

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**ODLUČOVAČE PRO SYSTÉMY
VŠEOBECNÉHO VĚTRÁNÍ A
PRŮMYSLOVÉ VYUŽITÍ SE
ZAMĚŘENÍM NA ODLUČOVÁNÍ
AEROSOLŮ A TUKŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

EKATERINA BELOUSOVA

2 – BS – 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Belousova** Jméno: **Ekaterina** Osobní číslo: **461200**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**
 Studijní program: **Strojirenství**
 Studijní obor: **Technika životního prostředí**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Odlučovače pro systémy všeobecného větrání a průmyslové využití se zaměřením na odlučování aerosolů a tuků

Název bakalářské práce anglicky:

Separators for General Ventilation Systems and Industrial Applications with a Focus on Aerosol and Grease Separation

Pokyny pro vypracování:

Popište odlučovací principy a odlučovače používané v současnosti v systémech pro všeobecné větrání a pro průmyslové využití. Popište systémy pro vzduchovou a průmyslovou filtraci. Popište a zhodnoťte odlučovače aerosolů a tuků. Vypracujte ideový návrh odlučovacího zařízení u zadaného zdroje.

Seznam doporučené literatury:

- 1) Hemerka J.: Odlučování tuhých částic, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000.
- 2) Hemerka J., Vybíral P.: Filtrace atmosférického vzduchu, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2011.
- 3) de Nevers N.: Air Pollution Control Engineering, McGraw-Hill Inc., 1995
- 4) firemní literatura

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Pavel Vybíral, Ph.D., ústav techniky prostředí FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Pavel Vybíral, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

30.4.2020
Datum převzetí zadání

Podpis studentky

SOUHRN

Tato bakalářská práce poskytuje přehled o základních principech odlučování částic, provedení odlučovačů a jejich třídění.

Dále se práce zabývá popisem odlučovacích zařízení pro průmyslovou a vzduchovou filtraci se zaměřením na odlučování tuků a olejové mlhy.

Praktická část zahrnuje ideový návrh odsávacího zákrytu pro hotelovou kuchyň včetně návrhu tukových filtrů.

SUMMARY

This bachelor thesis provides an overview of the fundamental principles of particle separation from the air, design of separators and their classification.

After that the thesis discusses description of separation devices for industrial and air filtration with a focus on the separation of fats and oil mist.

The practical part includes the conceptual design of the extractor hood for the hotel kitchen including the design of grease filters.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Odlučovače pro systémy všeobecného větrání a průmyslové využití se zaměřením na odlučování aerosolů a tuků“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Pavla Vybírala, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 31.07.2020

Ekaterina Belousova

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat Ing. Pavlu Vybíralovi Ph.D., svému vedoucímu bakalářské práce, za trpělivost, čas strávený při konzultacích a cenné odborné rady při zpracování této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1. ZÁKLADNÍ ODLUČOVACÍ PRINCIPY	11
1.1 Gravitační princip.....	11
1.2 Setrvačný princip	12
1.3 Odstředivý princip	13
1.4 Difúzní princip.....	13
1.5 Intercepční princip.....	14
1.6 Elektrický princip	15
2. TŘÍDĚNÍ ODLUČOVAČŮ.....	16
2.1 Suché mechanické odlučovače	16
2.1.1 Gravitační odlučovače	16
2.1.2 Setrvačné odlučovače	17
2.1.3 Vírové odlučovače	18
2.1.4 Rotační odlučovače.....	19
2.2 Mokrý mechanické odlučovače	19
2.2.1 Sprchové odlučovače	20
2.2.3 Vírové odlučovače	21
2.2.4 Pěnové odlučovače.....	21
2.2.5 Proudové odlučovače	21
2.2.6 Rotační odlučovače.....	22
2.3 Filtry	22
2.3.1 Filtrační materiály	23
2.3.1.1 Filtrace atmosférického vzduchu.....	23
2.3.1.2 Filtrace průmyslová	25
2.3.2 Provedení filtrů.....	26
2.3.2.1 Provedení filtrů atmosférického vzduchu	26
2.3.2.2 Provedení průmyslových filtrů	30
2.3.3 Třídění filtrů	32
2.3.3.1 Filtry pro všeobecné větrání.....	32
2.3.3.2 Filtry vysoce účinné.....	34
2.3.3.3 Průmyslové filtry	35
2.4 Elektrické odlučovače	35

3. TUKY	37
4. ODLUČOVAČE OLEJOVÉ MLHY PRO PRŮMYSLOVOU FILTRACI	39
4.1 Elektrostatické filtrační soustavy	40
4.2 Dynamické separátory	42
4.3 Filtrační systémy s aktivními filtračními elementy	44
4.3.1 Průmyslové kapsové odsavače.....	44
4.3.2 Průmyslové patronové odsavače.....	45
4.3.3 Kazetové odsavače.....	47
4.3.4 Filtrační systémy s koalescenčními filtry	48
4.3.5 Filtrační systémy s hydrofiltrem.....	49
4.4 Filtrační systémy s pasivními filtračními elementy	50
5. ODLUČOVAČE TUKŮ PRO VZDUCHOVOU FILTRACI	54
5.1 Typy digestoře podle odtahu	54
5.1.1 Odtahové digestoře.....	54
5.1.2 Recirkulační digestoře	55
5.1.3 Kombinované digestoře	55
5.2 Typy digestoře podle konstrukce	55
5.3 Filtry pro digestoře	56
5.3.1 Tukové filtry	56
5.3.2 Uhlíkové filtry.....	58
5.4 Příklady zařízení	58
6. IDEOVÝ NÁVRH ODSÁVACÍHO ZÁKRYTU S LAPAČEM TUKŮ	61
6.1 Vnitřní prostředí kuchyně	61
6.2 Návrh odsávacího zákrytu.....	61
6.3 Dimenzování odsávacího zákrytu	63
6.4 Dimenzování tukových filtrů	66
ZÁVĚR	68
SEZNAM POUŽITÉ LITARATURY	71

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Označení	Název	Jednotka
A	Průřez částice	m ²
A	Velikost částice	μm
<i>a</i>	Přirážkový faktor poruch termického proudu	-
B	Pohyblivost částice	s/kg
B	Stupeň zatížení	-
D	Charakteristický rozměr překážky	m
D _B	Součinitel Brownovské difúze	m ² /s
E	Intenzita elektrického pole	V/m
e	Elementární náboj	C
k	Boltzmannova konstanta	J/K
<i>k</i>	Empiricky stanovený koeficient	m ^{4/3} · W ^{-1/3} · h ⁻¹
O _f	Frakční odlučivost	-
Δp	Tlaková ztráta	Pa
Pe	Pecletovo číslo	-
Q	Náboj částic	C
Q _s	Produkce citelného tepla	W
Q _{s, k}	Konvekční tepelná zátěž	W
r	Redukční polohový faktor	-
Re _č	Reynoldsovo číslo částice	-
Re _d	Reynoldsovo číslo proudu	-

S	Povrch částice	m ²
Stk	Stokesovo číslo	-
T	Termodynamická teplota	K
u _k	Konečná odlučovací rychlost	m/s
u _p	Pádová rychlost částice	m/s
Ů	Objemový průtok	m ³ /h
v ₁	Vstupní rychlost částice	m/s
v _d	Střední rychlosti plynu ve válcové komoře	m/s
v _o	Rychlost obtékání válce	m/s
v _t	Tangenciální rychlost částice	m/s
w	Rychlost vzduchu v odváděcím potrubí	m/s
z	Účinná odsávací výška	m
α	Parametr intercepce	-
ε	Poréznost filtrační vrstvy	-
ε _o	Permitivita vakua	Fa/m
η	Dynamická viskozita plynu	Pa·s
κ	Nabíjecí konstanta	-
ρ	Hustota	kg/m ³
τ _č	Doba relaxace částice	s
φ	Faktor současnosti	-

ÚVOD

V současné době je problém znečištění vzduchu velmi aktuální. Obzvláště v některých provozech (např. obrábění kovů, kuchyně aj.) jsou významnou součástí znečištění olejové a tukové aerosoly. Přítomnost olejové mlhy ve vzduchu místnosti vede ke škodlivým účinkům na lidské zdraví – může docházet k respiračním a kožním nemocem, alergiím. Proto jsou součástí Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, i limitní hodnoty pro olejové a emulzní aerosoly. Částice oleje se rovněž usazují na různých površích a vytváří olejovou vrstvu. Také může při tomto procesu dojít ke snížení životnosti zařízení a jejich poruchám. Důsledkem jsou dodatečné náklady na větrání, čištění vzduchu a úklid a je proto snaha znečištění vzduchu částicemi oleje co nejvíce zabránit.

Správný výběr nejvhodnějšího filtračního zařízení je důležitý faktor. Z hlediska vzduchové filtrace jsou pro odlučování tuků dominantním zařízením digestoře. K odloučení olejové mlhy pro průmyslové provozy se používají elektrostatické filtrační soustavy, dynamické separátory, filtrační systémy s aktivními filtračními elementy a filtrační systémy s pasivními filtračními elementy.

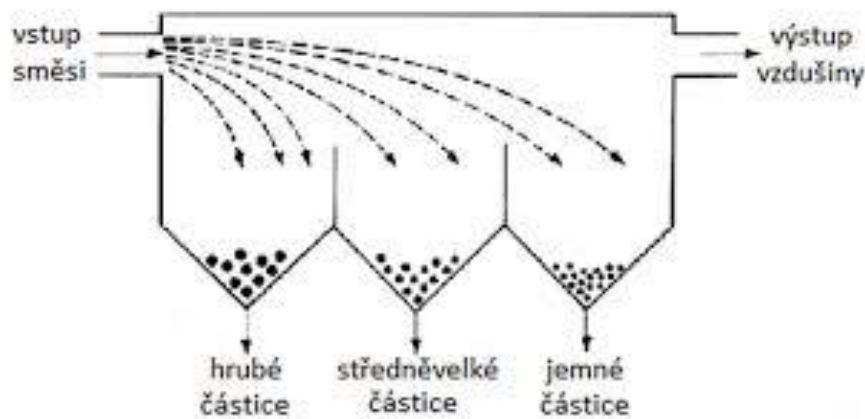
Cílem této bakalářské práce je popis základních odlučovacích principů, na základě kterých odlučovací zařízení pracují, a dále pak v současnosti používaných odlučovačů se zaměřením na odlučovače tuků, olejů a aerosolů. Praktickou částí bakalářské práce je ideový návrh odsávacího zákrytu pro hotelovou kuchyň včetně návrhu tukových filtrů, při kterém byl využit návrhový software firmy ATREA.

1. ZÁKLADNÍ ODLUČOVACÍ PRINCIPY

Základem všech odlučovacích procesů je separace částic z proudu plynu na odlučovací plochy. Odlučovací princip určuje charakter síly, která se účastní při separaci částic. Rozlišují se tyto principy: gravitační, setrvačný, odstředivý, elektrický, difúzní a intercepční princip. Tyto principy určují technické možnosti odlučovačů a podle převládajícího principu bývá odvozen i název odlučovače. Ale někde zároveň působí více principů, například při filtraci. [1]

1.1 Gravitační princip

Gravitační princip odlučování je založen na působení gravitační síly. Na tomto principu pracují gravitační odlučovače, běžným typem jsou usazovací komory (viz obr. 1.1).

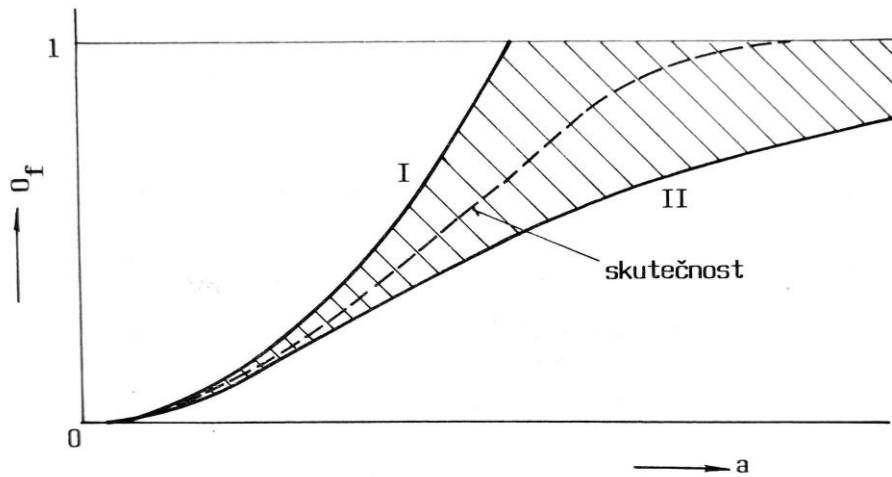


Obr. 1.1: Usazovací komora [2]

Kritérium podobnosti u daného typu odlučovače je poměr pádové rychlosti u_p , která je základní složkou rychlosti částice, a vstupní rychlosti v_1 a frakční odlučivost:

$$O_f = f(u_p / v_1) \quad (1.1)$$

Na obrázku 1.2 je znázorněna závislost frakční odlučivosti na velikosti částice. V případě I se uvažuje laminární proudění, případ II je pro turbulentní proudění, reálné odlučovače jsou mezi těmito případy. [1]



Obr. 1.2: Závislost frakční odlučivosti na velikosti částice u gravitačního principu [1]

1.2 Setrvačný princip

U setrvačných odlučovačů se hlavně využívá setrvačný odlučovací princip, kde do proudu plynu jsou umístěny překážky různých tvarů. Tento princip je založen na využití setrvačnosti částic, v blízkosti odlučovací plochy dochází k zakřivení rychlostního pole a trajektorie částice se vlivem setrvačnosti odchyluje od proudnice a dochází k odloučení částice. Příklad obtékání válce je ilustrován na obrázku 1.3. [1]

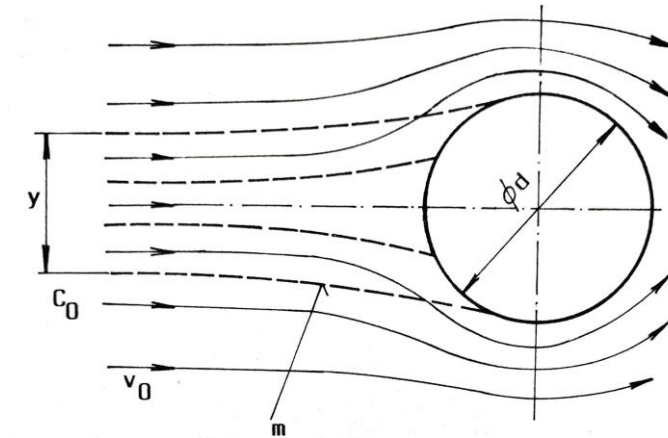
Hlavní kritéria u tohoto principu jsou Stokesovo číslo Stk , Reynoldsovo číslo proudu Re_d a pro obecnější případy při vyšších Reynoldsových číslech i Reynoldsovo číslo částice $Re_č$.

$$O_f = f(Stk, Re_č, Re_d), \quad (1.2)$$

$$\text{kde } Stk = \frac{\tau_č v_o}{d}$$

$$Re_d = \frac{v_o d \rho}{\eta}$$

$$Re_č = \frac{v_o a \rho}{\eta}$$



Obr. 1.3: Setrvačný princip při obtékání válce [1]

1.3 Odstředivý princip

Odstředivý princip jako zvláštní případ setrvačného principu se uplatňuje při rotaci plynu ve válcových a kuželových komorách (cyklónech), kde pohyb částice ve směru k odlučovací ploše je dán působením odstředivé síly. [1]

Frakční odlučivost závisí na poměru povrchu odstředivé komory vůči jejímu průřezu S/A , poměru obvodové (tangenciální) složky rychlosti v_t a střední rychlosti plynu ve válcové komoře v_d a na Stokesově kritériu [1]:

$$O_f = f\left(\frac{S}{A}, \left(\frac{v_t}{v_d}\right)^2, Stk\right) \quad (1.3)$$

1.4 Difúzní princip

Difúzní princip odlučování je založen na difúzi částic, vyvolané silami molekulárního původu při obtékání těles malou rychlostí. Tento princip nachází široké uplatnění zejména ve filtraci při odlučování částic na povrchu vláken, která tvoří filtrační vláknitou vrstvu. U proudu plynu s gradientem koncentrace částic dochází k vyrovnávání koncentrace a odlučování částic na povrchu vláken. [1]

Uplatňuje se hlavně u malých částic $< 1 \mu\text{m}$. Ve filtraci se proto při obtékání vláken předpokládá laminární proudění a jako součinitel difúze se uvažuje součinitel Brownovské difúze

$$D_B = kTB \quad (1.4)$$

Tok částic je proti směru zvyšující se koncentrace a odlučivost částic se zvyšuje se zmenšující se velikostí částic. [3]

Frakční odlučivost je funkcí:

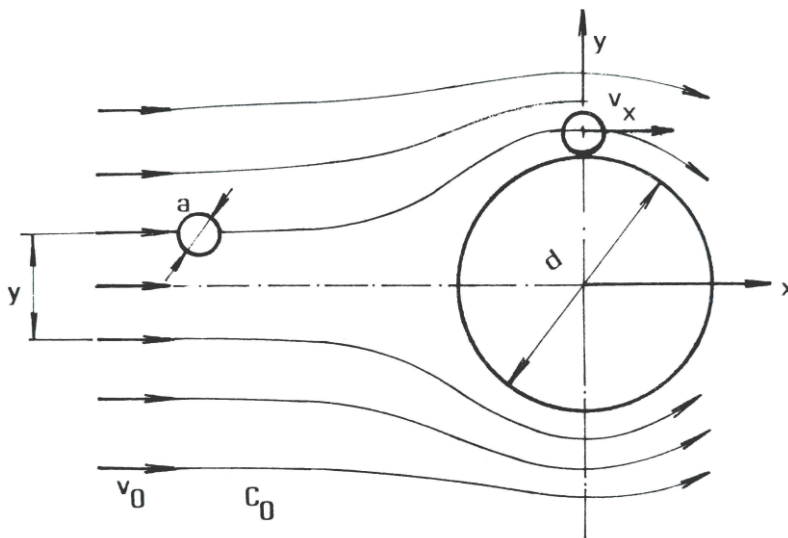
$$O_f = f(Pe, Re_d, \varepsilon) \quad (1.5)$$

$$\text{kde } Pe = \frac{v_0 d}{D},$$

ε – poréznost filtrační vrstvy. [3]

1.5 Intercepční princip

Intercepční odlučovací princip neboli přímé zachycení částic spočívá v odloučení částic pohybujících v blízkosti odlučovací plochy vlivem své konečné velikosti. Schéma je na obrázku 1.4. Tento princip se často používá ve filtraci při průchodu plynu vláknitou, či zrnitou vrstvou. [1]



Obr. 1.4: Přímé zachycení částic velikosti a [1]

Účinnost odlučování intercepční je funkcí:

$$O_f = f(\alpha, Re_d, \varepsilon) \quad (1.6)$$

Parametr intercepce α je vyjádřen jako [4]:

$$\alpha = \frac{a}{d}$$

1.6 Elektrický princip

Elektrický princip odlučování je založen na působení elektrické Coulombovy síly na nabitě částice. Tento princip se do určité míry může uplatnit i ve filtraci.

Přirozený náboj pro odloučení je nedostatečný, proto se částice uměle nabíjejí. Při nabíjení korónovým výbojem u vysokonapěťových nabíjecích elektrod se uplatňují dva způsoby: po siločárách a difuzí iontů. [3]

Pro částice velikosti $> 1 \mu\text{m}$ převažuje nabíjení po siločárách a saturační náboj Q je vyjádřen:

$$Q = \epsilon_0 \pi a^2 \kappa E \quad (1.7)$$

Pro částice velikosti $< 1 \mu\text{m}$ převažuje nabíjení difuzí iontů a náboj Q je pak vyjádřen:

$$Q = 10^8 a e \quad (1.8)$$

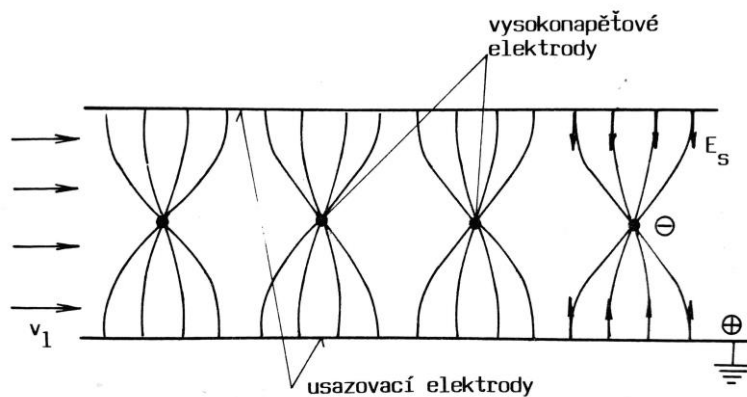
Nejčastějším typem elektrického odlučovače jsou komorové odlučovače. Na obrázku 1.5 je znázorněno nehomogenní elektrické pole u komorového elektrického odlučovače.

Frakční odlučivost je určena Deutschovým vztahem:

$$O_f = 1 - \exp\left(-\frac{u_k S}{\bar{v}}\right) \quad (1.9)$$

Podobnostním kritériem je tedy poměr $\frac{u_k S}{v_1 A_1}$,

kde u_k je konečná odlučovací rychlost, S je plocha elektrod, A_1 je vstupní průřez. [3]



Obr. 1.5: Elektrické pole u komorového typu el. odlučovače [1]

2. TRÍDĚNÍ ODLUČOVAČŮ

2.1 Suché mechanické odlučovače

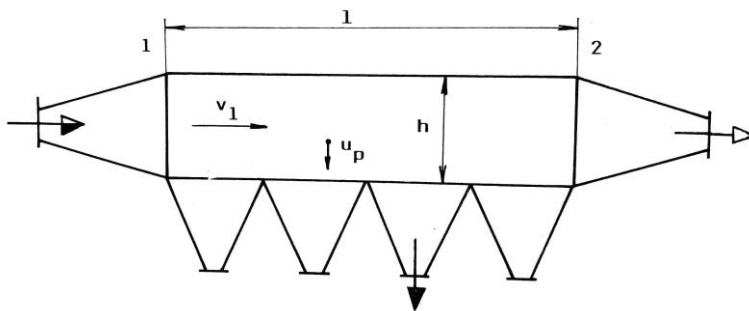
Hlavní výhodou většiny suchých mechanických odlučovačů je jednoduchost konstrukce. Další vlastnosti jsou nízká spotřeba energie a použitelnost i pro vyšší teploty plynu.

Nevýhodou je nedostatečná odlučivost pro jemné frakce. Proto se používají hlavně jako první stupeň odlučování u účinnějších vícestupňových systémů.

Suché mechanické odlučovače se dělí do 4 skupin: gravitační, setrvačné, vírové a rotační odlučovače. [1]

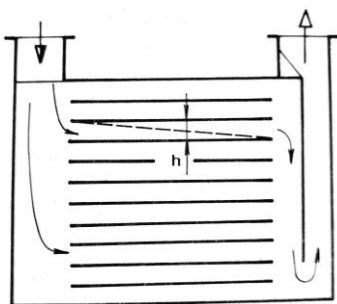
2.1.1 Gravitační odlučovače

Základním typem je gravitační komora (viz obr. 2.1), která se nejčastěji používá jako lapač těžkých kusů.

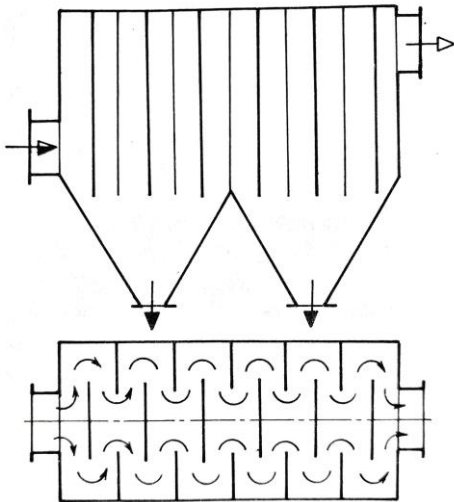


Obr. 2.1: Gravitační komora [4]

Další typy odlučovačů jsou na obrázcích 2.2 a 2.3, kde pro zvýšení účinnosti jsou znásobeny odlučovací plochy a snížena odlučovací výška h (viz obr. 2.2) a prodloužena doba zdržení částic v prostoru odlučovače vložением svislých přepážek (viz obr. 2.3).



Obr. 2.2: Usazovací komora s paralelními patry [1]

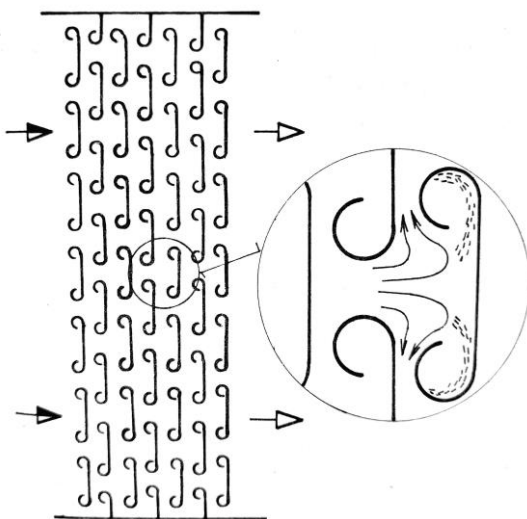


Obr. 2.3: Usazovací komora se svislými přepážkami [1]

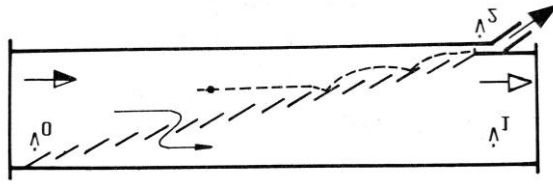
2.1.2 Setrvačné odlučovače

U setrvačných odlučovačů dochází k odlučování při proudění vhodně tvarovanými překážkami. Setrvačné odlučovače nejsou vhodné pro lepivé a abrazivní prachy.

Na obrázku 2.4 je lamelový odlučovač s několika řadami lamel. Na dalším obrázku 2.5 je žaluziový odlučovač, který se více používá jako předodlučovač pro vysoké koncentrace hrubých prachů. Odlučovací schopnosti závisí na geometrii mříže, vstupní rychlosti, velikosti a materiálu částic i povrchu lopatek. [5]



Obr. 2.4: Lamelový odlučovač [1]



Obr. 2.5: Žaluziový odlučovač [1]

2.1.3 Vírové odlučovače

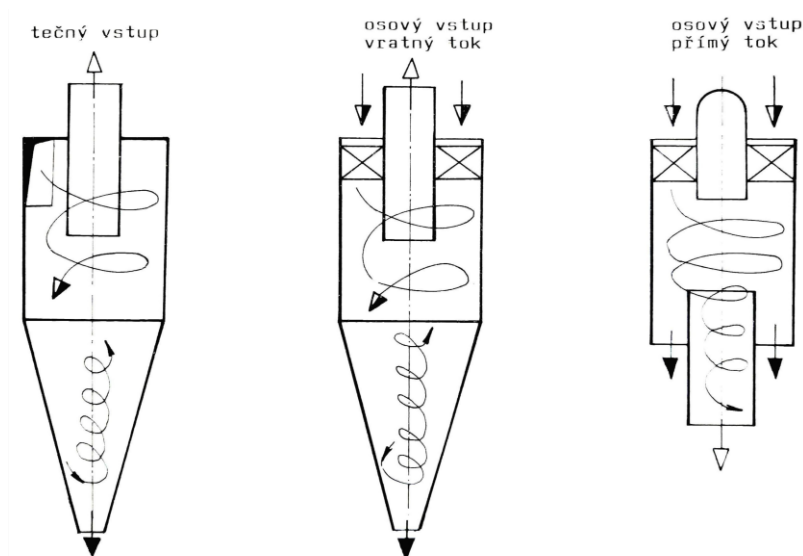
Vírové (cyklónové) odlučovače jsou nejpoužívanějším typem suchých mechanických odlučovačů. Jsou jednoduché a provozně nenáročné, ale zároveň mají vysokou účinnost pro hrubší částice. Nevýhodou je snížená životnost při použití pro abrazivní prachy a tendence k zalepování.

Příkladem použití je čištění různých průmyslových odpadních plynů, energetických jednotek menšího výkonu apod. [5]

Tyto odlučovače využívají odstředivou sílu, která způsobuje radiální odlučovací rychlost.

Základem vírových odlučovačů jsou vírové články (viz obr. 2.6), které se podle způsobu rotace plynu dělí na:

- články s tečným vstupem
- články s osovým vstupem a vratným tokem
- články s osovým vstupem a přímým tokem



Obr. 2.6: Základní typy vírových článků [1]

Nejpoužívanější je vírový odlučovač s tečným vstupem, který podle uspořádání může být s kolmým tečným vstupem, spirálovým vstupem nebo šroubovým vstupem. [1]

Cyklóny občas nemají dostatečný výkon pro vyšší průtoky plynu, a proto se používají vícečlánkové sestavy, které lze rozdělit na skupinové odlučovače a bateriové odlučovače neboli multicyklóny. U multicyklónů články mají společný vstup a výstupní trubky jsou napojeny do společné výsypky. Počet článků se pohybuje od 6 do několika set, jejich průměry jsou v rozmezí 160 až 630 mm. Skupinové odlučovače mají symetrické uspořádání jednotlivých vírových článků, u každého článku je samostatný přívod plynu. Průměr článku je v rozmezí 300 až 600 mm, jejich počet je menší než u multicyklónů, což je výrobně jednodušší a méně nákladné. [5]

2.1.4 Rotační odlučovače

Rotační odlučovače využívají rotační pohyb části odlučovače, který způsobuje rotaci plynu. Podle způsobu rotace tyto odlučovače lze rozdělit na odstředivkové a ventilátorové. [1]

Rotační odlučovače jsou dost komplikované a náročné na obsluhu a údržbu a proto se příliš nevyužívají.

2.2 Mokrý mechanické odlučovače

Mokrý mechanické odlučovače jsou vhodné pro lepivé a abrazivní částice, výbušné prachy, pro zachycování plyných znečišťujících látek a mají vyšší odlučivost pro jemné částice. Nevýhodou je riziko koroze a zamrznání, potřeba kalového hospodářství a náročnost na obsluhu a údržbu.

Charakteristikou mokrých odlučovačů je měrná spotřeba vody m (l/m^3):

$$m = \frac{V_v}{V_p}, \quad (2.1)$$

kde V_v je množství přivedené vody, V_p je objem plynu.

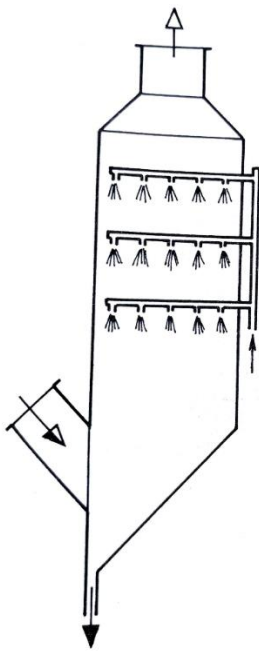
Mokrý mechanické odlučovače se používají zejména tam, kde nelze využít suché mechanické odlučovače.

Tyto odlučovače se dělí do 6 skupin: sprchové, setrvačné, vírové, pěnové, proudové a rotační odlučovače. [1]

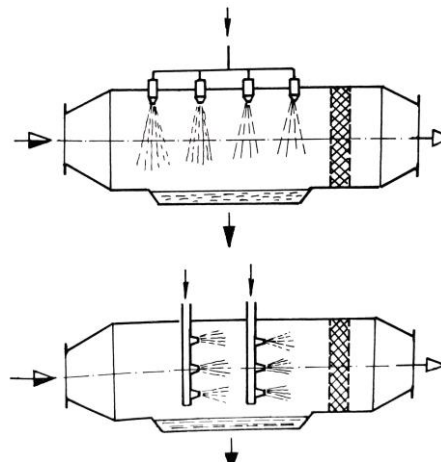
2.2.1 Sprchové odlučovače

Sprchové odlučovače využívají setrvačný princip při obtékání kapek plynem. Rozlišují se sprchové věže a sprchové komory.

Sprchové věže obvykle mají tvar válce, plyn proudí zdola nahoru nízkou střední rychlostí do 1,5 m/s. Schéma odlučovače je na obrázku 2.7. U sprchových komor (viz obr. 2.8) plyn proudí horizontálně rychlostí do 3 m/s. [1]



Obr. 2.7: Sprchová věž [1]



Obr. 2.8: Sprchová komora [1]

2.2.2 Setrvačné odlučovače

Existuje několik typů setrvačných odlučovačů:

- odlučovače se skrápěnými překážkami
- odlučovače se skrápěnou pevnou vrstvou (náplňové odlučovače)
- odlučovače se skrápěnou pohyblivou vrstvou
- odlučovače hladinové.

Odlučovače se skrápěnými překážkami jsou tvořeny řadami tyčí nebo mříží skrápěných vodou a obtékány plynem. Tyto odlučovače mají nízkou odlučivost a používají se jako předodlučovače. [1]

U náplňových odlučovačů plyn protéká smáčenou vrstvou, tvořenou výplňovými tělísky, kterých existuje řada typů dle účelu použití, například se často používají Rashigovy keramické kroužky nebo plastové kroužky Pall. S tloušťkou vrstvy roste odlučovací schopnost, ale zároveň i tlaková ztráta. [3]

Odlučovače se skrácenou pohyblivou vrstvou jsou uspořádány ve formě kolony s několika patry. Plyn protéká vzhůru a uvádí vrstvu lehkých plastových kuliček do vířivého pohybu. Tyto odlučovače jsou vhodné pro odlučování lepivých prachů. [1]

Poměrně rozšířená skupina mokrých setrvačných odlučovačů jsou hladinové odlučovače. Existují dvě základní provedení hladinových odlučovačů – s kolmým a s tečným přívodem plynu. Tyto odlučovače mají vysokou odlučivost i pro menší částice.

2.2.3 Vírové odlučovače

Mokré vírové odlučovače se dělí na vírové odlučovače se smáčenou stěnou a mokré vírníkové odlučovače. Odlučovače se smáčenou stěnou mají menší účinnost, ale zároveň i menší měrnou spotřebu vody m, protože se smáčí pouze povrch válcové odlučovací plochy.

Mokré vírníkové odlučovače mají paralelně řazené malé vírové články s přímým tokem – vírníky, kde rotaci plynu zajišťují lopatky na vstupu. U těchto článků dosahuje mez odlučivosti až 1 mikrometr. [3]

2.2.4 Pěnové odlučovače

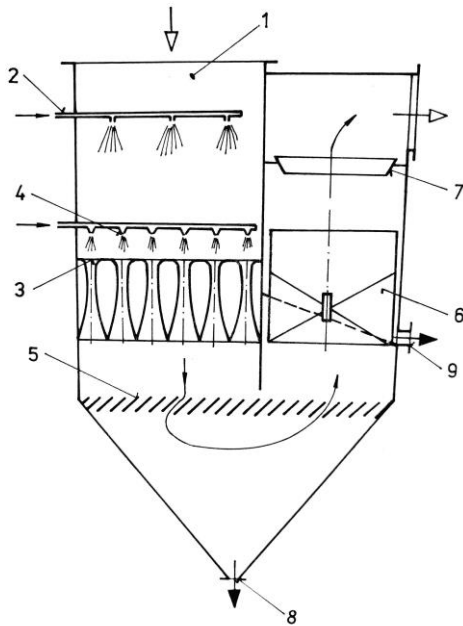
Základním mechanismem pěnových odlučovačů je průchod znečištěného plynu porézní přepážkou či roštem s následným vznikem pěnové vrstvy. Pěna má malou měrnou hmotnost a malou tlakovou ztrátu s velkou odlučovací schopností. [5]

Pěnové odlučovače se používají pro dobře smáčivé prachy a nehodí se pro cementující prachy, které vytváří nánosy na roštech. [3]

2.2.5 Proudové odlučovače

Proudové odlučovače neboli Venturiho odlučovače mají nejvyšší odlučivost mezi mokrymi mechanickými odlučovači, ale mají současně vysokou tlakovou ztrátu. Tyto odlučovače pracují na setrvačném odlučovacím principu. Plyn s částicemi vtéká do Venturiho trubice, kde se v hrdle přivádí kapalina, která se tříští na drobné kapičky, na nichž se zachycují částice. Rychlost plynu v hrdle je až 100 m/s. [5]

Příklad proudového odlučovače je znázorněn na obrázku 2.9.



Obr. 2.9: Proudový vícečlankový odlučovač [1]

2.2.6 Rotační odlučovače

Mokrý rotační odlučovače jako suché rotační odlučovače se příliš nevyužívají z důvodu náročnosti na obsluhu a údržbu a energetické náročnosti, a proto často bývají nahrazeny např. mokřými proudovými odlučovači.

Příkladem jednoduchého mokrého rotačního odlučovače je radiální ventilátor, u kterého se zajistí smáčení lopatek vodou a kal se odvádí z komory ventilátoru do usazovací nádrže. [1]

2.3 Filtry

Rozlišují se dvě základní skupiny filtrů: filtry atmosférického vzduchu a filtry průmyslové. Filtrace atmosférického vzduchu nachází své uplatnění ve větrání a klimatizaci. Maximální vstupní koncentrace částic se pohybuje v jednotkách mg/m^3 , u filtrace průmyslové v jednotkách g/m^3 .

U filtrace průmyslové teplota plynu může dosahovat až několik set $^{\circ}\text{C}$, v plynu mohou být agresivní příměsi. Teplota plynu u filtrace atmosférického vzduchu se blíží standardním podmínkám. Hlavní rozdíl těchto skupin filtrů je v tom, že částice u filtrace atmosférického vzduchu se odlučují ve vrstvě filtračního materiálu, dochází k tzv

hloubkové filtraci a filtrační materiály se s výjimkou hrubých filtrů neregenerují, naopak filtrace průmyslová je povrchová filtrace, dochází k tvorbě filtračního koláče a filtrační materiál se regeneruje. [1]

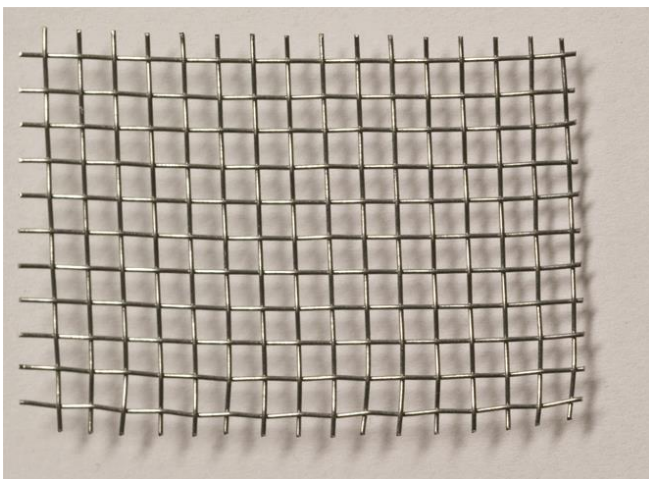
2.3.1 Filtrační materiály

Použití filtračních materiálů zaleží na tom, zda se jedná o filtraci atmosférického vzduchu nebo průmyslovou.

2.3.1.1 Filtrace atmosférického vzduchu

Filtrační materiály pro filtraci atmosférického vzduchu lze rozdělit do několika základních skupin.

První skupinu materiálů tvoří materiály ve formě kovových nebo plastových výplní. Příkladem je drátěné pletivo (viz obr. 2.10) naskládané do několika vrstev, umělohmotné i kovové třísky, tahokov, perforované folie ze syntetických látek. Tyto nejjednodušší materiály mají nízkou tlakovou ztrátu a vysokou filtrační rychlost. Pro zlepšení odlučovací schopnosti se v některých případech používá namočení do oleje. Materiály této skupiny se dají regenerovat a filtry se většinou používají pro hrubou filtraci větracího vzduchu k zachycení částic větších než 10 μm . [1]



Obr. 2.10: Příklad ocelového drátěného pletiva [6]

Druhou skupinu materiálů představují vláknité filtrační vrstvy, které tvoří převládající část filtračních materiálů. Vláknité materiály podle technologie výroby lze rozdělit na rohože, rouna, vpichované textilie a filtrační papíry. Tyto materiály se podle potřeby používají ve vložkových filtrech jako nižší až koncový stupeň filtrace u větracích a klimatizačních zařízení a u vysokoúčinné technologické filtrace. [1]

Rohože se skládají ze silnějších syntetických nebo skleněných vláken. Pro lepší celistvost jsou spojena pojivem nebo tepelným zpracováním.

Rouna jsou tvořena z jemnějších minerálních, syntetických nebo organických vláken. Vlákná se nanáší na nosný pojený podkladový materiál, který na čisté straně ochraňuje proti průniku úlomků vláken do vzduchu.

Vpichované textilie jsou filtrační materiály složené ze syntetických vláken, vzájemně propojených vpichovací technologií.

Filtrační papíry (viz obr. 2.11) se skládají z jemných skleněných nebo organických vláken a vyrábí se papírenskou technologií. Z filtračních papírů se vyrábí skládané filtry. [4]



Obr. 2.11: Filtrační papír [7]

Třetí skupinu tvoří sorpční materiály pro sorpční filtry. Sorpční filtry pracují na principu adsorpce. Jako sorpční látky se hlavně používají aktivní uhlí, pak aktivní koks nebo saze, silikagel a jiné. Adsorpční látky musí mít velký měrný povrch, například u aktivního uhlí může dosahovat měrný povrch až $1250 \text{ m}^2/\text{g}$.

Na obrázku 2.12 je znázorněna vyměnitelná filtrační vložka se sypaným aktivním uhlím, která je efektivnější a má více aktivního uhlí než filtrační vložka s lisovaným aktivním uhlím.



Obr. 2.12: Filtrační vložka se sypaným aktivním uhlím [8]

Na kvalitě sorpční látky závisí sorpční schopnost, která může dosahovat až 30 % (výjimečně 50 %).

2.3.1.2 Filtrace průmyslová

Filtrační materiály pro průmyslovou filtraci se dají rozdělit do tří skupin – filtrační textilie, zrnité vrstvy a porézní hmoty.

Převládající skupina materiálů jsou filtrační textilie, které se vyrábí nejčastěji vpichovací technologií, nebo tkaním (pouze pro vysoké teploty z teplotně odolných vláken) ze syntetických, minerálních nebo přírodních vláken. [1]

Tkané textilie tvoří dvě kolmo na sebe překládané příze. Pro výrobu tkanin se používají čtyři základní typy přízí: monovlákno, multivlákno, fibrilovaný pásek a staplové vlákno. Základním faktorem, určujícím charakter tkaniny je systém vazby. Nejjednodušší je prostá vazba, ale příliš se nepoužívá kvůli vysoké tlakové ztrátě filtrů, keprová vazba vykazuje lepší vlastnosti a saténová vazba slouží k nejúčinnějšímu odstraňování filtračního koláče při regeneraci.

Netkané filtrační textilie neboli plsti se dělí na dvě skupiny. U první skupiny je samotná vláknitá vrstva zpevněna příčným vpichováním vláken do struktury vrstvy, u druhé skupiny je filtrační vrstva zpevněna nosnou tkanou výztuhou – bandáží. Netkané textilie

mají větší tloušťku než tkané textilie a často se používají u filtrů s regenerací pulzním profukem. [9]

Pro zvýšení odlučivosti, prodloužení životnosti či úpravu jiných vlastností se používají povrchové úpravy filtračních textilií. Nejčastěji se používají tepelná stabilizace, tepelné ošetření povrchu, opalování plamenem, ochranná impregnace, povlakování. [9]

Výběr filtrační textilie záleží na struktuře filtrační vrstvy, mechanických, tepelných, chemických a elektrických vlastnostech vrstvy.

Struktura filtrační vrstvy zahrnuje tloušťku vrstvy, poréznost a rovnoměrnost vrstvy, průměry vláken a určuje odlučovací schopnosti a tlakovou ztrátu. Mechanické vlastnosti závisí na materiálu vláken a technologii výroby a určují životnost textilie a způsob regenerace. Tepelné a chemické vlastnosti závisí na materiálu vláken a rozhodují o životnosti textilie. Elektrické vlastnosti také závisí na materiálu vláken a hrají velkou roli při filtraci výbušných prachů. [1]

2.3.2 Provedení filtrů

Filtry atmosférického vzduchu a průmyslové filtry se výrazně liší v provedení z důvodu rozdílných parametrů čištěného plynu, objemových průtoků, koncentrace tuhých příměsí, umístění ve vzduchotechnické potrubní síti, způsobů regenerace.

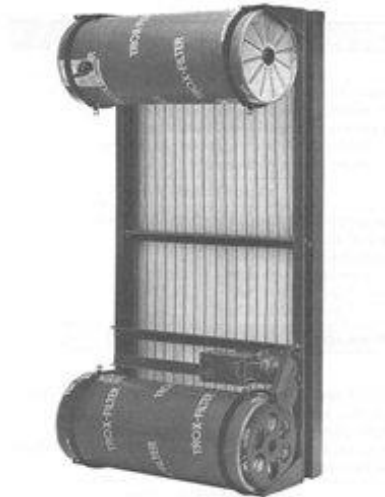
2.3.2.1 Provedení filtrů atmosférického vzduchu

Filtry atmosférického vzduchu se dělí na filtry pro všeobecné (běžné) větrání – filtry prachové a filtry vysoce účinné – filtry aerosolové.

Filtry prachové a aerosolové

Podle provedení filtry pro všeobecné větrání bývají vložkové a pásové, filtry vysoce účinné jsou převážně vložkové.

Pásové filtry se dělí na dva typy: oběhové a odvinovací filtry. Filtrační člen pásových odvinovacích filtrů představuje pás filtračního materiálu, který se podle snímané tlakové ztráty filtru postupně odvinuje. Na obrázku 2.13 je znázorněn pásový odvinovací filtr. [4]



Obr. 2.13: Pásový odvinovací filtr [4]

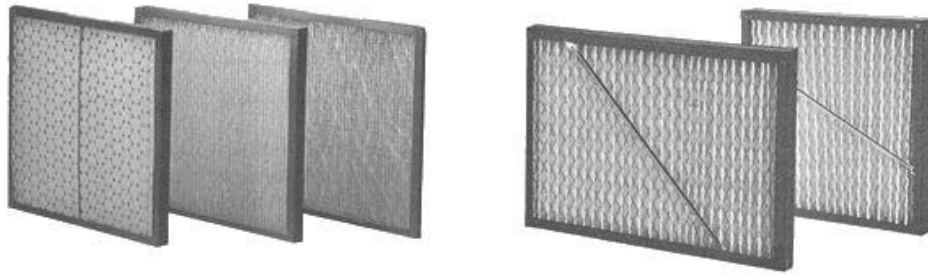
Filtrační člen oběhových filtrů představuje nekonečný pás, který kontinuálně obíhá v uzavřeném kruhu a regeneruje se. [1]

Pásové filtry mají vyšší filtrační rychlost, a proto se obvykle používají pro nižší třídy filtrace.

Vložkový filtr se skládá z jednotlivých vyměnitelných vložek, které se vkládají do skříní nebo rámců. Podle objemového průtoku se určuje počet těchto paralelně řazených vložek.

Vložkové filtry se dělí na deskové (rámečkové), kapsové a skládané (kompaktní, kazetové a patronové).

Vložky deskových filtrů, které jsou ve tvaru plochých desek, se vkládají do skříní. Vložky jsou vyplněny plochým nebo skládaným filtračním materiálem – viz obr. 2.14. U vložky s plochým filtračním materiálem a kovovým rámem se při pravidelné údržbě mění zpravidla pouze filtrační materiál, u vložek se skládaným filtračním materiálem se mění též pouze filtrační materiál nebo rovnou celá vložka. Obvykle se deskové filtry vyrábějí do třídy F5 (dle normy ČSN EN 779 pro zatřídění filtrů platné do r. 2018, ale stále široce používané), což přibližně odpovídá třídě ISO ePM10 60 % dle nové normy ČSN EN ISO 16890. [4]



Obr. 2.14: Vložky deskového filtru s plochým filtračním materiálem (vlevo) a se skládaným filtračním materiálem (vpravo) [10]

Filtrační materiál kapsových filtrů je ve formě hlubokých kapes. Třidu filtrů ovlivňuje použitý filtrační materiál a jeho struktura. Kapsové filtry se vyrábějí od nižších tříd filtrace až do vyšších, a proto je jejich využití široké od předfiltrů až po druhé filtrační stupně. [4]

Na obrázku 2.15 jsou kapsové vložky s různými parametry, kterými obecně jsou šířka kapes, počet kapes, filtrační materiál apod.



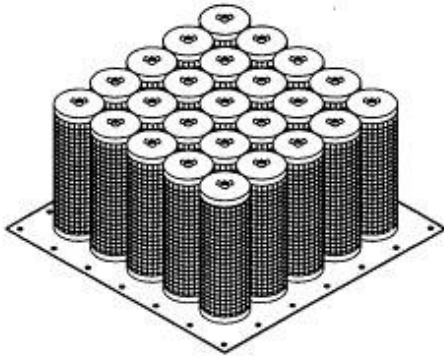
Obr. 2.15: Kapsové vložky Syntex a PowerAir [11]

Sorpční filtry

Sorpční filtry pracují na principu adsorpce, kde základní sorpční látka je aktivní uhlí. Tyto filtry zachytávají plynné znečišťující látky a pachy.

Na obrázku 2.16 je sorpční filtr se základní stavební jednotkou – válcovými patronami s vrstvou sorpční látky. Také se používají deskové filtrační vložky a kazetové vložky se skládaným filtračním materiálem, kde sorpční látka je součástí filtračního materiálu.

Sorpční náplň u deskových a patronových vložek se dá většinou s použitím speciálních technologií regenerovat. [4]



Obr. 2.16: Sorpční patronový filtr [4]

V současné době jsou sorpční filtry poměrně populární díky relativně nízkým nákladům a adsorpčním vlastnostem.

Sorpční filtry se používají pro digestoře, mobilní filtrační jednotky, chemické provozy, zdravotnictví, jaderné elektrárny a další provozy. [12]

Sorpční filtry jsou velmi dobře účinné proti kuchyňským pachům, chemickým organickým látkám a cigaretovému kouři.

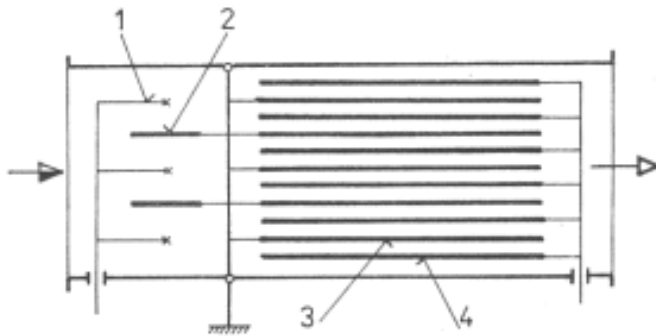
Dielektrické filtry a elektrofiltry

Dielektrické filtry a elektrofiltry využívají elektrický princip odlučování částic.

Vláknitá vrstva dielektrického filtru je z elektricky nevodivého filtračního materiálu a nachází se v elektrickém poli mezi vhodně upravenými elektrodami. Dielektrické filtry se používají u oběhových filtračních jednotek k čištění vzduchu uvnitř místností. [4]

Elektrofiltr slouží pro účinné odloučení jemných částic ve vnitřním prostředí. Na obrázku 2.17 je znázorněn dvouzónový elektrický odlučovač. U tohoto odlučovače je ionizační část oddělená od části odlučovací. Ionizační část se skládá ze soustavy drátových vysokonapěťových elektrod, na které se přivádí napětí kladné polarity, a dochází ke vzniku korónového výboje. Při kladné koruně je menší vznik ozónu než při záporné koruně používané u průmyslových filtrů, a kvůli tomu se vzduch může vracet zpět do prostoru. V ionizační části se částice nabíjejí a dále vstupují do odlučovací části. Odlučovací část je tvořena soustavou deskových elektrod o menší roztečné vzdálenosti

než v ionizační části, kde jsou kladné elektrody s nižším napětím a uzemněné záporné elektrody, na nichž se odlučují kladně nabitě částice.



Obr. 2.17: Schéma dvouzónového elektrického odlučovače [4]

Výhodou elektrofiltrů je nízká tlaková ztráta a nízký elektrický příkon na vlastní elektrické odlučování. Odlučovací schopnost elektrofiltrů lze porovnat s účinností filtrů třídy F7 až F9 dle normy ČSN EN 779, což přibližně odpovídá třídě ISO ePM_{2,5} 65 % až ISO ePM₁ 95 % dle nové normy ČSN EN ISO 16890.

Ve vzduchotechnice se elektrofiltry používají zejména tam, kde nelze použít klasické prachové filtry kvůli extrémním klimatickým podmínkám. Například ve větrání a klimatizaci u dopravních prostředků v oblastech s vysokou vlhkostí a teplotou, u jednotek pro čištění vzduchu ve svařovnách a obrobnách. [4]

2.3.2.2 Provedení průmyslových filtrů

Podle uspořádání filtrační plochy se průmyslové filtry základně dělí na hadicové, kapsové a patronové. Filtrační materiál (vpichovaná filtrační textilie) hadicových filtrů je ušit do tvaru hadic, u kapsových do tvaru hlubokých kapes.

U průmyslové filtrace se filtrační materiál regeneruje a základní způsob regenerace je zpětný proplach nebo pulsní profuk. U méně náročných aplikací, např. pro hrubý nelepivý prach lze použít i mechanický způsob regenerace. [1]

Regenerace pulzním profukem využívá energie tlakového vzduchu. Nejčastěji se používá u hadicových a patronových filtrů. U kapsových filtrů je běžná regenerace zpětným proplachem, kde se část filtru na krátkou dobu odstaví a profukuje se externím vzduchem. [13]

Hadicové filtry

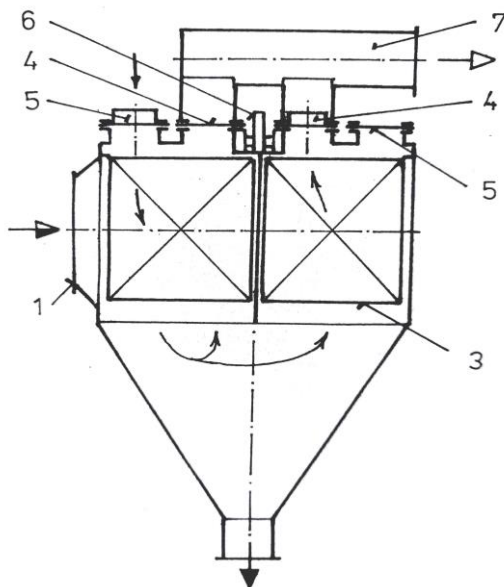
Hadicové filtry mají buď kruhové nebo řadové uspořádání. U kruhového hadicového filtru jsou hadice umístěny v kruhové komoře, která je rozdělena do několika sekcí. Hadice řadového filtru jsou uspořádány do sekcí napojených za sebou.

Průměr hadic bývá 140 až 250 mm, maximální délka okolo 10 m. [1]

Kapsové filtry

Na obrázku 2.18 je znázorněno schéma kapsového filtru s regenerací zpětným proplachem.

Kapsový filtr je tvořen hlubokými kapsami. Základní filtrační jednotka těchto filtrů je většinou rozdělena do několika komor a má čtvercový nebo obdélníkový průřez.



Obr. 2.18: Schéma kapsového filtru [1]

Stejně jako u hadicových filtrů je při umístění filtrační textilie nutno použít výztuh pro zabránění styku protilehlých filtračních ploch při filtraci.

Patronové filtry

Pro menší objemové průtoky se používají kompaktní patronové filtry. Filtrační jednotkou je válcová patrona s naskládaným filtračním materiálem na povrchu. Ve srovnání s hadicovými a kapsovými filtry patronové filtry mívají tenčí a ohebnější filtrační materiál a výhodou jsou jejich menší rozměry. [3]

Na obrázku 2.19 je ukázka filtrační patrony pro filtraci odsávaného vzduchu s příměsí olejových, emulzních a vodních par a jejich odloučení v obráběcích centrech. Patronové filtry se také používají pro svařovny, lakovny, slévárny, sací trakty spalovacích turbín v energetice. [14]



Obr. 2.19: Filtrační patrona [14]

2.3.3 Třídění filtrů

2.3.3.1 Filtry pro všeobecné větrání

Pro vzduchové filtry od konce roku 2016 platí nová norma ČSN EN ISO 16890, která nahradila normu ČSN EN 779. Do půlky roku 2018 bylo přechodné období, kdy se mohly používat obě normy. Důvodem ke změně byla potřeba najít novou srovnávací metodiku a přiblížit klasifikaci filtrů k reálnému stavu životního prostředí. [15]

Podle normy ČSN EN 779:2012 jsou filtry rozděleny do tří tříd (G – hrubé, M – střední a F – jemné filtry). Třídění filtrů atmosférického vzduchu dle ČSN EN 779:2012 je znázorněno v tab. 4.1. Hrubé filtry (G1 až G4) se třídí na základě jejich střední odlučivosti A_m na syntetický zátěžový prach. Střední filtry (M5 až M6) se třídí na základě hodnoty střední účinnosti filtrace E_m pro částice velikosti 0,4 mikrometrů. Jemné filtry (F7 až F9) se třídí na základě hodnoty střední účinnosti filtrace E_m a hodnoty minimální účinnosti filtrace během zkoušky E_{min} , což zohledňuje změnu odlučovacích schopností po vybití elektrického náboje.

Tab. 2.1: Třídění filtrů atmosférického vzduchu dle ČSN EN 779:2012 [4]

Skupina	Třída	Konečná tlaková ztráta [Pa]	Střední odlučivost A_m na syntetický prach [%]	Střední účinnost filtrace E_m pro částice 0,4 μm [%]	Minimální účinnost filtrace pro částice 0,4 μm [%]
hrubý	G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-	-
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-	-
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-	-
	G4	250	$90 \leq A_m$	-	-
střední	M5	450	-	$40 \leq E_m < 60$	-
	M6	450	-	$60 \leq E_m < 80$	-
jemný	F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450	-	$95 \leq E_m$	70

Podle normy ČSN EN ISO 16890 jsou filtry rozděleny do čtyř skupin (viz tab. 4.2). Rozhodující pro rozdělení je účinnost filtrace ePM_x , která vyjadřuje odlučivost filtru pro různé frakce velikosti atmosférického prachu (ePM_{10} pro $0,3 \mu\text{m} \leq x \leq 10 \mu\text{m}$, $ePM_{2,5}$ pro $0,3 \mu\text{m} \leq x \leq 2,5 \mu\text{m}$, ePM_1 pro $0,3 \mu\text{m} \leq x \leq 1 \mu\text{m}$). K základnímu zatřídění se u filtru uvádí zjištěná hodnota ePM_x (%) podle středních hodnot frakčních odlučivostí u jednotlivých frakcí, která se zaokrouhluje dolů na násobek 5 %. Teoreticky tak existuje 49 tříd filtrů ve 4 základních skupinách. [16]

Mezi třídami podle normy ČSN EN 779:2012 a podle ISO 16890 není kvůli rozdílnosti třídících systémů přímý převodní vztah, ale někteří výrobci nebo organizace uvádějí převodní tabulky.

Tab. 2.2: Třídy filtrů podle ISO 16890 [17]

Základní třída filtrů	Požadavek na třídu filtrů			Uváděná hodnota u filtrů
	ePM _{1, min}	ePM _{2,5, min}	ePM ₁₀	
ISO hrubý	-	-	< 50 %	Počáteční hodnota odlučivosti na syntetický prach
ISO ePM ₁₀	-	-	≥ 50 %	ePM ₁₀
ISO ePM _{2,5}	-	≥ 50 %	-	ePM _{2,5}
ISO ePM ₁	≥ 50 %	-	-	ePM ₁

2.3.3.2 Filtry vysoce účinné

Podle normy ČSN EN 1822 z roku 2010 se vysoce účinné filtry dělí na tři třídy: EPA (E10 až E12), HEPA (H13 až H14) a ULPA (U15 až U17) – viz tab. 4.3. Filtry třídy EPA se třídí na základě hodnoty celkové odlučivosti (celkového průniku) pro částice, které nejvíce pronikají filtračním materiálem (MPPS – most penetrating particle size). Třídění filtrů HEPA a ULPA je založeno na celkové hodnotě odlučivosti a hodnotě přípustné místní netěsnosti. [4]

Tab. 2.3: Třídění vysoce účinných filtrů dle ČSN EN 1822 [4]

Třída filtru	Označení filtru	Celková hodnota		Přípustná místní netěsnost	
		Odlučivost (%)	Průnik (%)	Odlučivost (%)	Průnik (%)
E – EPA	H 10	≥ 85	≤ 15	-	-
	H 11	≥ 95	≤ 5	-	-
	H 12	≥ 99,5	≤ 0,5	-	-
H – HEPA	H 13	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
	H 14	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
U – ULPA	U 15	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
	U 16	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
	U 17	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	-

2.3.3.3 Průmyslové filtry

U průmyslových filtrů existují dvě mezinárodní normy ČSN EN ISO 16891 z roku 2016 a ISO 11057 z roku 2011. Norma ČSN EN ISO 16891 popisuje zkušební metody pro posouzení charakteristických změn textilie při kontaktu s korozivními materiály v tuhém, kapalném a plynném stavu. Základem pro posuzování je změna pevnosti v tahu vzorku filtračního materiálu před a po expozici. Norma ISO 11057 posuzuje, jestli je filtrační textilie odolná proti pulzní regeneraci pomocí zkoušky vzduchem a se zkušebním prachem Pural NF. Výsledkem zkoušky je časová závislost tlakové ztráty po regeneraci. Bohužel normy neuvádějí, jak interpretovat výsledky zkoušek.

2.4 Elektrické odlučovače

Principem činnosti elektrických odlučovačů je využití elektrických sil. Částice se nabíjí ionty plynu, které vznikají při korónovém výboji na nabíjecí vysokonapěťové elektrodě, nejčastěji záporné. Mezi usazovacími elektrodami, zpravidla kladnými, a nabíjecími elektrodami se utváří elektrické pole a záporně nabitě částice jsou přitahovány na povrch usazovacích elektrod.

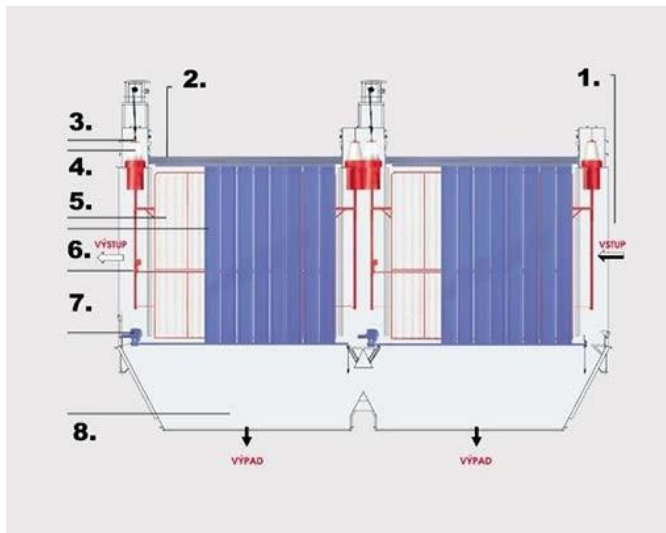
Hlavní podmínka funkce elektrického odlučovače je, že v okolí vysokonapěťové elektrody musí být intenzita elektrického pole $E > E_{krit}$, kde E_{krit} je kritická hodnota, při které ještě dochází k ionizaci plynu. Oblast, ve které je splněna tato podmínka, se nazývá ionizační oblast. [3]

Elektrické odlučovače se používají pro čištění plynů s vysokými objemovými průtoky, a proto nacházejí své uplatnění zejména v energetice.

K dalším vlastnostem elektrických odlučovačů patří vyšší odlučovací schopnosti i pro jemné částice, nízká tlaková ztráta do cca 200 Pa, možnost použití i pro vysoké teploty plynů, vysoké investiční náklady, náročnost na obsluhu a údržbu a omezená vstupní koncentrace prachu $C_{max} \approx 100 \text{ g/m}^3$. [3]

Elektrické odlučovače lze dělit podle uspořádání soustavy elektrod na trubové a komorové. Dále se odlučovače dělí podle směru průtoku plynu na horizontální a vertikální, podle způsobu odvodu částic z usazovacích elektrod na suché a mokré a podle oddělení ionizační zóny od zóny odlučovací na jednozonové a dvouzonové. [1]

Nejrozšířenější pro čištění plynů je suchý horizontální komorový elektrický odlučovač, který je znázorněn na obrázku 2.20.



Obr. 2.20: Schéma suchého horizontálního komorového elektrického odlučovače [18]

Plyn stejnoměrně proudí celým průřezem elektrického odlučovače pomocí systému rozdělovacích stěn ve vstupním díle. Vysokonapěťové nabíjecí elektrody jsou nataženy mezi deskovými usazovacími elektrodami. Oklepávací systémy pomocí kladiv a nárazníků čistí vysokonapěťové i usazovací elektrody a odloučený prach spadá vlivem oklepávání do výsypek. [18]

3. TUKY

Tuky jsou estery vyšších mastných kyselin a glycerolu. Podle skupenství se tuky dělí na pevné a kapalné. Pevné neboli tuhé tuky se převážně skládají z nasycených mastných kyselin a mají živočišný původ, jedná se například o sádlo, lůj, kokosový tuk. Kapalné tuky neboli oleje obsahují větší množství nenasycených mastných kyselin a vyrábí se lisováním z rostlin, je to například slunečnicový a olivový olej. Další dělení tuků je na rostlinné a živočišné.

K základním vlastnostem tuků patří:

- nerozpustnost ve vodě a rozpustnost v organických rozpouštědlech
- nízká teplota tání
- jsou hydrofobní a jsou lehčí než voda
- žluknou, čili se rozkládají na glycerol a mastné kyseliny, mění barvu a zápach [19]

Maziva se používají pro snižování opotřebení, zabezpečení odvodu tepla, dotěšňování mazaných ploch. Podle materiálu se maziva dělí na:

- minerální – jsou na bázi uhlovodíků, ropných produktů
- syntetické – získané syntézou z organických a anorganických (např. silikonových tuků) surovin
- organické – jsou rostlinného původu (například ricinový olej, palmový olej)

Obvykle se vyskytují v následujících skupenstvích:

- tekutá maziva
- plastická maziva
- pevná maziva
- plynná maziva

V praxi jsou nejpoužívanější tekutá maziva. Do této skupiny patří minerální (ropné) oleje, syntetické oleje a oleje rostlinné. [20]

Plastická maziva se používají k mazání kluzných a valivých uložení a v případech, kdy z nějakého důvodu není možné použít oleje. Tato maziva se skládají ze základového oleje, aditiv a zpevňovačů. Základní vlastnost plastických maziv je schopnost zůstat na povrchu dostatečně dlouho a tím zabránit korozi kovů. [21]

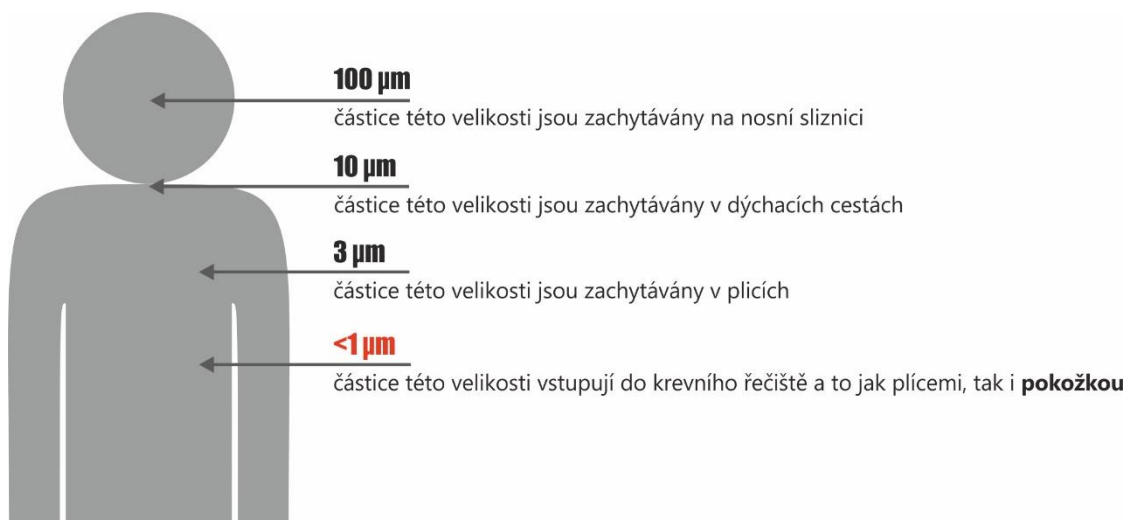
Pevná maziva poskytují lepší mazání při vyšších teplotách než kapalná maziva. Mají vrstvenou strukturu se slabou vazbou mezi vrstvami. Nejčastěji se jako pevná maziva používají grafit a disulfid molybdeničitý.

Plynná maziva se využívají velmi málo, především pro mazání vysokorychlostních ložisek. Plynná maziva mají chemickou stálost při vysokých teplotách, malou hustotu a viskozitu. K nevýhodám patří nestabilita a vznik turbulentního proudění. [20]

4. ODLUČOVAČE OLEJOVÉ MLHY PRO PRŮMYSLOVOU FILTRACI

V průmyslu zejména při použití kovozpracujících zařízení, jejichž provoz vyžaduje použití různých maziv, na pracovišti vznikají znečišťující látky. Přítomnost olejové mlhy ve vzduchu pracovního prostředí vede ke škodlivým účinkům na lidské zdraví – může docházet k respiračním a kožním nemocem, alergiím. Na obrázku 4.1 je ukázka, jak částice v závislosti na své velikosti pronikají do dýchacího systému. Podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, jsou pro olejové a emulzní aerosoly stanoveny přípustný expoziční limit PEL 5 mg/m³ a nejvyšší přípustná koncentrace NPK 10 mg/m³.

Částice oleje se usazují na různých površích a vytváří olejovou vrstvu, což vede k dodatečným nákladům na větrání a čištění vzduchu a úklid. Shromáždění částic oleje na strojích vede ke snížení životnosti a poruchám a také může způsobit požár.



Obr. 4.1: Působení částic na lidské tělo [22]

Typ a velikost částic jsou hlavní parametry, které ovlivňují výběr nejvhodnějšího filtračního zařízení ke snížení znečištění na požadovanou úroveň. Tyto částice lze rozdělit do čtyř základních skupin [23]:

- olejová mlha – částice o velikosti 0,8 až 10 µm, vznikají při rotaci během obrábění

- olejové páry – částice o velikosti 0,5 až 0,8 μm , vznikají při zpracování tlakem nebo v důsledku tření nebo elektrického odporu
- olejový kouř – částice o velikosti 0,1 až 0,5 μm , vznikají za vysokých teplot a tlacích a při spalování olejových kapalin
- olejové pachy – částice velikosti do 0,1 μm , vznikají při spalování a vypařování olejových kapalin.

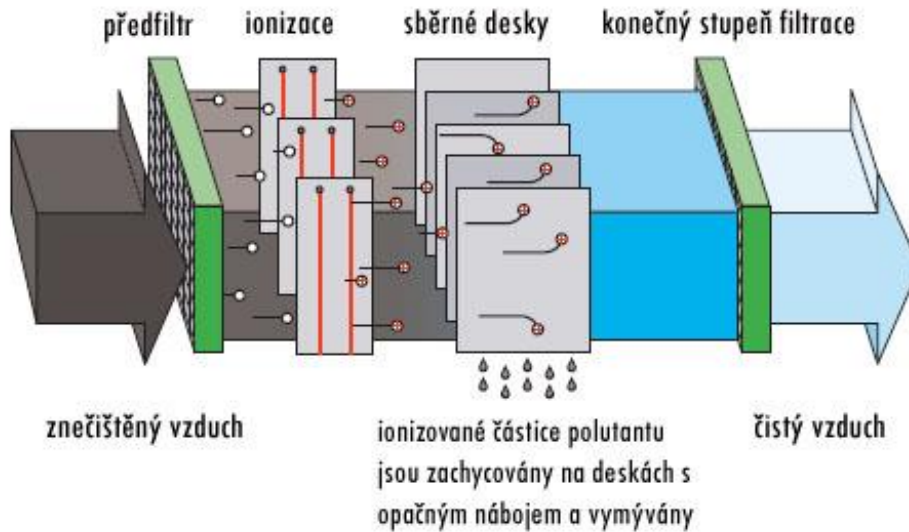
Obvykle při technologických procesech vzniká více než jeden typ znečišťujících látek. [23]

K odloučení olejové mlhy pro průmyslové provozy existuje několik základních kategorií odlučovačů, které lze v zásadě rozdělit na: elektrostatické filtrační soustavy, dynamické separátory, filtrační systémy s aktivními filtračními elementy a filtrační systémy s pasivními filtračními elementy. [22]

4.1 Elektrostatické filtrační soustavy

Elektrostatické filtrační soustavy neboli elektrostatické filtry jsou zařízení na bázi vysoce účinných elektrostatických filtrů. Na obrázku 4.2 je znázorněn princip činnosti elektrofiltrů. Nejprve vzduch prochází hrubým mechanickým filtrem, který zachytí největší částice. Principem činnosti elektrických odlučovačů je využití elektrických sil. Částice se nabíjí ionty plynu, které vznikají při korónovém výboji na nabíjecí vysokonapěťové elektrodě. Mezi usazovacími elektrodami, opačně nabitými, a nabíjecími elektrodami se utváří elektrické pole a nabitě částice jsou přitahovány na povrch usazovacích elektrod.

Výhodou těchto filtrů je efektivita, minimální energetické náklady, malá tlaková ztráta, dlouhá životnost a možnost čištění. Čištění sběrných lamel je poměrně obtížné, protože k odstranění olejových částic je nutná tlaková voda a rozpouštědlo. [22]



Obr. 4.2: Schéma elektrostatického filtru [24]

Elektrostatické filtry nabízí řada výrobců, jako příklad je ukázán filtr AEROF OG-KE (viz obr. 4.3) od firmy Vzduchotechnik. Je to filtrační zařízení s horizontálním průtokem odsávaného vzduchu, osazené ventilátorovou jednotkou. Má široké uplatnění pro odsávání olejové mlhoviny, odsávání dýmu od sváření, odsávání dýmu při výrobě plastů, odsávání mastných výparů z kuchyní. K výhodám patří možnost čištění a regenerace filtru, a dle údajů výrobce i vysoká pevnost a stabilita díky konstrukci elektrochlánků. [24]

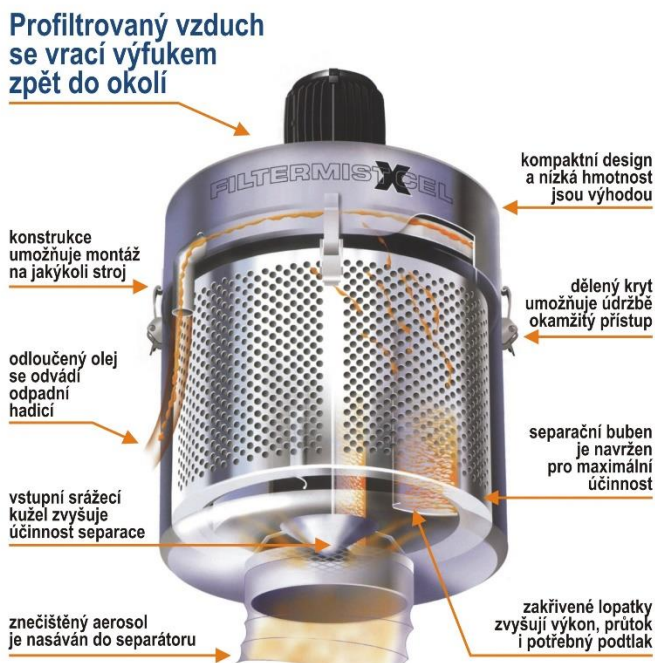


Obr. 4.3: Elektrostatický filtr AEROF OG-KE [24]

Filtr AEROFOG-KE je vyroben z ocelového plechu s bočními dvířky a skládá se z předfiltru, ionizačního a kolektorového článku, výstupního filtru a vysokonapěťového zdroje. Předfiltr je z hliníku a slouží k záchytu a odloučení kapek. Výstupní filtr je z hliníku nebo syntetický. V závislosti na průtoku se vyrábí tři typy daného filtru. Účinnost elektrofiltrů dosahuje 90–95 % při rychlosti proudění 1,5 – 2,5 m/s. [24]

4.2 Dynamické separátory

Princip činnosti dynamických separátorů neboli odstředivých odlučovačů olejové mlhy je založen na využití odstředivé síly. Princip je schematicky ukázán na obrázku 4.4. Perforovaný separační buben s lopatkami optimalizovaného tvaru rotuje ve vysokých otáčkách. Aerosol je nasáván do jednotky a ve vysoké rychlosti naráží na lopatky. Speciální vložky napomáhají slučování kapek odloučeného média do větších kapek a zároveň zachytávají pevné částice. Odstředivá síla způsobí, že odloučené médium projde perforací separačního bubnu na vnitřní plochu vnějšího pláště, odkud je odvedeno zpět do strojů pro opětované použití. Čistý vzduch se přes horní výfukové otvory vrací zpět do ovzduší.



Obr. 4.4: Princip činnosti odstředivého odlučovače [22]

Výhodou těchto odlučovačů je vysoká provozní spolehlivost, vysoká účinnost, nízká hlukovost, nízké náklady na provoz a snadná montáž a údržba.

Odstředivé odlučovače se běžně používají při obrábění, broušení, soustružení, v potravinářství, leteckém či automobilovém průmyslu. [25]

Odstředivé odlučovače olejové mlhy produkuje celosvětově řada výrobců, jedním z největších je evropský výrobce Filtermist International Ltd. Tato britská firma vyrábí několik typů odlučovačů v závislosti na velikosti průtoku. Na obrázku 4.5 je jako příklad aplikace ultra-kompaktního odlučovače S400 při soustružení. Série S je určena pro nejmenší průtoky a základní parametry pro každý typ odlučovače jsou uvedeny v tabulce 4.1 [25].

Tab. 4.1: Technické údaje odlučovačů série S [22]

Typ	Pro objem	Průtok	Motor	Sací hrdlo	Hmotnost	Hlučnost
S-200	0,5 m ³	180 m ³ /hod	0,18 kW	75 mm	9 kg	pod 62 dBA
S-400	1,2 m ³	425 m ³ /hod	0,55 kW	150 mm	14 kg	pod 65 dBA
S-800	2,4 m ³	800 m ³ /hod	0,55 kW	150 mm	15 kg	pod 67 dBA



Obr. 4.5: Odstředivý odlučovač S400 [25]

Odstředivé odlučovače se také používají pro čištění plynů z klikové skříně velkých motorů. Udává se, že přibližně 3 500 m³ mazacího oleje se každý rok dostává do oceánů v důsledku toho, že dieselové motory námořních lodí emitují výfukové plyny znečištěné olejovou mlhou. A proto je v současné době snižování emisí ze spalovacích motorů jedním z důležitých technických a ekologických úkolů. [26]

4.3 Filtrační systémy s aktivními filtračními elementy

Kaskádový filtrační princip spočívá v sestavení filtračních jednotek v takzvané filtrační věže. Výhodou tohoto principu je možnost použití filtračních jednotek s velkými průtočnými kapacitami a použití speciálních aktivních filtračních prvků. Základní vlastnost aktivních filtračních prvků je, že se po dosažení určitého stupně nasycení začnou samovolně nebo nuceně čistit.

Podle typu použitých aktivních filtračních prvků se filtrační věže dělí na několik skupin: průmyslové kapsové odsavače, průmyslové patronové odsavače, kazetové odsavače, filtrační systémy s koalescenční vložkou, s hydrofiltry. [22]

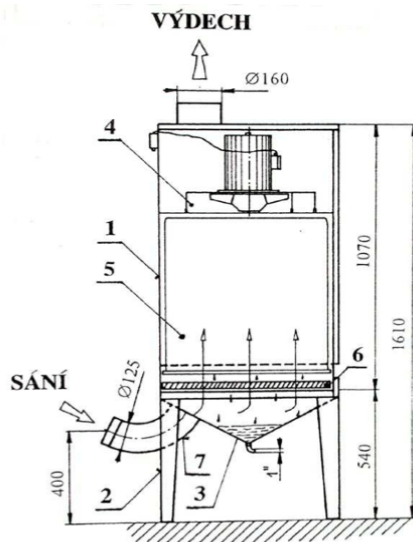
4.3.1 Průmyslové kapsové odsavače

Průmyslové kapsové odsavače mají jednoduchou konstrukci, zajišťují nepřetržitý průmyslový provoz, většinou s malou potřebou servisu. Výhodou těchto odsavačů jsou nízké provozní náklady, možnost regenerace filtrů pomocí automatického pneumatického oklepu a možnost vybavení plynulou regulací výkonu pomocí frekvenčního měniče. Zpravidla je komora kapsových odsavačů osazena kovovým předfiltrem a speciálním filtrem pro záchyt olejové mlhy. Kapsové odsavače jsou určeny pro použití k odsávání aerosolů, olejové mlhy, olejových chladicích a řezných emulzí, používaných při obrábění kovů, jako je broušení, frézování, vrtání apod. [24]

Kapsové odsavače se často používají a vyrábí je řada výrobců. Jako příklad jsou uvedeny průmyslové kapsové odsavače POC od výrobní firmy Vzduchotechnik, kterých se vyrábí několik typů v závislosti na druhu a množství odsávaných škodlivin. Pro odsávání olejové mlhy se používají typy POC 6/9-OM pro průtoky v rozsahu 600-900 m³/hod.

Konstrukce tohoto odsavače je na obrázku 4.6. Odsavač se skládá ze filtro-ventilační komory 1 a podstavce 2 se sběrnou výlevkou 3, do které stéká separovaná olejová kapalina. Znečištěný vzduch vstupuje do odsavače přes koleno 7. V horní části filtro-ventilační komory je středotlaký ventilátor 4. Ve střední části odsavače je kapsový filtr 5 z mikroporézního materiálu, speciálně určeného pro záchyt olejové mlhy. Ve spodní části filtro-ventilační komory je kovový předfiltr 6, který zachycuje hrubé nečistoty.

Přefiltrovaný vzduch se přes výdech vypouští zpět do vnitřního prostoru a tím šetří náklady na vytápění v zimním období, díky přídavné rozbočce v letním období lze vypouštět vzduch ven. [24]



Obr. 4.6: Schéma odsavače POC-OM 6/9 [24]

4.3.2 Průmyslové patronové odsavače

Průmyslové patronové odsavače mají široký výběr filtračních patron (viz obr. 4.7), proto jsou schopny odsávat různé znečišťující látky, jako kovový a nekovový prach, chemické látky, mlhoviny, dýmy, které vznikají při sváření, laserovém a plazmovém řezání. Patronové odsavače se také používají pro čištění zemního plynu od kompresorového oleje během vstřikování do podzemních skladovacích nádrží.



Obr. 4.7: Různá provedení filtračních patron [24]

Díky technologii filtračních patron jsou patronové odsavače účinnější, ale nákladnější než kapsové. Výhodou těchto odsavačů je dlouhá životnost patron, automatická regenerace filtrů – pulzní čištění filtračních patron, možnost vybavení regulací výkonu pomocí frekvenčního měniče a použití pro nepřetržitý průmyslový provoz. [24]

Pro odsávání olejové mlhy se často využívá technologie filtračních patron společně s předfiltrem pro olejovou mlhu a sběrnou výlevkou na olejovou kapalinu.

Patronové odsavače jsou rozšířené a vyrábí je řada výrobců, jako příklad je průmyslový odsavač PFP 1-40/K-TM od výrobce Rajch (viz obr. 4.8). Součástí tohoto odsavače jsou zásobník na záchyt, filtrační komora, komora ofuku a ventilátorová komora. Zásobník na záchyt se skládá z podstavce a válcové výsypky. Ve filtrační komoře jsou dva patronové filtry. Komora ofuku zajišťuje pulzní čištění filtračních patron pomocí tlakového vzduchu, přiváděného do trysek, které střídavě proplachují filtrační patrony. Ve ventilátorové komoře je ventilátor, pro jehož pohon je použit elektromotor. Použitý ventilátor určuje technické parametry odsavače. Patronových odsavačů PFP se vyrábí několik typů dle průtoku od 1400 do 5000 m³/hod. [27]



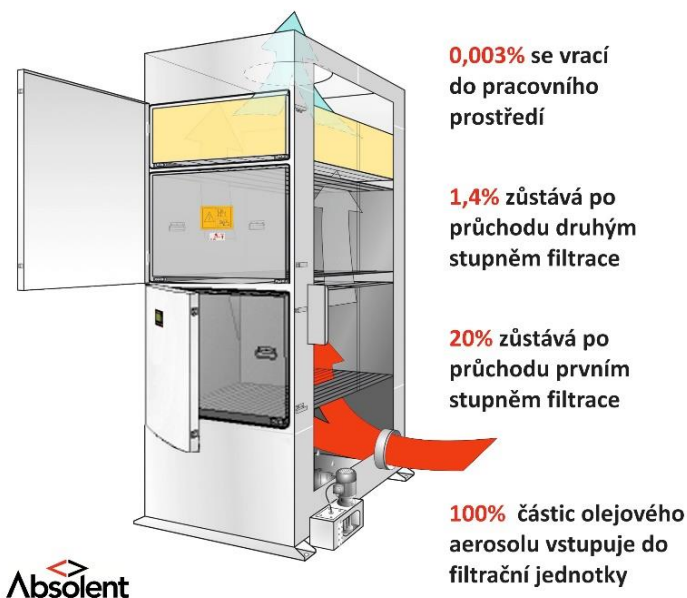
Obr. 4.8: Patronový odsavač PFP 1-40/K-TM [27]

4.3.3 Kazetové odsávače

Kazetové odsávače pracují na principu průchodu vzduchu jednotlivými filtračními kazetami.

Na trhu existuje řada výrobců kaskádových odsavačů, jednou ze zavedených firem je švédská firma Absolent AB, jejíž jednotka je uvedena jako příklad. Filtrační jednotky Absolent se obvykle používají pro nejnáročnější provozy obrábění a tváření, kde kromě olejové mlhy vzniká velké množství olejového kouře. Výhodou jsou vysoká účinnost odlučování, nízká hlučnost, možnost vrácení vyčištěného vzduchu zpět do pracovního prostředí a možnost dále zpracovávat zachycený olej.

Princip činnosti tohoto druhu odsavačů je na obrázku 4.9. Znečištěný vzduch prochází prvním stupněm filtrace – vstupní filtrační kazetou, kde se zachycuje cca 80 % hm. částic. Po průchodu druhým filtračním stupněm vzduch obsahuje jenom cca 1,4 – 1,5 % hm. částic, které zůstávají ve třetím filtru – vysoce účinném HEPA filtru. Do pracovního prostředí se vrací 0,003 % hm. částic, což představuje velice kvalitně vyčištěný vzduch. Díky samodrenáži prvního a druhého filtračního stupně průchodnost filtrů zůstává relativně stejná po velmi dlouhou dobu. [22]



Obr. 4.9: Princip činnosti filtrační jednotky Absolent [22]

Firma Absolent vyrábí několik sérií filtračních jednotek v závislosti na průtoku a druhu znečištění, jestli převládá olejový aerosol, kouř nebo prach. Jejich filtrační jednotky jsou pro maximální průtok 32000 m³/hod. [22]

4.3.4 Filtrační systémy s koalescenčními filtry

Princip činnosti filtračních systémů s koalescenčními filtry je: znečištěný vzduch proudí koalescenčním filtrem a ulpívá na vláknech v koalescenčním filtru. Malé kapky oleje se slučují do velkých kapek a v důsledku gravitace spadají na spodní stranu pouzdra, odkud se vrací do zásobní nádrže chladicího oleje. Vyčištěný vzduch je odsáván pomocí vysokotlakého ventilátoru a vyfukován přes tlumič. Ventilátor je poháněn frekvenčně řízeným motorem. Pokud skutečná hodnota objemového průtoku klesne pod požadovanou, je vyslán elektrický signál pro provedení údržby. [28]

Koalescenční filtry ve filtračních systémech používá řada výrobců, jedním z nich je firma Filtration Group. Příkladem je filtr olejové mlhy a emulzní mlhoviny řady LGA (viz obr. 4.10). Tento filtr odsává olejové aerosoly z obráběcího prostoru obráběcích strojů a je vhodný i pro dosti vysoké koncentrace olejové mlhy.



Obr. 4.10: Filtr olejové mlhy a emulzní mlhoviny řady LGA [28]

Filtr olejové mlhy a emulzní mlhoviny řady LGA lze pro větší účinnost doplnit filtrem HEPA (H13). Tento filtr má také volitelnou předfiltraci. Vyrábí se několik modelů řady LGA pro průtoky 600-1200 m³/hod.

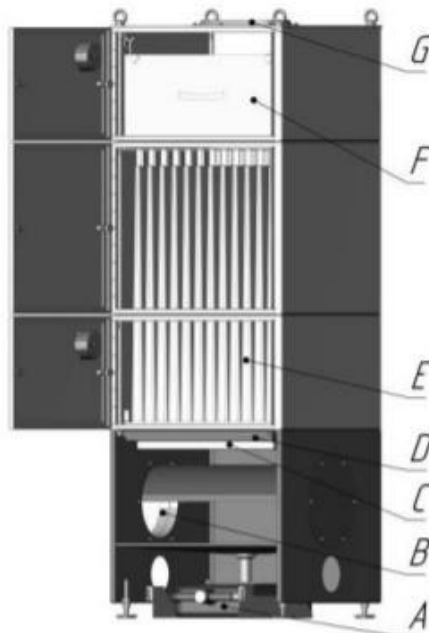
Výhodou těchto separátorů je možná vysoká zatížení olejovou mlhou, nízká spotřeba energie, vysoká odolnost proti nečistotám, vysoká životnost. [28]

4.3.5 Filtrační systémy s hydrofiltrem

Hydrofiltr zachycuje kapalnou frakci ve vodní cloně s odloučením v nádrži a zabraňuje zamašťování dalších částí filtru oddělením olejových kapiček a přeměnou olejové mlhy na kapičky.

Příkladem použití hydrofiltru je separátor olejové mlhy MistEliminated od ruského výrobce Vostok. Jsou čtyři různá provedení v závislosti na průtoku – ME-31, ME-32, ME-41 a ME-42. Schéma filtru olejové mlhy ME-32 je na obrázku 4.11. Dolů je umístěná sběrná výlevka A, do které stéká separovaná olejová kapalina. Znečištěný vzduch je přiváděn do filtru potrubím B, dále prochází hydrofiltrem C, hliníkovým sítovým (mesh) filtrem D, pak kapsovým filtrem E a poslední stupeň je HEPA filtr F. Přefiltrovaný vzduch se vypouští přes výdech G. [29]

Tento filtr je určen pro odlučování chladicí nebo olejové mlhy ze vzduchu při soustružení, frézování, vrtání, řezání. Účinnost je více než 95%.

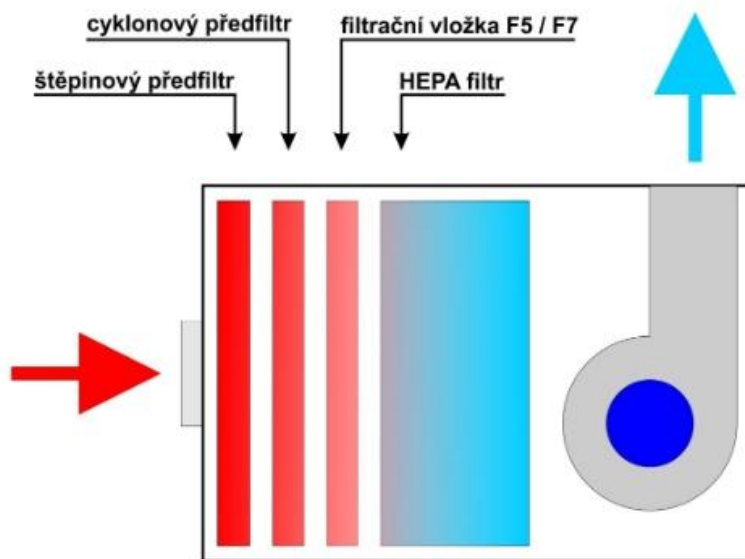


Obr. 4.11: Schéma filtru olejové mlhy ME-32 [29]

4.4 Filtrační systémy s pasivními filtračními elementy

Filtrační systémy jsou složeny z různých filtračních elementů, kterými postupně znečištěný vzduch prochází. Systémy mohou být vícestupňové v závislosti na znečištění a požadované výstupní koncentraci.

Na obrázku 4.12 je znázorněno schéma takového vícestupňového filtračního systému. V prvním stupni se zachytávají největší částice pomocí předfiltru. Předfiltr funguje na setrvačném principu a chrání před průnikem cizích těles a větších částic, obvykle je to síťový (mesh) filtr ve formě kovového síta. Je možno se setkat i s použitím suchých mechanických odlučovačů jako jsou cyklónové nebo lamelové odlučovače. V hlavním filtru dochází k čištění vzduchu od drobnějších částic oleje. Hlavní filtr se obvykle používá od třídy M5 do F7 při zařídění podle starší, ale stále široce používané normy ČSN EN 779. Koncový filtr je určen pro částice nejmenší, obvykle je to HEPA filtr nebo filtr s aktivním uhlím pro odstraňování zápachu. Tato zařízení mají nízkou pořizovací cenu, ale vysoké provozní náklady, zejména z důvodu nutných výměn filtrů. [30]

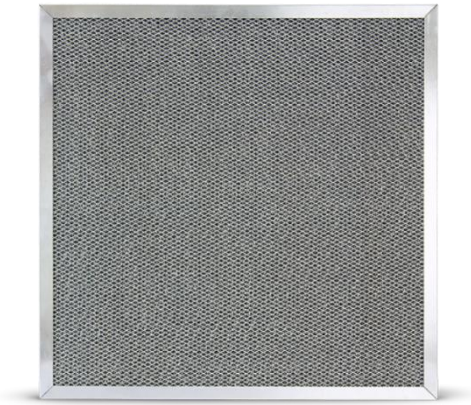


Obr. 4.12: Schéma filtračního systému s pasivními filtračními elementy [22]

K pasivním filtračním prvkům patří síťové tukové filtry, některé kapsové filtry, HEPA filtry, uhlíkové filtry. Kromě hrubších tukových filtrů tyto elementy nemají schopnost k regeneraci a po určité úrovni nasycení musí být vyměněny.

Hliníkový síťový (mesh) filtr neboli tukový filtr (viz obr. 4.13) slouží k zachycení velkých částic do 50 μm a skládá se z hliníkového profilu a v několika vrstvách vložené hliníkové

sítoviny. Materiálem filtru může být pro náročnější provoz i nerezová ocel. Tyto filtry se používají v potravinářských a průmyslových provozech – ocelárnách, svařovnách kovů, v prostorách s nadměrným množstvím olejového aerosolu. Filtry se po zanesení propírají v horké vodě s obsahem saponátů nebo roztoku sody. [31]



Obr. 4.13: Tukový filtr [32]

Kapsové filtry (viz obr. 4.14) se využívají jako druhý nebo poslední stupeň pro odloučení jemných částic. Rámeček kapsových filtrů je z plastů nebo z pozinkované oceli, kapsy jsou ze syntetických materiálů.



Obr. 4.14: Kapsový filtr [32]

Vysoce účinné filtry HEPA (viz obr. 4.15) se obvykle používají jako koncový stupeň filtrace. Vyrábí se ve dvou provedeních – s termoplastickými nebo hliníkovými separátory. Blok filtru je zalit do rámu filtru za studena vytvrzeným polyuretanovým tmelem. [32]



Obr. 4.15: HEPA filtr [32]

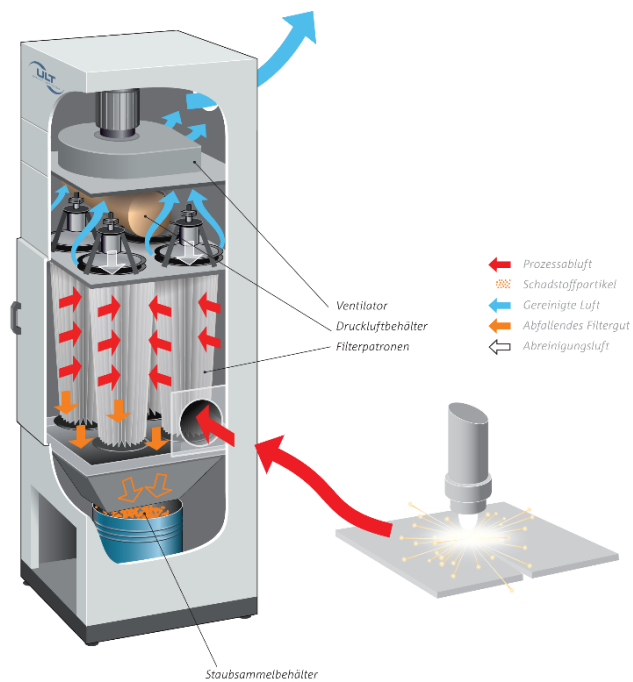
Uhlíkové filtry zachycují nejjemnější částice a jsou velmi účinné proti pachu, proto se používají jako koncový stupeň filtrace. Na obrázku 4.16 je příklad uhlíkového filtru – filtrační kazeta s aktivním uhlím. Tyto filtry obsahují granulát aktivního uhlí s filtrační tkaninou a jemným filtračním sítem jako ochranou proti hrubším částicím. [33]



Obr. 4.16: Filtrační kazeta s aktivním uhlím [33]

Příkladem použití kapsového filtru a HEPA filtru je jednotka LRA-400 od německého výrobce ULT AG. Je určena pro odsávání dýmů, vznikajících při laserovém zpracování plastických hmot, pryže nebo dřeva.

Tento filtr se skládá z pasivních elementů. Princip činnosti je ukázán na obrázku 4.17. Znečištěný vzduch nejprve prochází hrubým předfiltrem – ocelovými štěpinami ve výměnném kovovém rámu. Další prvek je předfiltr s filtrační tkaninou ve výměnném rámu, jehož filtrační schopnost odpovídá třídě M5 až F7 podle staré normy ČSN EN 779. Pak vzduch prochází filtrem HEPA s filtrační schopností třídy H13 podle ČSN EN 1822 a koncový stupeň je adsorpční filtrační kazeta s aktivním uhlím. [22]



Funktionsprinzip eines Patronenfiltergerätes LAS

Obr. 4.17: Schéma filtru LRA-400 [22]

5. ODLUČOVAČE TUKŮ PRO VZDUCHOVOU FILTRACI

Z hlediska vzduchové filtrace jsou pro odlučování tuků dominantním zařízením digestoře, které slouží k pohlcování pachů, par a tuků vznikajících při přípravě pokrmů (např. vaření, pečení, smažení, dušení) v kuchyních a zejména u větších provozů jsou pak součástí celého vzduchotechnického systému. V některých případech mohou být použita i zařízení pro průmyslové provozy zmiňovaná v předchozí kapitole, některé prvky se shodují nebo jsou si velmi podobné. Někdy není ani možné určit nějakou přesnou hranici, kdy se jedná čistě o vzduchovou filtraci a kdy už jde o průmyslovou filtraci.

V této kapitole je tedy popis nejčastěji používaných zařízení – digestoří.

5.1 Typy digestoře podle odtahu

Podle způsobu odvětrávání se digestoře dělí na odtahové, recirkulační a kombinované. Toto dělení je závislé na stavebně konstrukčních možnostech kuchyni, jestli existuje možnost odvodu par z místností ven. [34]

5.1.1 Odtahové digestoře

Odtahové digestoře neboli digestoře s vnějším odtahem vyvádí odsátý vzduch přes tukový filtr pomocí potrubí ven z místnosti. To se provádí dvěma způsoby, buď s odtahem na vnější stěnu, nebo pomocí větrací šachty, která k odtahu využívá odtahové potrubí či komín. Použití odtahu na vnější stěnu vyžaduje vyvrtání otvoru, kde se umístí nástěnný modul a odvětrávací hadice. [34]

Nejefektivnější je přímé odtahové potrubí, vyvedené z domu přes stěnu nebo střechu. Proti zatékání vody dovnitř se používají různá kolena a speciální prvky, typickým příkladem je zpětná klapka (viz obr. 5.1), která se vkládá na výstupní hrdlo digestoře. Její hlavní funkce je zabraňování pronikání studeného vzduchu zvenčí a úniku teplého vzduchu z místnosti. [35]



Obr. 5.1: Zpětná klapka [36]

Pro účinný odtah průměr odtahového potrubí musí být minimálně stejný nebo větší než průměr vývodu digestoře.

Výhody odtahových digestoří jsou vysoký výkon, nízká hlučnost, snadná údržba, nízká cena a odvod vzduchu mimo obytný prostor. K nevýhodám patří případné stavební úpravy obvodového zdiva či jiných částí domu, klesající efektivita při používání s otevřenými okny a v zimě unik tepla odsávacím potrubím. [34]

5.1.2 Recirkulační digestoře

Recirkulační digestoře se používají tam, kde není možné odvádět vzduch přímo ven z místnosti. Digestoř je vybavená recirkulačním systémem, který vede odsátý vzduch přes tukový a uhlíkový filtr zpět do místnosti. Nedostatek uhlíkového filtru je nutnost pravidelné výměny a snižování výkonnosti přístroje až o 20 %.

Výhody recirkulačních digestoří jsou jednoduchost, nezávislost na odvodu vzduchu potrubím, snadná instalace. K nevýhodám patří nižší výkon a hlučnější provoz než u odtahových digestoří, neodvádění přebytečné vlhkosti z místnosti a nevhodnost pro častou přípravu pokrmů. [34]

5.1.3 Kombinované digestoře

V poslední době se na trhu vyskytují digestoře, které v sobě kombinují dva předchozí typy. Podle aktuální potřeby lze zvolit odtah pomocí potrubí nebo recirkulaci. [34]

5.2 Typy digestoře podle konstrukce

Podle konstrukce se digestoře dělí na komínové, ostrůvkové, rohové, výsuvné, vestavěné a podstavné. [34]

Nejpoužívanější jsou komínové digestoře, upevňují se na zeď mezi závěsné skřínky. Zpravidla využívají vnější odtah, proto mají vysoký výkon a hodí se do velkých kuchyní. Nevýhody jsou složitá instalace, vysoká spotřeba energie a vysoká cena.

Ostrůvkové digestoře se umísťují nad sporák umístěný ve volném prostoru, proto je odtahové potrubí nutno vest stropem. Tento typ digestoře má také vysoký výkon a je vhodný do velkých kuchyní. Nevýhody jsou stejné jako u komínových digestoří, to jsou složitá instalace, vysoká spotřeba energie a vysoká cena.

Rohové digestoře se umísťují do rohu kuchyně, kde se nachází varná deska. Tyto digestoře mají obě varianty odtahu.

Výsuvné digestoře jsou určeny pro vestavbu do kuchyňských skříněk, mají kompaktní rozměry a jsou viditelné jenom v okamžiku použití. Nevýhoda je nízký výkon.

Vestavěné digestoře jsou také určeny pro vestavbu do kuchyňských skříněk, přičemž odtah může být včleněn do horní části skřínky. Tyto digestoře mají větší výkon, a jsou vzhledově nenápadné. Nevýhody jsou složitá instalace a požadavek na přesné rozměry.

Podstavná digestoř se montuje pod kuchyňskou skříňku nebo volně nad sporákem. Zpravidla používá recirkulační princip, ale někdy i kombinovaný, proto je určena pro méně časté používání. Výhody jsou nízká cena, kompaktní rozměry a snadná instalace. Nevýhoda je nižší výkon. [34]

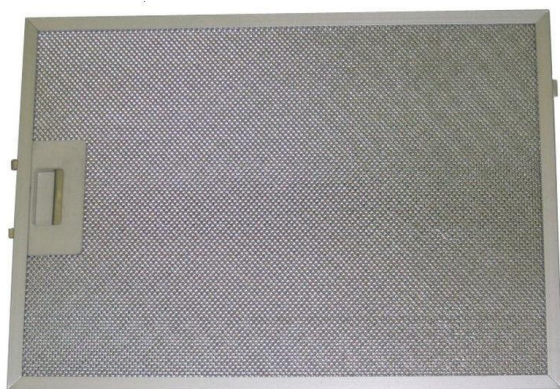
5.3 Filtry pro digestoře

Digestoře jsou vybaveny tukovými a uhlíkovými filtry.

5.3.1 Tukové filtry

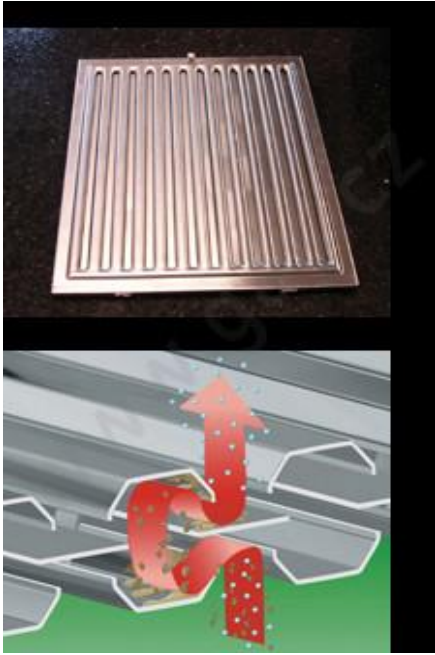
V digestořích se pro zachycení tuku používají kovové kazetové filtry, tzn. baffle filtry a syntetické filtry.

Kovový kazetový filtr (viz obr. 5.2) je viditelně umístěn ze spodní části digestoře. Jeho provedení je stejné jako u síťových tukových filtrů zmíněných v předchozí kapitole. Skládá se z hliníkového nebo ocelového profilu a v několika vrstvách vložené hliníkové síťoviny. Filtr zachytí tukové a mechanické částice a zabrání zanášení ventilátoru a odtahového potrubí. Čištění se provádí v závislosti na zanesení umytím v myčce na nádobí nebo ručně. [35]



Obr. 5.2: Kovový kazetový filtr [37]

Baffle filtry (viz obr. 5.3) zachycují více než 90 % tukových částic a vytváří tak velmi účinnou bariéru tukům. Tyto filtry mají speciální tvar, při kterém se pomocí setrvačného principu z páry oddělí tuky a proudění vzduchu je přitom nejtišší. Vyrábí se z nerez, proto jsou odolné proti poškození. Interval čištění se v závislosti na intenzitě provozu pohybuje okolo 2 měsíců. [37]



Obr. 5.3: Baffle filtr [37]

Jednoduché recirkulační digestoře jsou vybaveny syntetickými filtry (viz obr. 5.4). Vyrábějí se ze syntetických materiálů jako jsou akryl, polyesterová vlákna. Ke zvýšení jejich pevnosti se často používá klížení. Tyto filtry nejsou omyvatelné, proto musí být vyměněny přibližně po 2–4 měsících dle provozu. [35]



Obr. 5.4: Syntetický filtr [37]

5.3.2 Uhlíkové filtry

Uhlíkové filtry – kazety s aktivním uhlím (viz obr. 5.5) patří mezi nepoužívanější filtry na trhu. Tyto filtry obsahují granulát aktivního uhlí s filtrační tkaninou a jemným filtračním sítím jako ochranou proti hrubším částicím. Uhlíkové filtry se montují do recirkulačních a kombinovaných digestoří a pohlcují nepříjemné pachy vznikající při vaření. Kazety s aktivním uhlím zpravidla musí být vyměněny po 3-6 měsících. [37]



Obr. 5.5: Uhlíkový filtr [37]

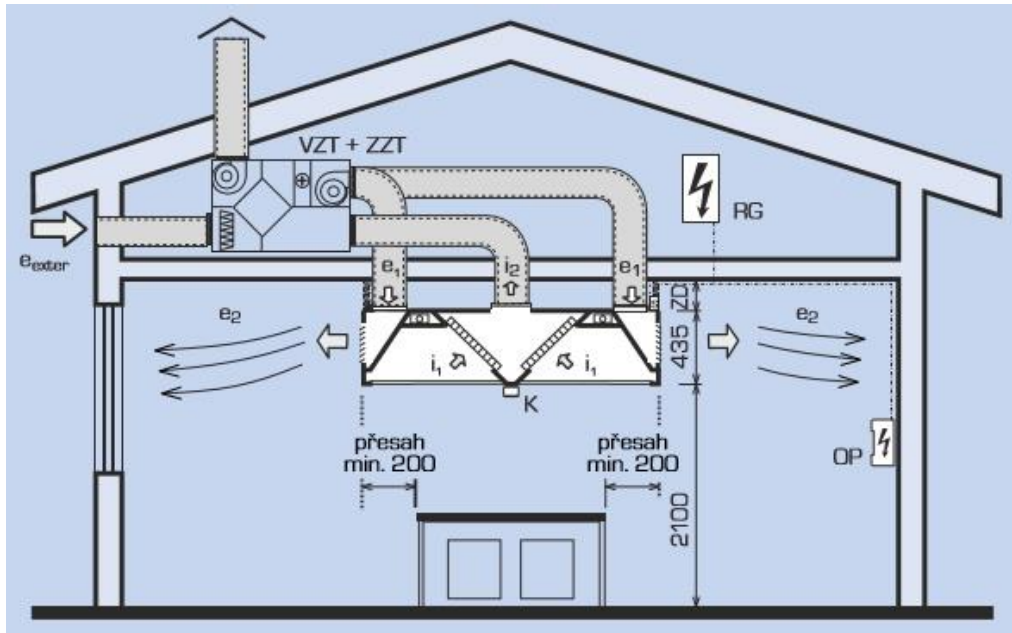
5.4 Příklady zařízení

Digestoře různých provedení vyrábí celosvětově množství výrobců. Jako ukázka odtahové digestoře je uvedena kuchyňská digestoř VARIANT od české výrobní firmy Atrea, která je navíc vybavena přívodem upraveného čerstvého vzduchu. Pro přívod čerstvého vzduchu v čele digestoří jsou umístěny hranaté vyústky 275 x 275 mm, každou vyústku lze jednoduše nasměrovat, například v zimním období přívodní vyústky se nastaví směrem vzhůru, v letním období se nastaví směrem dolů. Obvykle odsávací a přívodní hrdla kruhového nebo obdélníkového průřezu jsou umístěna shora. Funkční schéma této digestoře je znázorněno na obrázku 5.6. [38]

Digestoř VARIANT se vyrábí z nerezového plechu, součásti jsou kazetové tukové filtry z hliníkového 9-ti vrstvého tahokovu o rozměru 400 x 400 mm s udávanou účinností zachytu až 88 %. Počet filtrů se určuje podle maximálního uvažovaného průtoku podle grafu, maximální počet filtrů je 24 ks.

Délka digestoří této řady se pohybuje v rozsahu 1000 až 5000 mm, šířka je 1000 až 1600 mm, maximální průtok je 6960 m³/h. Digestoř se vyrábí ve dvou variantech, a to buď

nástěnná VARIANT-N, nebo středová VARIANT-S. Tyto digestoře jsou standardně vybaveny vestavěným zářivkovým osvětlením. [38]



Obr. 5.6: Funkční schéma digestoře VARIANT [38]

Příkladem recirkulační digestoře je Elektrolux 700 SENSE Hob2Hood KFIB19X (viz obr. 5.7). Je to ostrůvková digestoř, která je určena do kuchyně s ostrůvkovou pracovní plochou. Má dostatečně vysokou účinnost, protože pracuje s otevřeným prostorem. Funkce Hob2Hood znamená, že odsavač par se automaticky propojuje s varnou deskou. Během vaření digestoř upravuje intenzitu odsávání podle výkonu varné desky.

Digestoř má tukový a uhlíkový filtr, tukový filtr je vyroben z nerezové oceli. Výška digestoře je 1175 mm, šířka je 900 mm a hloubka je 610 mm. Při použití maximálního sacího výkonu 740 m³/hod je hlučnost digestoře 54 dB. Digestoř je vybaven LED osvětlením, které se nachází na spodní straně. [39]



Obr. 5.7: Digestoř Elektrolux 700 SENSE Hob2Hood KFIB19X [39]

Jak již bylo zmíněno, kombinované digestoře jsou zařízení s potrubím, které jsou navíc vybaveny uhlíkovým filtrem. Ukázkou je digestoř Bosch DWQ66DM50 na obrázku 5.8. Je to komínová digestoř s energetickou třídou A.

Při provozu s cirkulací vzduchu výkon ventilátoru při intenzivním stupni je $372 \text{ m}^3/\text{h}$, při provozu odvětrávání výkon dosahuje $644 \text{ m}^3/\text{h}$, přičemž maximální hlučnost je 62 dB. Šířka spotřebiče je 600 mm, hloubka je 500 mm, průměr horního vývodu je 150 mm. Hliníkový tukový filtr odstraňuje více než 85 % tuku z kuchyňských výparů. [40]



Obr. 5.8: Digestoř Bosch DWQ66DM50 [40]

6. IDEOVÝ NÁVRH ODSÁVACÍHO ZÁKRYTU S LAPAČEM TUKŮ

Úkolem této praktické části je navrhnout odsávací zákryt pro hotelovou kuchyň s půdorysem 6 x 5 m a výškou místnosti 3 m. Při ideovém návrhu větrání kuchyně byla použita německá směrnice pro větrání kuchyní VDI 2052 a specializovaný návrhový software firmy ATREA.

6.1 Vnitřní prostředí kuchyně

Doporučené hodnoty mikroklimatu kuchyně stanoví norma ČSN EN 16 282-1, která definuje komfortní tepelně-vlhkostní podmínky v rozmezí teplot vzduchu 18 až 26 °C a relativní vlhkosti 30 až 60 % a s maximální měrnou vlhkostí 11,5 g/kg_{s.v.}. V blízkosti kuchyňských spotřebičů (v zónách s extrémním zatížením) tyto komfortní podmínky nejsou vždy splněny, proto norma také uvádí podmínky únosné. Únosná teplota vzduchu je 32 °C, únosná relativní vlhkost je 80 % a únosná měrná vlhkost je 16,5 g/kg_{s.v.}. Rychlost proudění vzduchu je zpravidla 0,23 až 0,52 m/s, tepelný odpor oděvu personálu kuchyně je 0,6 clo. [41]

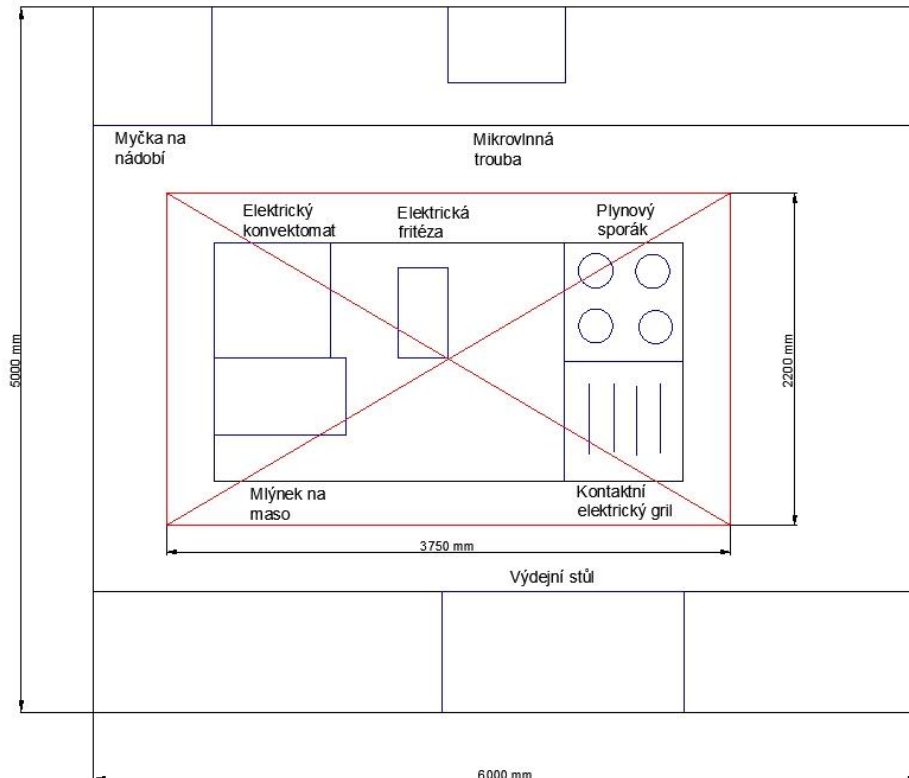
Hlavně větrací systém zajišťuje kvalitní prostředí v kuchyních. Úkolem větrání je účinný odvod tepla a škodlivin při současném zabránění šíření pachů do okolních prostor. Základní údaje pro návrh kuchyně jsou dispoziční uspořádání kuchyně a pomocných prostor, množství připravovaných porcí, umístění, typ a výkon jednotlivých spotřebičů. [41]

6.2 Návrh odsávacího zákrytu

Na obrázku 6.1 je schéma hotelové kuchyně o rozměrech 5000 x 6000 mm a v ní umístěných kuchyňských zařízení.

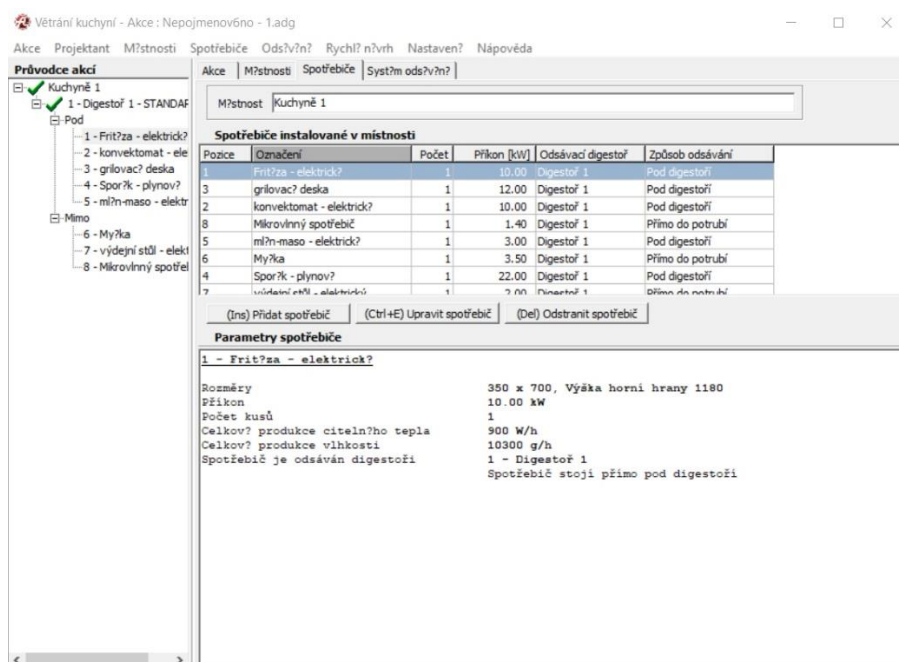
Pod digestoří jsou umístěny následující zařízení: elektrická fritéza Kromet 12 l, elektrický konvektomat Rational CombiMaster Plus 61, kontaktní elektrický gril Redfox KD 66 E, sporák plynový RM Gastro PC 78 G/P a mlýnek na maso Rohson R-5430.

Mimo digestoř jsou umístěny myčka nádobí Asber GE-400 DD, výdejní stůl KSVOH-3LS a mikrovlnná trouba Galanz MWO-1400.



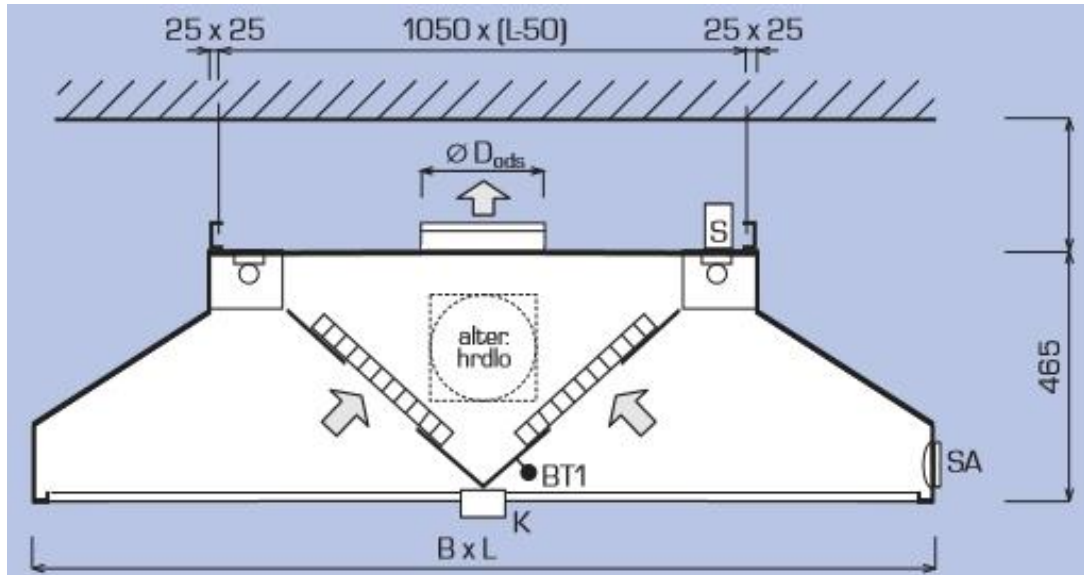
Obr. 6.1: Schéma umístění kuchyňských zařízení

Pro návrh odsávacího krytu byla provedena simulace v návrhovém softwaru firmy ATREA, který je dostupný internetových stránkách <https://www.atrea.cz>. Na obrázku 6.2 je ukázka prostředí tohoto software s použitými spotřebiči.



Obr. 6.2: Prostředí softwaru ATREA

Pro kuchyň byl navržen odsávací zákryt od firmy ATREA typu STANDARD-S (viz obr. 6.3), který je umístěn uprostřed místnosti s přesahy přes obrys kuchyňského zařízení 200 mm. Celkové rozměry digestoře jsou 3750 x 2200 mm. [38]



Obr. 6.3: Odsávací zákryt Atrea STANDARD-S [38]

6.3 Dimenzování odsávacího zákrytu

V tabulce 6.1 jsou hodnoty příkonu a produkci citelného tepla pro výpočet tepelné zátěže. Hodnoty jsou vyňaty z webových stránek výrobců jednotlivých kuchyňských zařízení.

Tab. 6.1: Příkon a produkce citelného tepla jednotlivých zařízení

Zařízení	Příkon [W]	Produkce citelného tepla Q_s [W]
El. fritéza	11000	900
El. konvektomat	11000	700
Kontaktní el. gril	12000	8400
Plynový sporák	22000	5500
Mlýnek na maso	3000	525
Myčka nádobí	3050	915
Výdejný stůl	2200	275
Mikrovlnná trouba	1400	70

Konvekční tepelná zátěž od každého zařízení se vypočte ze vztahu dle [42]:

$$Q_{s,k} = Q_s \cdot b \cdot \varphi [\text{W}] \quad (6.1)$$

kde $\varphi = 0,7$ - faktor současnosti pro gastronomické provozy [-],

$b = 0,5$ - stupeň zatížení [-].

Tab. 6.2: Konvekční tepelná zátěž od jednotlivých zařízení

Zařízení	Konvekční tepelná zátěž $Q_{s,k}$ [W]
El. fritéza	315
El. konvektomat	245
Kontaktní el. gril	2940
Plynový sporák	1925
Mlýnek na maso	184
Myčka nádobí	320
Výdejní stůl	96
Mikrovlnná trouba	25

Termický proud vzduchu jako proud teplého vzduchu indukovaný nad místem vaření se vypočte ze vztahu dle [42]:

$$\dot{V}_{th} = k \cdot Q_{s,k}^{1/3} \cdot (z + 1,7 \cdot d_{hydr})^{5/3} \cdot r [\text{m}^3/\text{h}] \quad (6.2)$$

kde $k = 18$ - empiricky stanovený koeficient [$\text{m}^{4/3} \cdot \text{W}^{-1/3} \cdot \text{h}^{-1}$],

$Q_{s,k}$ – celkové tepelné zatížení [W],

z – účinná odsávací výška pro jednotlivé zdroje [m],

$$z = h - H \quad (6.3)$$

kde H – výška zdroje tepla nad podlahou,

h – výška odsávacího vzduchotechnického zařízení, pro digestoř $h = 2,1$ m,

d_{hydr} – hydraulický průměr jednotlivých zdrojů tepla [m],

$$d_{\text{hydr}} = \frac{2 \cdot L_o \cdot B_o}{L_o + B_o} \quad (6.4)$$

kde L_o , B_o – půdorysný rozměr zdroje tepla [m],

r – redukční polohový faktor [-].

Tab. 6.3: Termické proudy od jednotlivých zařízení

Zařízení	z [m]	L_o [m]	B_o [m]	r [-]	Termický proud \dot{V}_{th} [m ³ /h]
Zařízení pod zákrytem					
El. fritéza	0,92	0,4	0,77	1	331
El. konvektomat	0,418	0,847	0,771	1	297
Kontaktní el. gril	0,8	0,66	0,66	1	766
Plynový sporák	1,2	0,8	0,7	1	1010
Mlýnek na maso	0,87	0,2	0,4	1	163
Zařízení mimo zákryt					
Myčka nádobí	1,38	0,47	0,53	0,4	187
Výdejní stůl	1,25	1,2	0,7	0,63	281
Mikrovlánná trouba	0,9	0,54	0,42	0,63	81

Množství odsávaného vzduchu od jednotlivých zdrojů se vypočte ze vztahu dle [42]:

$$\dot{V}_{\text{ods}}^{\text{dig}} = \dot{V}_{\text{th}} \cdot a \quad (6.5)$$

kde a – přírážkový faktor poruch termického proudu, $a = 1,25$

$$\dot{V}_{\text{ods}}^{\text{dig}} = 2568 \cdot 1,25 = 3210 \text{ m}^3/\text{h}$$

Množství vzduchu odváděného z kuchyně se vypočte ze vztahu dle [42]:

$$\sum \dot{V}_{\text{ods}} = \sum \dot{V}_{\text{ods}}^{\text{dig}} + (\sum \dot{V}_{\text{th, ne}} \cdot a) \quad (6.6)$$

kde $\sum \dot{V}_{\text{ods}}$ – celkové odváděné množství vzduchu [m³/h],

$\sum \dot{V}_{\text{ods}}^{\text{dig}}$ – množství odsávaného vzduchu od jednotlivých zdrojů v místnosti [m³/h],

$\sum \dot{V}_{th, ne}$ – množství odváděného vzduchu mimo digestoře [m^3/h].

$$\sum \dot{V}_{ods} = 3210 + (549 \cdot 1,25) = 3896 \text{ m}^3/h$$

Je nutné provést kontrolu množství odváděného vzduchu z kuchyně: pokud je $\dot{V}_{th, ne}$ menší než 10 % vzduchu odváděného digestořemi $\sum \dot{V}_{ods}^{dig}$, odsávané množství z prostoru se zvýší o množství V_A tak, aby bylo alespoň 10 % z $\sum \dot{V}_{ods}^{dig}$. [42]

$$\dot{V}_{th, ne} + \dot{V}_A \geq 0,1 \cdot \sum \dot{V}_{ods}^{dig}$$

$$549 \geq 0,1 \cdot 3210$$

$$549 \geq 321 - \text{splněno.}$$

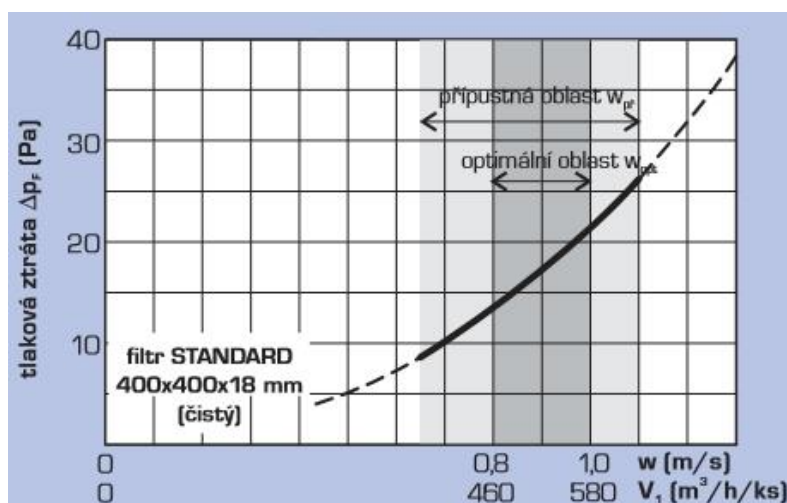
Při detailním návrhu se rovněž provádí kontrolní výpočet dle vlhkostní bilance, nicméně v rámci jednoduchého ideového návrhu v této BP tento výpočet proveden nebyl.

Celkové množství přiváděného vzduchu:

$$\sum \dot{V}_{př} = \sum \dot{V}_{ods} = 3896 \text{ m}^3/h$$

6.4 Dimenzování tukových filtrů

Digestoř STANDARD-S je vybaven tukovými filtry typu STANDARD. Mají rozměr 400x400 mm a skládají se z více vrstvého tahokovu a rámu z nerezového plechu. Počet filtrů se určuje podle grafu závislosti průtoku filtrem na tlakové ztrátě (viz obr. 6.4) tak, aby maximální uvažovaný průtok jedním filtrem byl vždy v optimální oblasti.



Obr. 6.4: Graf závislosti průtoku tukovým filtrem na tlakové ztrátě [38]

Počet tukových filtrů:

$$n = \frac{\sum \dot{V}_{ods}^{dig}}{V_{1,opt}} \quad (6.7)$$

$$n = \frac{3210}{460 \text{ až } 580} = 5,53 \text{ až } 6,98 \Rightarrow \text{návrh: 6 ks}$$

Průtok tukovým filtrem:

$$\dot{V}_1 = \frac{\sum \dot{V}_{ods}^{dig}}{n} = \frac{3210}{6} = 535 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tlaková ztráta na filtru – odečtena z grafu výrobce:

$$\Delta p_F = 18 \text{ Pa}$$

Umístění tukových filtrů do délky digestoře:

$$L \geq \frac{n \cdot 500}{2} = \frac{6 \cdot 500}{2} = 1500$$

$$3750 \text{ mm} \geq 1500 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výrobce jsou dána 2 připojovací hrdla o průměru 315 mm.

Rychlost vzduchu v odváděcím potrubí:

$$w = \frac{\sum \dot{V}_{ods}^{dig}}{\frac{\pi \cdot n \cdot d^2}{4}} \quad (6.8)$$

$$w = \frac{3210}{\frac{\pi \cdot 2 \cdot 0,315^2}{4}} = 5,72 \text{ m/s} \Rightarrow \text{vyhovuje optimálnímu rozsahu 4 až 7 m/s.}$$

Celková tlaková ztráta odsávacího zákrytu se stanoví jako součet tlakových ztrát jednotlivých prvků digestoře. Dle návrhového softwaru firmy ATREA je pro vypočtený průtok stanovena celková tlaková ztráta $\Delta p = 73 \text{ Pa}$.

ZÁVĚR

V teoretickém úvodu této bakalářské práce byly popsány základní odlučovací principy, na základě kterých fungují odlučovací zařízení. Dále se úvod zabýval tříděním odlučovačů, které se obecně třídí do čtyř základních skupin – suché mechanické odlučovače, mokré mechanické odlučovače, filtry a elektrické odlučovače. Zde byly popsány charakteristiky těchto skupin odlučovačů, jejich výhody a nevýhody a jednotlivé typy odlučovačů. U filtrů, kde se rozlišují dvě základní skupiny – filtry atmosférického vzduchu a průmyslové filtry, bylo stručně zmíněno i třídění filtrů atmosférického vzduchu a normalizace v této oblasti.

Další kapitola se věnovala dělení a vlastnostem tuků, kdy v praxi se jako maziva nejčastěji používají tekutá a plastická maziva a dále kapalné oleje zejména v potravinářství a zpracovatelském průmyslu. Olejové částice lze rozdělit do čtyř skupin dle velikosti na olejovou mlhu (částice 0,8 až 10 μm), olejové páry (částice 0,5 až 0,8 μm), olejový kouř (částice 0,1 až 0,5 μm) a olejové pachy (částice do 0,1 μm).

Podstatnou částí práce byla rešerše a přehled odlučovačů se zaměřením na odlučování tuků a aerosolů pro všeobecné větrání a průmyslové provozy. Přítomnost olejové mlhy ve vzduchu vede ke škodlivým účinkům na lidské zdraví, poškozování a snížení životnosti zařízení a také k dodatečným nákladům na větrání a úklid. Proto pro olejové a emulzní aerosoly existuje přípustný expoziční limit PEL 5 mg/m^3 a nejvyšší přípustná koncentrace NPK 10 mg/m^3 .

Odlučovače olejové mlhy pro průmyslové provozy lze v zásadě rozdělit na: elektrostatické filtrační soustavy, dynamické separátory, filtrační systémy s aktivními filtračními elementy a filtrační systémy s pasivními filtračními elementy.

Výhodou elektrostatických filtrů jsou minimální energetické náklady, malá tlaková ztráta, dlouhá životnost, možnost čištění a mají široké uplatnění pro odsávání olejové mlhoviny, mastných výparů z kuchyní, dýmu při výrobě plastů a od sváření.

Dynamické separátory jsou založeny na využití odstředivé síly působící na částice uvnitř rotujícího perforovaného separačního bubnu. Výhodou je vysoká provozní spolehlivost, vysoká účinnost, nízká hlučnost, nízké náklady na provoz a snadná montáž a údržba. Dynamické separátory se také používají pro čištění plynů z klikové skříně velkých lodních motorů.

Filtrační systémy s aktivními filtračními elementy využívají sestavení filtračních jednotek do filtračních věží a dělí se na průmyslové kapsové odsavače, průmyslové patronové odsavače, kazetové odsavače, filtrační systémy s koalescenční vložkou a s hydrofiltry. Výhodou kapsových odsavačů jsou nízké provozní náklady, možnost regenerace filtrů pomocí automatického pneumatického oklepu a možnost vybavení plynulou regulací výkonu pomocí frekvenčního měniče. U patronových odsavačů je široký výběr filtračních patron, jsou účinnější, ale nákladnější než kapsové. Kazetové odsavače pracují na principu průchodu vzduchu jednotlivými filtračními kazetami a dosahují vysoké účinnosti při dlouhodobém provozu díky samodrenáži. U systémů s koalescenčními filtry se malé kapky oleje zachycené na vláknech filtru slučují do větších kapek a výhodou je možné vysoké zatížení olejovou mlhou a dlouhá životnost. Hydrofiltr zachycuje kapalnou frakci ve vodní cloně s odloučením v nádrži.

Filtrační systémy s pasivními filtračními elementy se skládají z předfiltru, hlavního a koncového filtru, který může obsahovat i aktivní uhlí pro odstraňování zápachu. Tato zařízení mají nízké pořizovací náklady, ale vysoké provozní kvůli nutným výměnám filtrů.

Pro vzduchovou filtraci jsou dominantním zařízením digestoře. Podle způsobu odvětrávání se dělí na odtahové, recirkulační a kombinované. Odtahové digestoře vedou vzduch přes tukový filtr ven z místnosti, recirkulační digestoře vrací vzduch přes tukový a uhlíkový filtr zpět do místnosti. Podle konstrukce se dělí na komínové, ostrůvkové, rohové, výsuvné, vestavěné a podstavné. V digestořích se pro zachycení tuku používají kovové kazetové filtry a syntetické filtry a dále uhlíkové filtry pro pohlcování pachů.

Praktická část této bakalářské práce se zabývala ideovým návrhem odsávacího zákrytu s lapačem tuků pro hotelovou kuchyň s půdorysem 6 x 5 m a výškou místnosti 3 m, vybavenou elektrickou fritézou, elektrickým konvektomatem, kontaktním elektrickým grilem, plynovým sporákem, mlýnkem na maso, myčkou nádobí, výdejním stolem a mikrovlnnou troubou. Při tomto návrhu byla použita německá směrnice pro větrání kuchyní VDI 2052 a specializovaný návrhový software firmy ATREA. Pro kuchyň byl navržen odsávací zákryt od firmy ATREA typu STANDARD-S o rozměrech 3750 x 2200 mm. Pro každé zařízení pod a mimo digestoř byla vypočtena konvekční tepelná zátěž a termický proud vzduchu. Podle množství odsávaného vzduchu od jednotlivých zdrojů pod digestoří bylo dimenzováno 6 tukových filtrů typu

STANDARD z více vrstvého tahokovu o rozměrech 400 x 400 mm. Celkové množství odváděného vzduchu z kuchyně vyšlo 3896 m³/h, celková tlaková ztráta odsávacího zákrytu dle návrhového softwaru firmy ATREA pro vypočtený průtok byla stanovena $\Delta p = 73 \text{ Pa}$.

SEZNAM POUŽITÉ LITARATURY

- [1] HEMERKA, Jiří. Odlučování tuhých částic. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01088-0.
- [2] CEBAK, Jiří. Odlučování tuhých částic. Praha: České vysoké učení technické, 2014.
- [3] HEMERKA, Jiří; VYBÍRAL, Pavel. Ochrana ovzduší. Praha: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04646-3.
- [4] HEMERKA, Jiří; VYBÍRAL, Pavel. Filtrace atmosférického vzduchu. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04902-0.
- [5] PICK, Petr. Technologie ochrany ovzduší. Praha: CA Publishing Sdružení Koneko, VUSTE-APIS, 1991.
- [6] Ocelové drátěné pletivo, pružné, pozinkované, velikost oka 3,2 [online]. Archidelis [cit. 25. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.archidelis.at/index.php?lang=2&>
- [7] LLG kvalitativní filtrační papír [online]. BDL Czech Republic s.r.o., 2018 [cit. 25. 11. 2019]. Dostupné z: <https://www.bdl.cz/>
- [8] Filtrační vložka sypané aktivní uhlí [online]. Petr Syrovátka [cit. 15.01.2020]. Dostupné z: <https://www.upravvodu.cz/>
- [9] Fabric Filter Material [online]. Neundorfer Inc. [cit. 15.01.2020] Dostupné z: <http://www.neundorfer.com/knowledgebase-posts/fabric-filter-material/>
- [10] HEMERKA, Jiří. Filtrace atmosférického vzduchu III. TZB-info [online]. Praha, 31. 8. 2009 [cit. 19.01.2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>
- [11] Kapsové filtry [online]. 1filter [cit. 19.01.2020]. Dostupné z: <https://1filter.cz/>
- [12] Sorpční filtry: záchyt plyných škodlivin [online]. Klimafil Praha s.r.o. [cit. 19.01.2020]. Dostupné z: <http://www.klimafil.cz/>
- [13] Průmyslové filtry [online]. DEPURO s.r.o. [cit. 30.01.2020]. Dostupné z: <http://www.depuro.cz/>
- [14] Vzduchové filtry pro svařovny [online]. FILKOM s.r.o., 2020 [cit. 30.01.2020]. Dostupné z: <http://www.filkom.cz/>
- [15] ISO 16890 nový standard pro filtry atmosférického vzduchu [online]. Garija Trade s.r.o. [cit. 11.02.2020]. Dostupné z: <http://www.garija.cz/docs/1529483257ISO-16890-standard.pdf>

- [16] Nová norma pro vzduchové filtry ISO 16890 [online]. Robatherm [cit. 11.02.2020]. Dostupné z: https://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm_ISO16890_cze.pdf
- [17] Nová norma ČSN EN ISO 16890-1, 16890-2 [online]. IB filtr s.r.o. [cit. 11.02.2020]. Dostupné z: <https://ibfiltr.cz/>
- [18] Konstrukce odlučovačů [online]. ZVVZ GROUP, a.s., 2020 [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://www.zvvz.cz/cs/>
- [19] Tuky [online]. ZŠ Nový Jičín [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <http://www.komenskeho66.cz/>
- [20] Maziva [online]. ČAPPO, 2020 [cit. 26.02.2020]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/>
- [21] Plastická maziva [online]. Wikipedie, 2. 9. 2018 [cit. 26.02.2020]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana
- [22] Principy filtrace olejových a emulzních mlhovin [online]. Wemac s.r.o., 2020 [cit. 17.03.2020]. Dostupné z: <https://www.wemac.cz/>
- [23] Základní znečišťující látky v průmyslu [online]. Kemet [cit. 17.03.2020]. Dostupné z: <http://www.kemetcom.ru/index.htm>
- [24] Odsávání olejové mlhy [online]. Vzduchotechnik s.r.o. [cit. 19.03.2020]. Dostupné z: <http://www.vzduchotechnik.cz/>
- [25] Odstředivé odlučovače [online]. Filtermist International Limited [cit. 19.03.2020]. Dostupné z: <http://www.filtermist.cz/>
- [26] PureVent [online]. ALFA LAVAL, 2015 [cit. 19.03.2020]. Dostupné z: <https://www.alfalaval.ru/>
- [27] Patronové filtrační jednotky [online]. Rajch spol. s. r. o., 2019 [cit. 15.04.2020]. Dostupné z: <https://www.rajch.cz/uvod>
- [28] Separátory olejové mlhy [online]. FiltrationGroup, 2020 [cit. 15.04.2020]. Dostupné z: <https://filtrationgroup.cz/>
- [29] Filtr olejové mlhy ME [online]. Vostok [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: <http://www.xn----ctbbkpabpgsrxt2dwhc.xn--p1ai/>
- [30] Filtrační systémy pro olejovou a emulzní mlhu [online]. Junker Gruppe [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: <https://www.junker-group.com/cs/>
- [31] Tukové filtry [online]. Alliance Filter, 2020 [cit. 18.04.2020]. Dostupné z: <https://allfilter.ru/>

- [32] Vzduchové filtry [online]. Ekofiltr, 2020 [cit. 25.04.2020]. Dostupné z: <https://www.ekofiltr.cz/>
- [33] Filtrace vzduchu a plynu [online]. FILCO, spol. s. r. o. [cit. 28.04.2020]. Dostupné z: <https://www.filco.cz/>
- [34] Jak vybrat digestoř [online]. Co vybrat, 2020 [cit. 1.05.2020]. Dostupné z: <https://www.covybrat.cz/>
- [35] Jakými filtry jsou vybaveny digestoře [online]. PROMTINVEST spol. s. r. o. [cit. 1.05.2020]. Dostupné z: <https://www.digestore-faber.cz/>
- [36] Příslušenství [online]. KITCHEN TECHNOLOGY s. r. o. [cit. 1.05.2020]. Dostupné z: <https://digestore-airforce.cz/index.html>
- [37] Filtry k digestořím [online]. GAZ – TM s. r. o. [cit. 5.05.2020]. Dostupné z: <https://www.gas.cz/>
- [38] Větrání a klimatizace (velko) kuchyně [online]. ATREA s. r. o., 2020 [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/>
- [39] Odsavače par [online]. ELECTROLUX s. r. o. [cit. 10.06.2020]. Dostupné z: <https://www.electrolux.cz/>
- [40] Odsavače par [online]. Bosch s. r. o., 2020 [cit. 12.06.2020]. Dostupné z: <https://www.bosch.cz/>
- [41] FORET, Jan; MORÁVEK, Petr; ZMRHAL Vladimír. Větrání komerčních kuchyní podle ČSN EN 16282. TZB-info [online]. Praha, 17. 6. 2019 [cit. 22.06.2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>
- [42] VDI 2052. Výpočet větrání kuchyní.