich účinek (neprůzvučnost) se zvyšuje různými konstrukčními úpravami materiálu s vysokým součinitelem poměrné pohltivosti. [10]



## **8 Ekonomie a provoz větracích a klimatizačních zařízení:**

Náklady na provoz větracích zařízení jsou značné, několikanásobně větší než na zařízení vytápěcí. Proto musí být věnována celkové koncepci náležitá pozornost, aby zařízení nebyla vzhledem na úspory energie odstavována. Zejména jde o hospodárny provoz (jen takový přívod čerstvého vzduchu, který je hygienický a pro technologii nutný) a využívání tepla z odváděného vzduchu. Další úspory může přinést využívání odváděného vzduchu pro větrání méně náročných prostorů. [1]

## **9 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce bylo čtenáři popsat vybraný ventilační systém v daném zemědělském objektu. Popsat jeho technické parametry a schéma umístění v objektu. Dále navrhnout možnou úpravu části ventilačního systému a provést jeho analýzu a vyhodnocení.

## 10 Charakteristika posklizňové linky Pluhův Žďár:

Jedná se o novou posklizňovou linku, která nahradila starou posklizňovou linku Pluhův Žďár. Nachází se v okrese Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji. Je to samostatná jednotka, která slouží ke skladování obilovin a jiných pěstovaných surovin.

Stará linka už přestala splňovat požadavky rozrůstajícího se družstva, které potřebovalo jak větší prostory pro skladování obilovin, tak i moderní technologie. Stará linka již nesplňovala ani technické podmínky, ani nové normy. Stavba je umístěna v areálu stávající zemědělské farmy a jedná se o novostavbu na pozemcích družstva Pluhův Žďár. Posklizňová linka se skladem tvoří jeden funkční soubor sloužící pro příjem, čištění, uskladnění a expedici obilovin.

### 10.1 Princip posklizňové linky

Příjem volně ložených plodin z nákladního automobilu probíhá na přejezdovém koši, odtud je surovina dopravována technologickými cestami do předčističky a čističky a následně do sušárny, zde se dále zpracovává. Poté je dopravena do skladovacích sil, které jsou součástí posklizňové linky. [13]

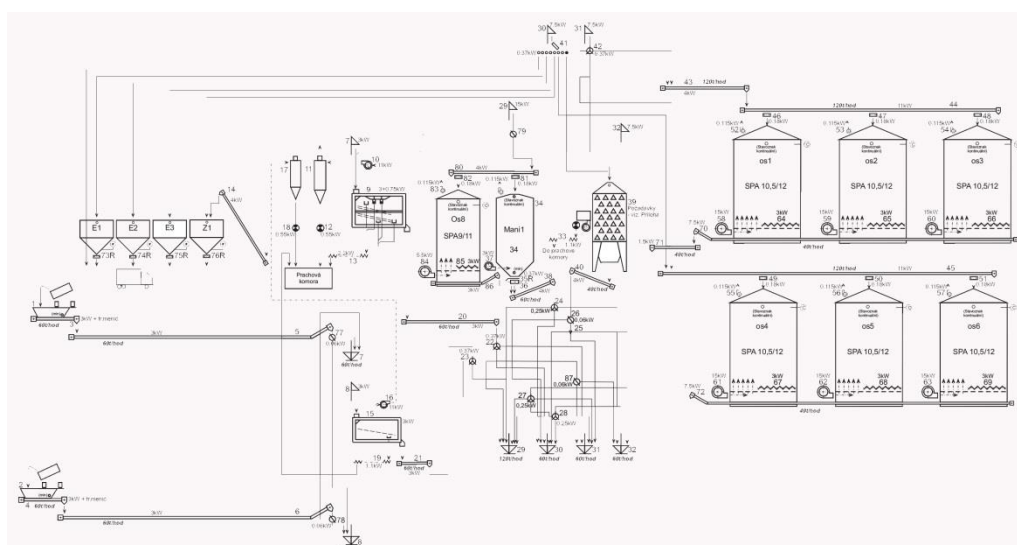
### 10.2 Základní údaje o posklizňové lince

Posklizňová linka obsahuje dva příjmové koše obilovin z povozů s výkonem 2 x 60 t/hod, dále dvě čistící linky s výkonem do 60 t/hod a 200 t/hod obilovin. Sušárnu pro sušení pšenice/řepky s výkonem 25/20,1 t/hod a 6 velkokapacitních sil o kapacitě 6 x 1295 m<sup>3</sup>. Linka je technologicky propojena s expedičními zásobníky. Linka zahrnuje dvojici nových příjmových košů určených pro příjem obilovin a řepky z nákladního automobilu s bočním i zadním sklápěním. Příjem je zastřešen ocelovým přístřeškem s opláštěnými stěnami. S navazující technologií je příjem propojen pomocí dopravní technologie. Na toto propojení navazuje elevátorová věž pro čtyři manipulační elevátory, které zabezpečují vertikální dopravu. Elevátorová věž tvoří typovou ocelovou konstrukci, která je dodávkou výrobce technologie. Hlavní technologická věž je vybavena obslužnými podestami pro obsluhu elevátorů, kotvení a údržbu technologie uložené v konstrukci. Přístup na podesty je soustavou žebříků vybavených ochrannými koši. Elevátorová věž je situována v ose severněji umístěné trojce velkokapacitních sil. Na jedné straně od věže je situována sesypná sušárna obilovin propan-butan. Tato sušárna je kotvena na základové desce a nebude kryta žádným přístřeškem. Sušárna je vybavena hořákem bez výměníku tepla (přímý ohřev). Vlastní sušárna je vyrobena z plechů tvrzeného hliníku. Sušárna je kompletně izolována a opláštěna pozinkovaným lakovaným plechem. [4]

Na východní straně od elevátorové věže budou instalovány čističky obilovin. Tato technologie je uložena na ocelové konstrukci. Konstrukce bude vybavena obslužnou plošinou. Přístup na ní je po schodech. [4]

Posklizňová linka je vybavena šesti silami z pozinkovaného plechu ( $350\text{g/m}^2$ ) s plochým dnem. Sila jsou vybavena oběhovými vyprazdňovacími šneky. Jsou vybavena aktivním větráním a měřením teplot. Sila jsou kotvena k betonové armované základové desce. [4]

### 10.3 Technické schéma posklizňové linky



Obrázek 37 – Schéma posklizňové linky

Zdroj : [www.agroing.cz](http://www.agroing.cz)

## 10.4 Soupis technologie

**Tabulka 2 – soupis technologie**

Stavba: Posklizňová linka Pluhův Žďár							
Strana: 1							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	kW	
1.	1, 2	příjmový koš celopřejezdny 3 x 8m - viz. stavební část	Agroing	2	2	0,00	
2.	3, 4	vyprazdňovací redler Skandia, 60 t/hod, lv = 8m, lc = 10,5m	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
3.	5, 6	redler Skandia s lukem, 60 t/hod, lr = 7m, ls = 3m, úhel 45°	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
4.	7, 8	korečkový elevátor Skandia, h = 10,3m, 60 t/h, pozink	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
5.	9	čistička Schmidt-Seeger TAS 152A-2, výkon 60 t/h	Agroing	1	1	3,75	
6.	-	výpad produktu - 1.jakost (811043)	Agroing	1	1	0,00	
7.	-	výpad produktu - 2.jakost (811026)	Agroing	1	1	0,00	
8.	-	hrdlo na připojení aspirace (811060)	Agroing	1	1	0,00	
9.	10	ventilátor čističky včetně kompenzátorů chvění	Agroing	1	1	11,00	
10.	11	cyklon, VZT potrubí	Agroing	1	1	0,00	
11.	12	těsnící ústrojí	Agroing	1	1	0,55	
12.	13	žlabový šnekový dopravník DŠK 200, l = 12m	Agroing	1	1	2,20	
13.	14	redler na zužitkovatelné odpady, l = 13m	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
14.	15	předčistička SMA 202	Agroing	1	1	2,20	
15.	-	výpad odpady	Agroing	1	1	0,00	
16.	-	vypád do stroje	Agroing	1	1	0,00	
17.	-	napojení aspirace	Agroing	1	1	0,00	
18.	-	výpad vyčištěného produktu	Agroing	1	1	0,00	
19.	16	ventilátor čističky včetně kompenzátorů chvění	Agroing	1	1	11,00	
20.	17	cyklon 180, VZT potrubí	Agroing	1	1	0,00	

Zdroj: [www.agroing.cz](http://www.agroing.cz)

**Tabulka 3 – soupis technologie**

Stavba Posklizňová linka Pluhův Žďár							
Strana: 2							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	kW	
21.	18	těsnící ústrojí	Agroing	1	1	0,55	
22.	19	žlabový šnekový dopravník DŠK 200, l = 7m	Agroing	1	1	1,10	
23.	20, 21	redler Skandia, l = 4m, 60t/hod	Agroing	2	2	3,00	Koncový spínač
24.	22, 23	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.200mm	Agroing	2	2	0,37	Koncový spínač
25.	24	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.200mm	Agroing	1	1	0,06	Koncový spínač
26.	25	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.160mm	Agroing	1	1	0,25	Koncový spínač
27.	26	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.160mm	Agroing	1	1	0,06	Koncový spínač
28.	27, 28	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.160mm	Agroing	2	2	0,25	Koncový spínač
29.	29	korečkový elevátor Skandia, h = 23,6m, 120 t/h, pozink	Agroing	1	1	15,00	Snímač otáček
30.	30, 31	korečkový elevátor Skandia, h = 26m, 60 t/h, pozink	Agroing	2	2	7,50	Snímač otáček
31.	32	korečkový elevátor Skandia, h = 23m, 60 t/h, pozink	Agroing	1	1	7,50	Snímač otáček
32.	33	žlabový šnekový dopravník DŠK 160, l = 4m	Agroing	1	1	1,10	
33.	34 (Ak1)	manipulační zásobník SLA 7,5/7 (kapacita 344 tun)	Agroing	1	1	0,00	Silopilot
34.	35R	ruční hradítko	Agroing	1	1	0,00	
35.	36	dálkově ovládaný výpad	Agroing	1	1	0,37	Koncový spínač
36.	37	provzdušňovací ventilátor akumulačního sila LC3, 3kW	Agroing	1	1	3,00	
37.	38	redler Skandia, l = 9m, 60 t/hod, úhel sklonu 30°	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
38.	39	kontinuální sušárna Schmidt-Seeger STKX6-7/2 UL s přímým ohřevem	Agroing	1	1	45,50	
39.	-	hořák sušárny propan-butan – v rámci sušárny	Agroing	1	1	0,00	
40.	40	vyskladňovací redler sušárny s lukem, ls = 4m, úhel 45°	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
41.	41	kruhový rozdělovač SKANDIA, pr. 200mm	Agroing	1	1	0,37	

Zdroj: [www.agroing.cz](http://www.agroing.cz)

## Tabulka 4 – soupis technologie

Stavba Posklizňová linka Pluhův Žďár							
Strana: 3							
P.Č.	Poz.	Název - označení	Dodávka	Ks	El. pohony		Poznámka Č.v.
					ks	kW	
42.	42	rozdělovací prvek regulační - trojcestný - pr.200mm	Agroing	1	1	0,37	Koncový spínač
43.	43	redler Skandia, l = 12m, 120t/hod	Agroing	1	1	4,00	Koncový spínač
44.	44, 45	redler Skandia, l = 33m, 120 t/hod, pozink - úprava proti přenášení	Agroing	2	2	11,00	Koncový spínač
45.	46 - 51	dálkově ovládaný výpad se stíracím kartáčem	Agroing	6	6	0,18	Koncový spínač
46.	Os1 - Os6	silo SPA 10,5/12	Agroing	6	6	0,00	Silopilot
47.	-	boční vstup ve stěně síla - v ceně síla	Agroing	6	6	0,00	
48.	-	celoperforovaná podlaha, výduchy na sílech - v ceně síla	Agroing	6	6	0,00	
49.	-	bločky	Agroing	6	6	0,00	
50.	-	přístupové žebříky na sílech	Agroing	1	1	0,00	
51.	52 - 57	protikondenzační ventilátor	Agroing	6	6	0,12	
52.	58 - 63	provzdušňovací ventilátor 1 x 15kW RL 500r/2	Agroing	6	6	15,00	
53.	64 - 69	oběžný šnekový dopravník, DENIS30 typ D-PM	Agroing	6	6	3,00	
54.	70	vyprazdňovací redler sil s lukem, 40 t/hod, lr = 35m, lš = 0,6m, úhel 45°	Agroing	1	1	7,50	Koncový spínač
55.	71	redler Skandia, l = 12m, 40t/hod	Agroing	1	1	1,50	Koncový spínač
56.	72	vyprazdňovací redler sil s lukem, 40 t/hod, lr = 35m, lš = 3,0m, úhel 45°	Agroing	1	1	7,50	
57.	E1 - E3	expediční zásobník	Agroing	3	3	0,00	Stavoznak maxima + vážení zásobníků
58.	Z1	zásobník na odpady	Agroing	1	1	0,00	Stavoznak maxima + vážení zásobníku
59.	73R - 76R	ruční hradítko - atypické	Agroing	4	4	0,00	
60.	77, 78	rozdělovací prvek regulační - dvojcestný - pr.200mm	Agroing	2	2	0,06	Koncový spínač
61.	-	armatury spádové dopravy	Agroing	sada	1	0,00	

Zdroj: [www.agroing.cz](http://www.agroing.cz)

### 10.5 Potřeby energií pro celkový chod posklizňové linky:

Základní energií, nutnou pro zabezpečení chodu strojní technologie, je elektrická energie.

Instalovaný příkon 310 kW

Výpočtové zatížení 248 kW[4]

### 10.6 Zajištění proti nadměrnému hluku

Technologické zařízení není umístěno blízko obytné zóny a proto neohrožuje nadměrným hlukem okolí a celé pracoviště lze považovat za pochůzkové. [4]

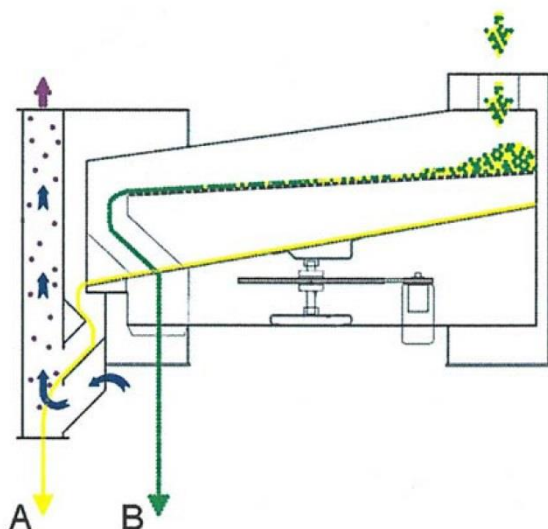
### 10.7 Zajištění proti nadměrné prašnosti

Prašnost dopravních cest je podmíněna kvalitou provedení montáže a údržbou celé linky provozu. [4]

## 10.8 Analýza současného filtračního systému u čističky a předčističky.

Čistička a předčistička je umístěna východně od elevátorové věže. Jsou uloženy na ocelové konstrukci. Konstrukce je vybavena obslužnou plošinou na úrovni +4,2 m. Přístup je po schodech. [4]

### 10.8.1 Předčistička typu SMA 202.



Typ SMA 202

**Obrázek 38** - znázornění funkce u předčističky SMA 202. [1]

Předčistička od výrobce Bühler řady SMA je vhodná pro větší posklizňové linky. Velikosti plochy sít je tato řada určena pro hrubé vstupní čištění (předčištění) obilovin a olejnin.

Zavěšení síťové skříně na polyamidových tyčích snižuje počet pohyblivých částí, náročnost údržby a vibrace. Kovové rámy sít umožňují venkovní instalaci čističky. Krouživý pohyb sít je vyvozován pomocí excentru. [4]

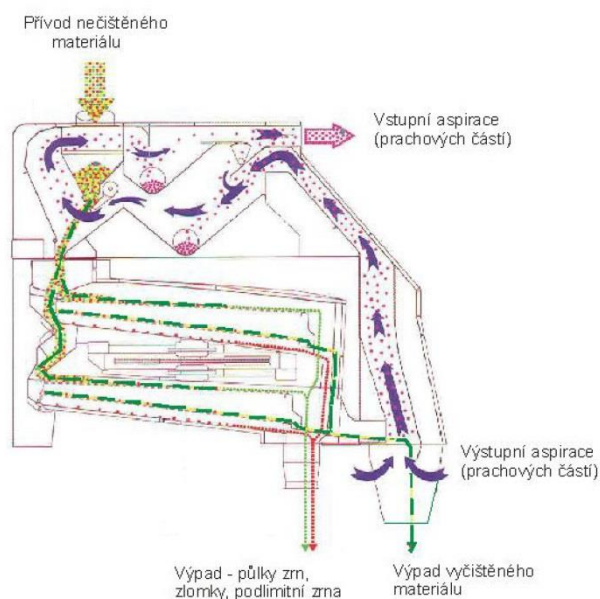
**Tabulka 5** – výkon na předčištění (t/hod) u předčističky Bühler typu SMA 202.

Pšenice 0,75t/m <sup>3</sup> 18% H <sub>2</sub> O	Ječmen 0,65t/m <sup>3</sup> 18% H <sub>2</sub> O	Řepka 0,60t/m <sup>3</sup> 14% H <sub>2</sub> O	Kukuřice 0,75t/m <sup>3</sup> 35% H <sub>2</sub> O	Kukuřice 0,75t/m <sup>3</sup> 15% H <sub>2</sub> O
75	60	30	35	75

**Tabulka 6** – Parametry předčističky Bühler typu SMA 202.

Délka (mm)	Šířka (mm)	Výška (mm)	Hmotnost (kg)	Příkon (kw)	Celkový povrch sít (ks)	Počet pater sít (ks)	Objem vzduchu (m <sup>3</sup> /min)
2800	2520	1430	1800	1,1	4	1	210

### 10.8.2 Čistička typu TAS 152A-2



**Typ 152A**

**Obrázek 39** – Popis funkce u čističky TAS 152A-2. [1]

Sítová čistička od výrobce Bühler typu TAS 152A-2 je vhodná pro velkou posklizňovou linku a průmyslové použití díky robustní konstrukci a systému sít. Sestava sít je uzavřena ve skříni, která je samostatně aspirována, což zvyšuje účinnost čištění a snížení prašnosti u stroje. Zavěšení sítové skříně na polyamidových tyčích snižuje počet pohyblivých částí, náročnost údržby a vibrace. Kovové rámy sít umožňují venkovní instalaci čističky. Krouživý pohyb sít je vyvozován pomocí excentru. Osvětlení výstupního kanálu umožňuje lepší kontrolu čistícího procesu. [4]



**Tabulka 7** – Výkon na předčištění (t/hod) u čističky Bühler typu TAS 152A-2

Pšenice 0,75t/m <sup>3</sup> 18% H <sub>2</sub> O	Ječmen 0,65t/m <sup>3</sup> 18% H <sub>2</sub> O	Řepka 0,60t/m <sup>3</sup> 14% H <sub>2</sub> O	Kukuřice 0,75t/m <sup>3</sup> 35% H <sub>2</sub> O	Kukuřice 0,75t/m <sup>3</sup> 15% H <sub>2</sub> O
60	50	45	30	60

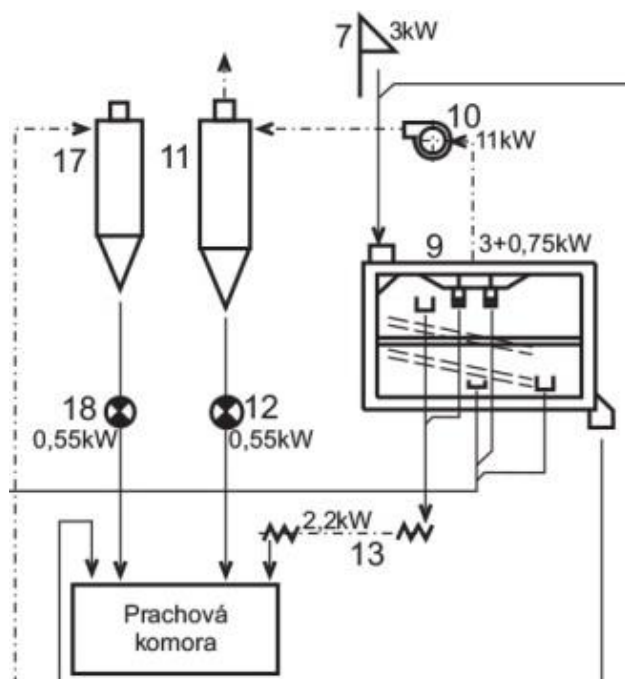
**Tabulka 8** – Parametry čističky Bühler typu TAS 152A-2

Délka (mm)	Šířka (mm)	Výška (mm)	Hmotnost (kg)	Příkon (kw)	Příkon pohonu sít (kw)	Příkon ventilátoru (m <sup>2</sup> )	Celkový povrch sít (m <sup>2</sup> )	Objem vzduchu (m <sup>3</sup> /min)
3450	2590	2500	4500	0,75	2,2	11,0	12	152

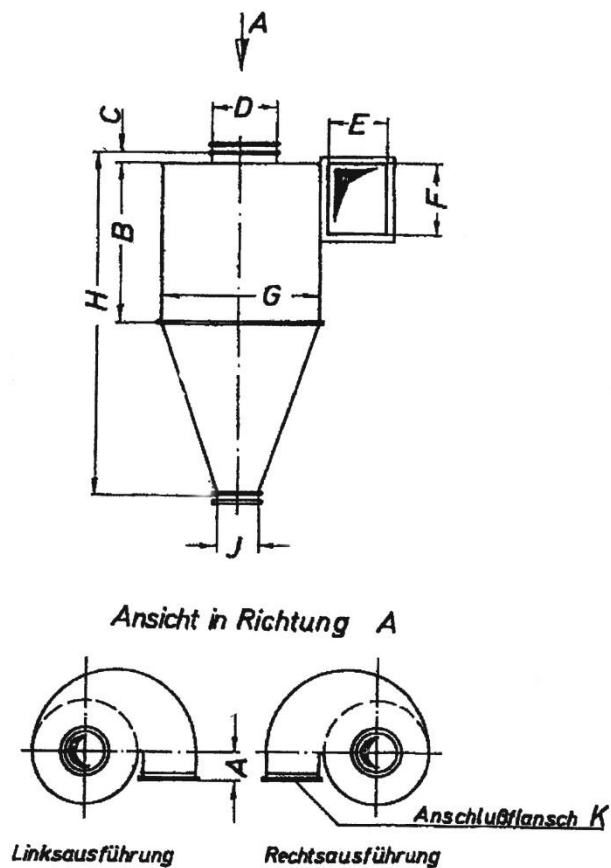
### 10.8.3 Současný filtrační systém pro předčističku typu SMA 202.

Jedná se o vírový odlučovač (cyklon) s tečným vstupem filtrovaného vzduchu s turniketem od firmy Bühler.

Umístění na schématu posklizňové linky je znázorněné v soupisu technologie na pozici 11.



**Obrázek 40** – Detail schématu posklizňové linky na vírové odlučovače na pozici 11.



Obrázek 41 – Schéma daného cyklonu s rozměry.

Tabulka 9 – Technické rozměry cyklonu Bühler pro předčističku SMA 202.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
200	980	60	800	520	590	1400	2330	250	35

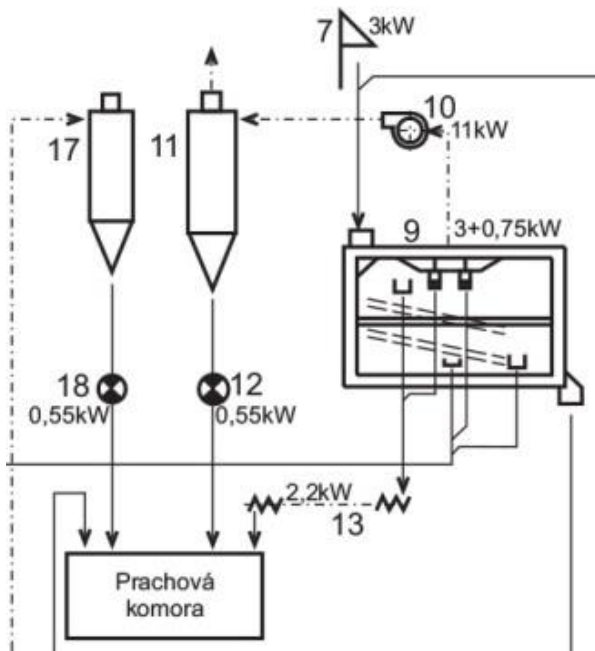
Tabulka 10 – Technické parametry cyklonu Bühler pro předčističku SMA 202.

Množství vzduchu	12600m <sup>3</sup> /hod
Tlaková ztráta	300 Pa
Průměr cyklonu	2200mm
Prašnost	130mg/m <sup>3</sup>

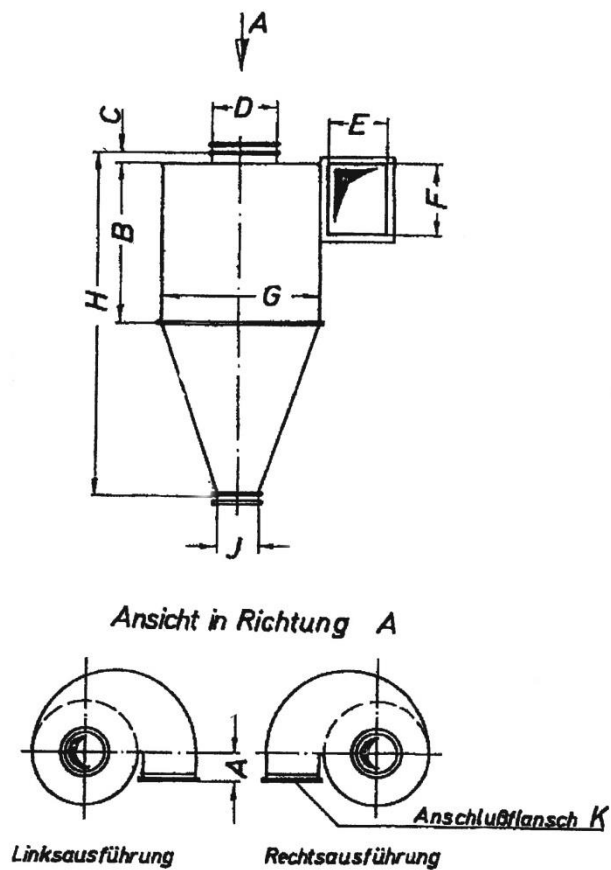
#### 10.8.4 Současný filtrační systém pro čističku typu TAS 152A-2

Jedná se o vírový odlučovač (cyklon) s tečným vstupem filtrovaného vzduchu s turniketem od firmy Bühler.

Umístění na schématu posklizňové linky je znázorněné v soupisu technologie na pozici 17.



Obrázek 42 - Detail schématu poskliznové linky na vírový odlučovač na pozici 17.



Obrázek 43 - Schéma daného cyklonu s rozměry.

**Tabulka 11** - Technické rozměry cyklonu Bühler pro čističku typu TAS 152A-2.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
200	980	60	600	410	470	1120	2100	200	35

**Tabulka 12** – Technické parametry cyklonu Bühler pro čističku TAS 152A-2.

Množství vzduchu	9000m <sup>3</sup> /hod
Tlaková ztráta	900 Pa
Průměr cyklonu	1400mm
Prašnost	130mg/m <sup>3</sup>

## 11 Metodika

### 11.1 Nahrazení suchého mechanického odstředivého odlučovače látkovým filtrem.

Obiloviny, olejninny, a luskoviny se musí v každé fázi sklizně, manipulace, skladování, zpracování a v tomto případě posklizňové úpravy zbavovat co nejvíce prašného podílu. Musí být ale zabráněno, aby se prach nedostával volně do prostředí kolem strojů a zařízení, které tyto procesy zajišťují.

Opatření je z důvodu protože:

- Prach poškozujje pracovníky, kteří s obilovinami, olejninny a luskovinami pracují
- Poškozujje životní prostředí
- Zhoršujje jakost obilí
- Způsobujje možnost vzniku požáru

V této úpravě vzduchotechnického systému u posklizňové linky Pluhův Žďár jsem se rozhodl nahradit vírové odlučovače (Cyklony) látkovými filtry typu EFP on-line od firmy ZVVZ Milevsko u předčističky SMA 202 a čističky TAS 152A-2. Současná hodnota normy úniku prašnosti TZL je  $150 \text{ mg/m}^3$  vzduchu. Tuto hodnotu vírové odlučovače splňují, ale pouze v umístění zařízení mimo obydlenu část lze tyto hodnoty prašnosti tolerovat. V případě umístění zařízení v obydlené části (obec, město) je potřeba použít místo vírových odlučovačů látkové filtry.

#### **Jedním z důvodů použití látkových filtrů, může být:**

- Zpřísnění normy dovolené prašnosti v ČR mimo obydlenu část obce, města.
- Získání dotace na omezení prachových částic.
- Stavba zařízení v obydlené zóně města, obce.

#### **Výhody látkových filtrů:**

- Vysoká odlučivost i pro jemné prachové částice
- Nízké nároky na obsluhu
- Nižší investiční náklady
- Vysoká životnost
- Provozní spolehlivost při nízkých provozních a údržbových nákladech

#### **Látkový filtr EFP on-line**

Látkový filtr EFP online s pulzní regenerací je určen pro odlučování prachu v různých technologických procesech.

Filtr je rozdělen na skříň a komoru čistého plynu a je vyroben jako vzduchotěsný ocelový svařenec. Součástí komory čistého plynu jsou víka pro výměnu filtračních hadic.

Dělicí rovinu mezi skříň a komorou tvoří trubkovnice s otvory pro uchycení filtračních hadic. Filtrační hadice jsou upevněny trubkovnicí pomocí pružných pružných planžet a uvnitř vložené podpěrné koše jsou fixovány Ventouriho trubicemi.

Odlučování prachu probíhá ve dvou fázích, větší a těžší částice jsou odloučeny změnou směru proudění vzdušiny ve výsypce a zbytek částic je odloučen na povrchu filtračních hadic. Jejich čištění (regenerace) se provádí krátkými pulsy stlačeného vzduchu. Regenerace probíhá na základě měření tlakové ztráty, tzn. stupně zanesení, v pevných časových intervalech, nebo v kombinaci obou možností. [9]

## 11.2 Technické údaje navržených látkových filtrů

### Navržený látkový filtr pro předčističku SMA 202

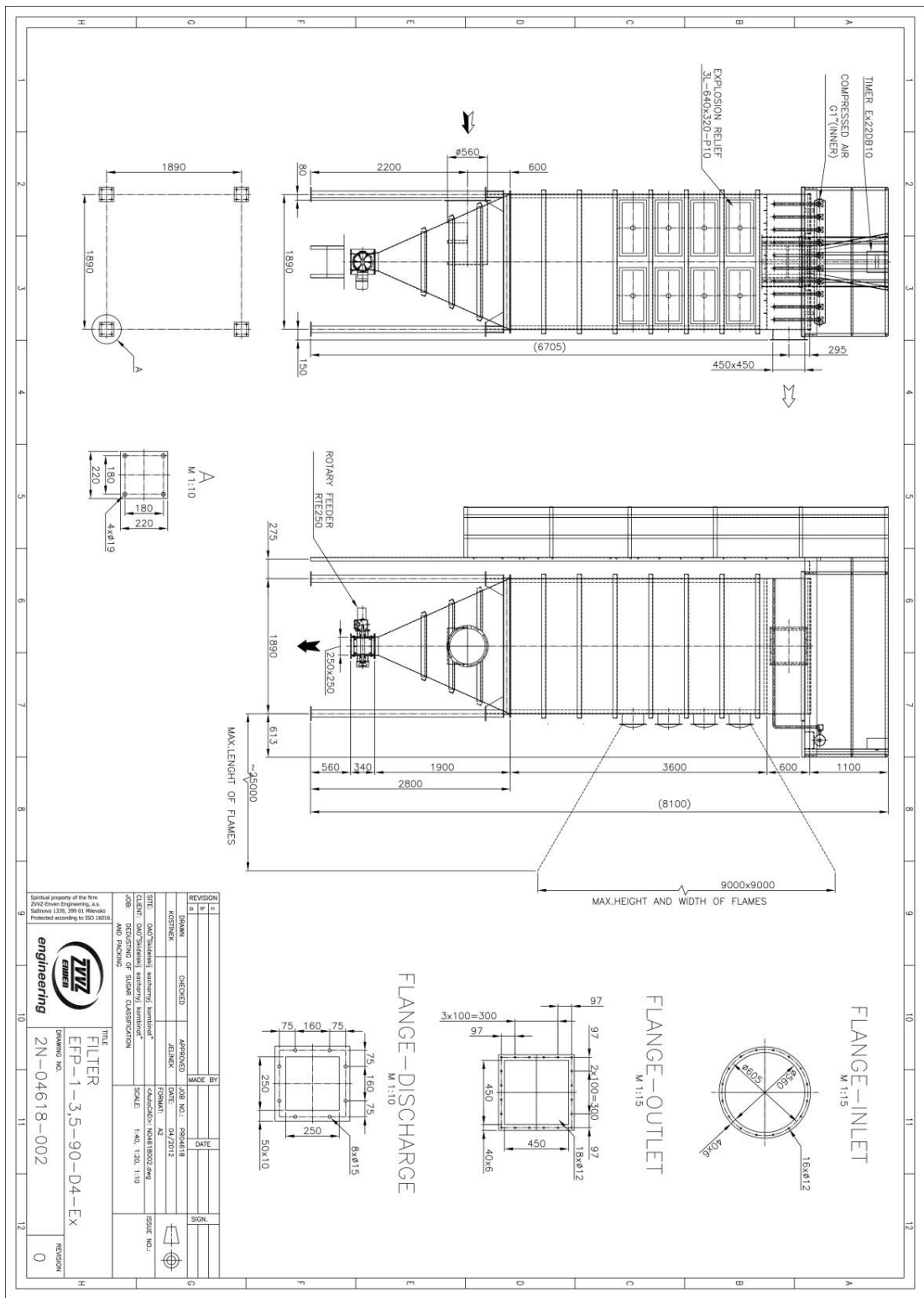
**Tabulka 13** – Parametry látkového filtru EFP-1-3,5-90-D4-Ex

Průtok	9000 m <sup>3</sup> /h
Konstrukční tlak	-10,0/+20,0
Hmotnost	4000kg
Výkres číslo	2N-04618-002
Průměr/délka filtračních hadic	117/3500
Počet filtračních hadic	90ks
Filtrační plocha	121m <sup>2</sup>
Zatížení filtrační plochy	74,4 m/h
Počet drátů podpěrných košů	10
Materiál venturek	Hliník
Spotřeba stlačeného vzduchu	11 Nm <sup>3</sup> /h

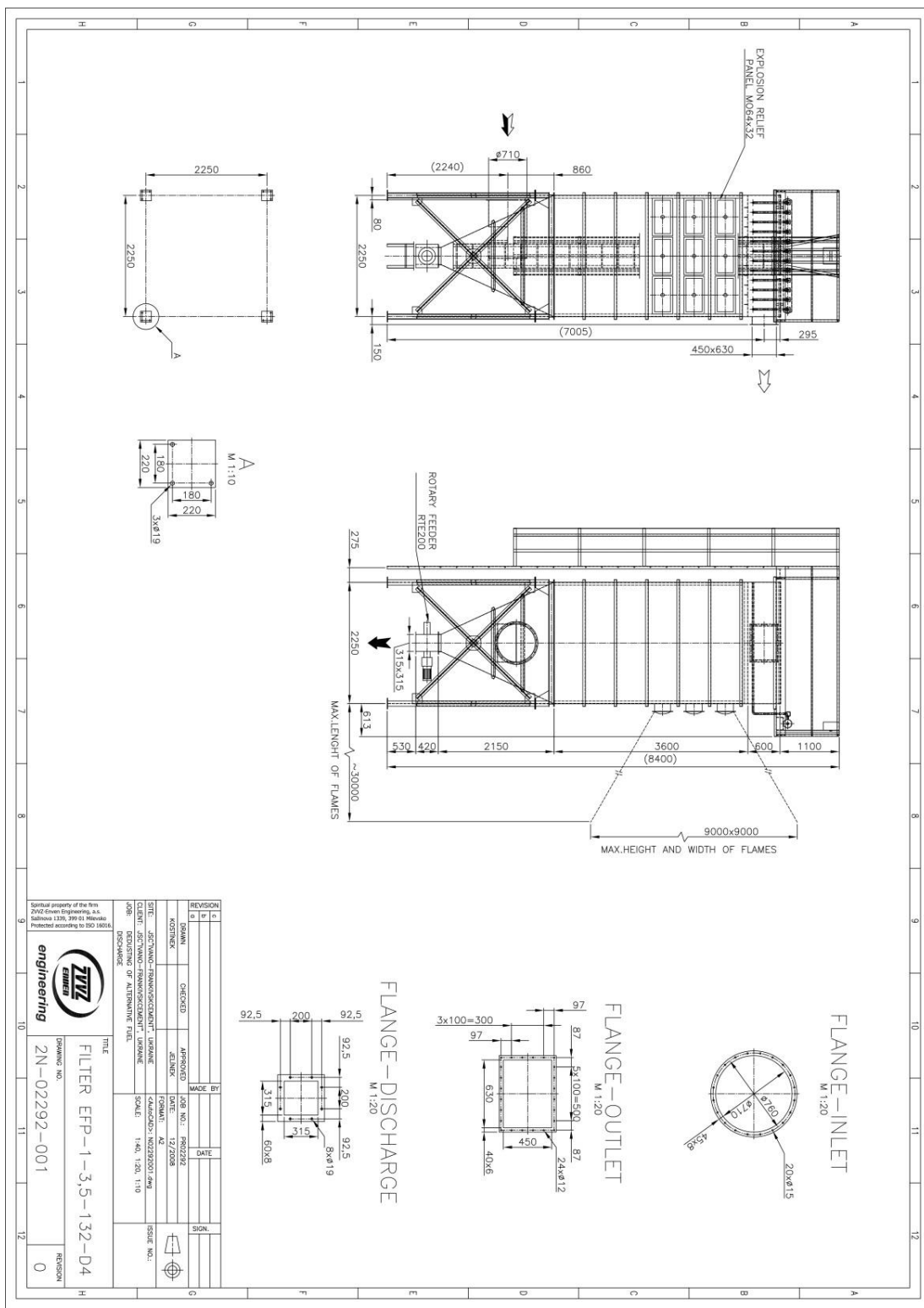
### Navržený látkový filtr pro čističku TAS 152A-2

**Tabulka 14** – Parametry látkového filtru EFP-1-3,5-132-D4-EX

Průtok	12600 m <sup>3</sup> /h
Konstrukční tlak	-5,0/+15,0
Hmotnost	4700kg
Výkres číslo	2N-02292-001
Průměr/délka filtračních hadic	117/3500
Počet filtračních hadic	132ks
Filtrační plocha	177m <sup>2</sup>
Zatížení filtrační plochy	71,2 m/h
Počet drátů podpěrných košů	10
Materiál venturek	Hliník
Spotřeba stlačeného vzduchu	14 Nm <sup>3</sup> /h



Obrázek 44 – Výkres látkového filtru EFP-1-3,5-90-D4-Ex [7]



Obrázek 45 – Výkres látkového filtru FFP-1-3,5-132-D4-EX [7]



## Společné parametry pro oba látkové filtry

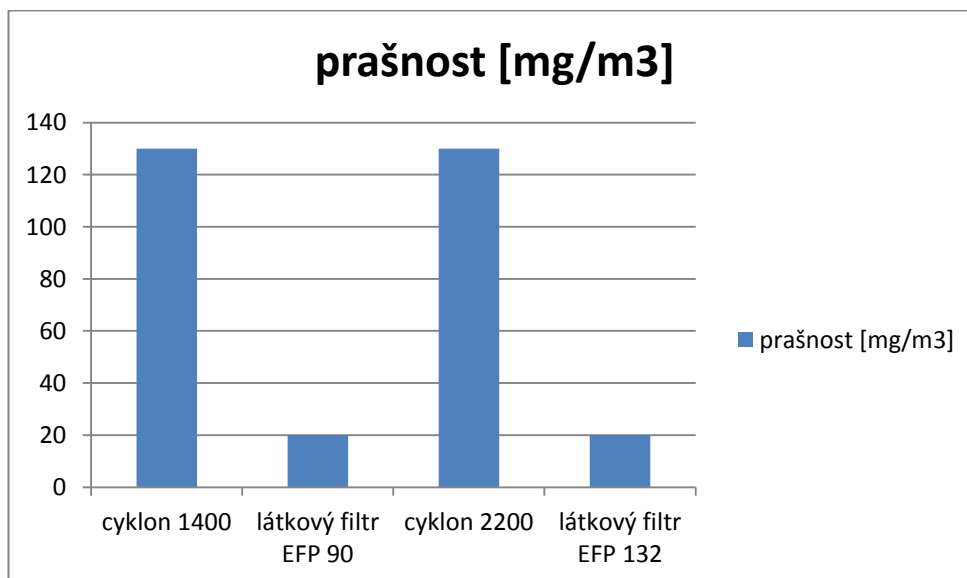
**Tabulka 15** – Společné parametry.

Konstrukční teplota	150 C
Garantovaná vstupní koncentrace	20 mg/m <sup>3</sup>
Filtrační materiál	Polyester
Plošná hmotnost filtračního materiálu	550 g/m <sup>2</sup>
Řízení regenerace	Časový int. nebo dle tlakové ztráty
Zabezpečovací zařízení (př. výbuchu)	Membrány
Materiál podpěrných košů	Ocel S235JR
Materiál skříně	Ocel S235JR(vyztužený plech 4mm)
Materiál ocelových konstrukcí	Profily z oceli S235JR
Tlak stlačeného vzduchu	5-8 MPa
TRB (stlačeného vzduchu)	-40 C
Spotřeba řízení regenerace	0,5kW
Spotřeba rotačního podavače	0,75kw

## 11.3 Porovnání výstupní prašnosti cyklonů a látkových filtrů

**Tabulka 16** – výstupní prašnost u filtrů

Cyklon – předčistička SMA 202	130mg/m <sup>3</sup>
Látkový filtr – předčistička SMA 202	20mg/m <sup>3</sup>
Cyklon – čistička TAS 152A-2	130mg/m <sup>3</sup>
Látkový filtr – čistička TAS 152A-2	20mg/m <sup>3</sup>



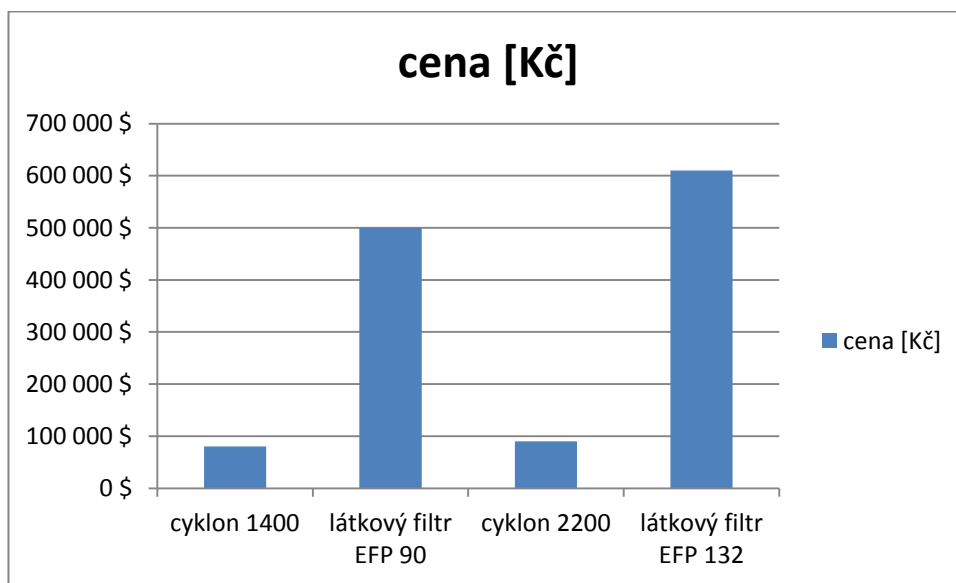
**Obrázek 46** – Porovnání parametrů prašnosti u cyklonů a látkových filtrů

## 11.4 Porovnání ceny u cyklonu a látkového filtru

**Tabulka 17** – cena u cyklonu a látkového filtru

Cyklon – předčistička SMA 202	80 000.- bez DPH
Látkový filtr – předčistička SMA 202	500 000.- bez DPH
Cyklon – čistička TAS 152A-2	90 000.- bez DPH
Látkový filtr – čistička TAS 152A-2	610 000.- bez DPH

Cena za montáž a napojení na současný systém je u látkových filtrů 400 000,- bez DPH za oba filtry.



**Obrázek 47** – Porovnání ceny u cyklonu a látkového filtru.

## 12 Vyhodnocení parametrů u cyklonů a látkových filtrů

Z uvedených parametrů je zřejmé, že látkový filtr splňuje normu prašnosti lépe než filtr vírový (cyklon). V případě umístění zařízení mimo obydlenou část (obec, město) bude dostačovat filtr vírový (cyklon) do té doby, než se i mimo obydlenou část nezpřísní norma dovolené prašnosti. V případě umístění zařízení v obydlené části (obec, město) je nutné použít látkový filtr místo filtru vírového (cyklonu). V této části by cyklon nesplňoval potřebnou normu prašného podílu. Další z důvodu použití látkového filtru místo cyklonu je získání dotací na omezení prachových částic vypsané ministerstvem životního prostředí a financované Evropskou unií.

Z tabulek a grafů je na první pohled patrné, že látkové filtry mají mnohem větší výkonnost než filtry vírové (cyklony). Také ale jsou cenově mnohem nákladnější.

## 13 Závěr

V této práci jsem se snažil čtenáři popsat technologie použité ve vzduchotechnice v zemědělských objektech.

Dále jsem analyzoval současný filtrační systém u vzduchotechnické části posklizňové linky Pluhův Žďár a navrhl vylepšení filtračního systému. Konkrétně jsem navrhl náhradu vírových odlučovačů (cyklonů) za látkové filtry.

Důvodem této náhrady mohou být získané dotace na omezení prachových částic v ovzduší vypsané ministerstvem životního prostředí. Dále to může být umístění zařízení v centru města či obce a v tom případě vynucené úpravy obyvatelstvem v podobě látkového filtru z důvodu snížení prašného podílu u zařízení.

Je také mnoho centralizovaných výrobních linek vybavených odprášením, které je již zastaralé a je nahrazováno novými linkami v zemědělské prvovýrobě. Mnoho areálů zemědělských objektů vznikalo v 60. a 70. letech na okrajích vesnic a měst a postupem času a vlivem postupně další zástavby se dostaly do samotného centra.

O to větší tlak je na odstranění prachových částic přímo v rámci technologických linek a tím zamezení úletu prachu do okolí. Obilní prach je škodlivý jak přímo zaměstnancům linky, tak i případnému obyvatelstvu, protože se víří a lidé jej vdechují. Způsobuje nejrůznější nemoci jako např. katary dýchacího ústrojí, záněty průdušek, respirační onemocnění.

Dalším hrozbou v podobě obilního prachu je vysoké riziko vzniku požáru při jeho výskytu v objektech posklizňových linek a dalších zařízeních. Už při výskytu prachové vrstvy o výšce 1 mm může dojít k zahoření. Obilní prach hoří i na kovovém povrchu, který je sám nehořlavý.

Proto je potřeba dbát na kvalitní filtraci a čistotu posklizňových linek a tím zamezit těmto hrozbám a nebezpečím.

Závěrem by chtěl říci, že v dnešní době moderní techniky, není problém sehnat technologicky úplně vše. Vzduchotechnika do dnešní doby udělala veliký pokrok a je mnoho dostupné moderní technologie. Druhou věcí jsou finance. Většina investorů dává přednost starší technologii na úkor financí a náklady se snaží stlačit co nejvíce. Proto i konkrétně posklizňová linka Pluhův Žďár používá jednoduché vzduchotechnické systémy, bez jakékoliv automatizace. Na kvalitu filtračního zařízení by měl být od veřejnosti ještě větší tlak než doposud a norma dovolené prašnosti by se měla legislativně zpřísnit.

## 14 Seznam literatury

[1] J.Chyský, K.Hemzal a kolektiv, *Větrání a klimatizace*. Nakladatelství BOLIT – B press Brno v roce 1993.

[2] Ing. Jan Čermák, CSc. a kolektiv, *Ventilátory*. Nakladatelství SNTL – Praha 1974.

[3] Dr.Ing.Luboš Sychra, Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilnin.[online].[cit.2014-10-15] Dostupné z: <http://uroda.cz/doporuceni-pro-oseetrovani-a-skladovani-zrna-obilnin/>

[4] Skladování obilovin.[www.Agroing.cz](http://www.Agroing.cz) [online].Dostupné z: <http://www.agroing.cz/skladovani-obilovin-1>.

[5] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 1.část – Ventilátory.[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014-10-01] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3733-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>

[6] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 2.část. – Ventilátory.[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014-11-02] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3769-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-2-cast>

[7] Ing. Ladislav Púst, CSc, Ing. Mirko Lada, CSc. *Pružné ukládání strojů*. Nakladatelství SNTL – Praha 1965.

[8] Suché mechanické odlučovače – Nový, R a kolektiv *Technika prostředí*(skripta) – Praha:ČVUT, 2000.ISBN 80-01-02108-4 , Hemerka, J : *Odlučování tuhých částic*(skripta) – Praha:ČVUT, 1994.ISBN 80-01-01088-0

[9] Látkové filtry ZVVZ Milevsko [online] [cit.2014-11-06] [www.zvvz.cz](http://www.zvvz.cz).

[10] Doc. Ing. Richard Nový, CSc a Ing. Miroslav Kučera *Snižování hluku a vibrací*(skripta) – Praha 2009.

[11] Akustika a protihluková opatření ve vzduchotechnice – Větrání.[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014-10-19] Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/10319-akustika-a-protihlukova-opatreni-ve-vzduchotechnice>

[12] Tlumiče hluku.[www.greif.cz](http://www.greif.cz) [online] [cit.2014-10-26] Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyroby/tlumice-hluku.html?detail=1>

[13] Posklizňové linky, [www.sila-nadrze.cz](http://www.sila-nadrze.cz) [online] [cit.2015-03-2] Dostupné z: <http://www.sila-nadrze.cz/poskliznove-linky.html>

## 15 Zdroje obrázků a tabulek

- [1] Skladování obilovin. [www.Agroing.cz](http://www.Agroing.cz) [online]. Dostupné z: <http://www.agroing.cz/skladovani-obilovin-1>.
- [2] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 1.část – Ventilátory. [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014-10-01] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3733-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-1-cast>
- [3] Prvky větracích a klimatizačních zařízení (I) – 2.část. – Ventilátory. [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014-11-02] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3769-prvky-ventracich-a-klimatizacnich-zarizeni-i-2-cast>
- [4] Ing. Ladislav Púst, CSc, Ing. Mirko Lada, CSc. *Pružné ukládání strojů*. Nakladatelství SNTL – Praha 1965.
- [5] J.Chyský, K.Hemzal a kolektiv, *Větrání a klimatizace*. Nakladatelství BOLIT – B press Brno v roce 1993.
- [6] Suché mechanické odlučovače – Nový, R a kolektiv *Technika prostředí*(skripta) – Praha:ČVUT, 2000.ISBN 80-01-02108-4 , Hemerka, J : *Odlučování tuhých částic*(skripta) – Praha:ČVUT, 1994.ISBN 80-01-01088-0
- [7] Látkové filtry ZVVZ Milevsko [online] [cit.2014-11-06] [www.zvvz.cz](http://www.zvvz.cz).
- [8] Tlumiče hluku. [www.greif.cz](http://www.greif.cz) [online] [cit.2014-10-26] Dostupné z: <http://www.greif.cz/vyroby/tlumice-hluku.html?detail=1>
- [9] Snižování hlukových hladin VZT komponentů. [Www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz) [online] [cit.2014.-11.08] Dostupné z: <file:///C:/Users/uzivatel/Pictures/Sni%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD%20hlukov%C3%BDch%20hladin%20VZT%20komponent%C5%AF%20-%20Tzb-info.html>
- [10] Ing. Jan Čermák, CSc. a kolektiv, *Ventilátory*. Nakladatelství SNTL – Praha 1974.
- [11] Doc. Ing. Richard Nový, CSc a Ing. Miroslav Kučera *Snižování hluku a vibrací*(skripta) – Praha 2009.

## 16 Přílohy

### 16.1 Posklizňová linka Pluhův Žďár



Obrázek 1 – Pohled na posklizňovou linku Pluhův Žďár



Obrázek 2 – mechanické odstředivé odlučovače prachu



Obrázek 3 – mechanický odlučovač prachu(cyklon) – pro předčističku SMA 202(vlevo), pro čističku TAS 152A - 2 (vpravo)





Obrázek 4 – prachová komora



Obrázek 5 – Předčistička Schmidt Seeger SMA 202



Obrázek 6 – Čistička Schmidt Seeger TAS 152A - 2