



MARKKINOILLA OLEVIA PÖLYNPOISTOSUODATTIMIA

Juha Leppävuori

Opinnäytetyö
Lokakuu 2012
Paperi-, tekstiili- ja
kemiantekniikka
Kemiantekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Kemiantekniikka

LEPPÄVUORI, JUHA:

Markkinoilla olevia pölynpoistosuodattimia

Opinnäytetyö 36 sivua, josta liitteitä 0 sivua
Lokakuu 2012

Tämä opinnäytetyö on kirjallisuusselvitys pölynpoistosta ja sitä varten kehitetyistä markkinoilla olevista ratkaisumuodoista. Sain aiheen työhön koululta. Tarkoituksena on saatua ennakkoaineistoa ja eri kirjallisuuslähteitä käyttäen selvittää eri pölynpoistoratkaisuja sekä niiden olennaisimmat ominaisuudet.

Keskityn työssä tutkimaan lähinnä erilaisia ilmansuodattimia ja vertaamaan niiden toimintaa erilaisten suureiden perusteella. Suureet, joihin keskityn ovat erotusaste, hiukkaskoko, painehäviö ja tehonkulutus.

Pyrin selvittämään useiden eri valmistajien tuotteiden ominaisuuksia juuri näiden suureiden perusteella. Näin toivottavasti saadaan selville, millaisiin käyttökohteisiin suodattimet soveltuvat.

Asiasanat: pölynpoisto, ilmansuodatin, erotusaste, hiukkaskoko, painehäviö, tehonkulutus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

LEPPÄVUORI, JUHA:
Solutions for dust removal

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 0 pages
October 2012

This thesis is a literature work about dust removal and the different solutions developed for that purpose. The subject was offered to me by my institution. The purpose of this thesis is to take a look at different dust removal solutions and compare their respective pros and cons. To do this, I will draw from various literary sources.

In this thesis my main focus will be on different air filters and their function in removing different impurities that may reside in air. The main physical properties that I will be using are separation, pore size, pressure loss and power usage.

My goal is to find out how different air filters work and what is their primary application based on these physical properties.

Key words: dust removal, air filter, separation, pore size, pressure loss, power usage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUODATINTEN OLENNAISIMMAT SUUREET	7
2.1	Erotusaste.....	7
2.2	Suurin hiukkaskoko	7
2.3	Painehäviö.....	8
2.4	Tehonkulutus	9
3	PERINTEISET ILMANSUODATTIMET.....	10
3.1	Atlas Copco.....	10
3.1.1	Suodatinten tekniset tiedot	11
3.1.2	Suodatinten käyttö ja toiminta	11
3.2	Balston	13
3.2.1	Analyysi- ja näytteenottosuodattimet.....	13
3.2.2	Paineilmansuodattimet	14
3.2.3	Suodattimet elintarviketeollisuuteen ja sairaalaympäristöön.....	15
3.3	Donaldson	17
3.3.1	PowerCore [®] -ilmansuodattimet.....	17
3.3.2	PowerCore [®] -suodatinten tekniset tiedot	18
3.4	Herding	19
3.4.1	Suodatusmateriaalit	19
3.4.2	Suodatinlaitteistot.....	22
3.5	Pall	25
3.5.1	Keraamiset Membralox [®] -kalvosuodattimet	25
3.6	Rippert	26
3.6.1	Inline-filtterit	26
3.6.2	Pyöreät suodattimet.....	27
3.6.3	Kompaktit suodatinratkaisut	28
3.7	Sartorius	29
3.7.1	Kalvosuodattimet	29
4	SÄHKÖSUODATTIMET.....	30
4.1	Hamon Research-Cottrell	30
4.1.1	Sähkösuodattimet	30
4.2	UAS	31
4.2.1	SmogHog [®] -sähkösuodatin	32
4.3	Balcke-Dürr	34
4.3.1	Bi-Corona [®] -suodatin.....	34
5	LOPPUTULOKSET JA PÄÄTELMÄT	35

LÄHTEET	36
LIITTEET	37
Liite 1. Ohjaajan antama taulukko 1(6)	37
2(6)	38
3(6)	39
4(6)	40
5(6)	41
6(6)	42

1 JOHDANTO

Oli kyseessä sitten suuret teollisuusprosessit tai pienen mittakaavan kokeet laboratoriossa, pölynpoisto on tärkeä osa prosessia. Ongelmana voi olla ilman pitäminen mahdollisimman puhtaana tai kiintoaineen erotus kaasusta, mutta kaikkiin näihin ongelmiin on yksi yleinen ratkaisu: ilmansuodattimet.

Ilmansuodattimia on useissa eri kokoluokissa ja eri käyttötarkoituksiin, mutta niillä kaikilla on yksi yhdistävä tekijä. Tärkeimmät ominaisuudet suodattimesta riippumatta ovat suurin suodattimen läpäisevä hiukkaskoko, sekä erotusaste. Erotusaste kertoo kuinka suuri osa suodatettavasta aineesta ei läpäise suodatinta. Näiden ominaisuuksien lisäksi joissakin suodatintyypeissä täytyy ottaa huomioon myös painehäviö ja suodattimen tehonkulutus. Tässä opinnäytetyössä keskityn tarkastelemaan useita eri suodatintyyppiä pääosin näiden ominaisuuksien kannalta.

Opinnäytetön toisessa osassa otan tarkasteluun sähkösuodattimet, niiden toimintaperiaatteen ja käyttökohteet. Myös sähkösuodattimen tarkastelussa olennaisimmat suureet ovat erotusaste, hiukkaskoko, painehäviö ja tehonkulutus.

2 SUODATINTEN OLENNAISIMMAT SUUREET

Suodatinten toiminnan kannalta olennaisimmat mitatut suureet ovat erotusaste, suurin hiukkaskoko ja painehäviö. Jossain suodattimissa on otettava huomioon myös suodattimen tehonkulutus. Tässä kappaleessa esittelen näitä suureita, ja niiden vaikutusta suodattimen ominaisuuksiin ja käyttökohteeseen.

2.1 Erotusaste

Erotusaste on kaikkein olennaisin määre suodattimen toiminnan kuvaamisessa. Se kertoo kuinka suuri osa suodatettavasta aineesta suodattuu. Käytännössä se siis kuvaa sitä, kuinka tehokkaasti suodatin toimii.

Erotusaste ilmoitetaan yleisesti prosentteina. Aina se merkitsee sitä, kuinka suuri osa aineesta on suodattunut. Yleisimmin erotusaste ilmoitetaan massaprosentteina, eli se kertoo kuinka suuri osa suodattimeen johdetun kiintoaineen massasta saadaan suodattimessa poistettua.

Joissakin tapauksissa voidaan massaprosentin sijaan käyttää molekyylimassaa. Tällöin erotusaste ilmoitetaan yleensä Daltonien mukaan. Esimerkiksi voidaan sanoa, että suodatin pienentää molekyylimassan 100 000:sta Daltonista 200:aan Daltoniin, jolloin prosentuaaliseksi erotusasteeksi voidaan laskea $\frac{(100000-200)}{100000} = 0,998$, eli erotusaste on 99,8%. Molekyylimassaa käytetään erotusasteen määrittämiseen lähinnä silloin, kun käsitellään todella pieniä massoja. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi mikrobiologiset prosessit.

Joskus erotusaste voidaan ilmoittaa myös tilavuuden suhteen. Silloinkin se ilmoitetaan prosentteina. Tilavuutta käytetään yleensä vain, jos prosessissa esiintyy nesteitä, joiden erotusaste olisi vaikea esittää massan avulla.

2.2 Suurin hiukkaskoko

Jotta erotusasteella olisi mitään pohjaa käytännön sovelluksissa, täytyy sen lisäksi ilmoittaa myös suurin hiukkaskoko. Erotusaste ei siis kerro mitään, ellei ole tiedossa suurin hiukkaskoko, joka läpäisee suodattimen joka tapauksessa.

Suurin suodattimen läpäisevä hiukkaskoko on hyvin olennainen määre, ja se usein määrittää myös ne käytännön sovellukset, missä suodatinta voidaan käyttää. Suurimmasta hiukkaskoosta käytetään usein myös nimitystä huokoskoko.

Usein yleistetään, että mitä pienemmät hiukkaset suodattimen läpäisevät, sen parempi. Tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkaansa. Se, mikä on suurin suodattimen läpäisevä hiukkaskoko on täysin riippuvainen prosessin laadusta. Toisin sanoen, ei ole järkevää eikä kustannustehokasta asentaa prosessiin suodatinta, jonka huokoskoko on pienempi, kuin prosessin kannalta on oleellista. Pienemmän huokoskoon omaavat suodattimet ovat usein kalliimpia, eikä prosessin kannalta välttämättä tarvitse suodattaa niin pieniä hiukkasia. Suodattimen suurin hiukkaskoko valitaan siis prosessin mukaan.

Hiukkaskoko ilmoitetaan yleensä hiukkasen keskimääräisen halkaisijan mukaan. Pölynpoistoprosesseissa hiukkaskoot ovat niin pieniä, että suodattimen läpäisevät hiukkaskoot ilmoitetaan yleensä mikrometreinä, mutta riippuu täysin käyttötarkoituksesta, minkä kokoisia hiukkasia suodatetaan.

2.3 Painehäviö

Painehäviö on väistämätön ilmiö, kun ainetta johdetaan paikasta toiseen. Myös suodatinten kohdalla painehäviö otetaan huomioon, ja usein ilmoitetaan suodattimen ominaisuuksissa.

Painehäviötä syntyy erilaisten liikettä vastustavien voimien vaikutuksesta. Esimerkiksi syntyvä kitka, ilmanpaine ja muut mahdolliset voimat vaikuttavat painehäviön syntymiseen.

Suodatinten suunnittelussa painehäviö pyritään minimoimaan, mutta täysin sitä ei voida poistaa. Usein suodatinten tapauksessa painehäviöt ovat suhteellisen pieniä, ja ne ilmoitetaan yleisimmin millibareina tai Pascaleina.

2.4 Tehonkulutus

Joissakin suodattimissa on otettava huomioon myös niiden tehonkulutus. Tehonkulutusta syntyy, jos suodattimen toiminta ei perustu pelkästään fysiikan lakeihin, kuten painovoimaan. Toisin sanoen, jos suodatin tarvitsee toimiakseen ulkoisen tehonlähteen. Yleisimmät suodattimet, joilla tehonkulutus otetaan huomioon ovat sähkösuodattimet, mutta myös jotkut perinteiset suodattimet kuluttavat tehoa.

Tehonkulutus on painehäviön tavoin suure, jota pyritään minimoimaan. Suodattimen käyttökustannukset ovat sitä pienemmät, mitä pienempi on tehonkulutus. Tehonkulutus ilmoitetaan Wattitunteina. Yleensä se on suhteutettu suodattimen kapasiteettiin, ja suuruusluokaltaan tehonkulutus ilmoitetaan yleensä muodossa $kWh/1000m^3$, eli kilowattituntia 1000 suodatettua kuutiometriä kohden.

3 PERINTEISET ILMANSUODATTIMET

3.1 Atlas Copco

Atlas Copco on suomalainen yhtiö, joka valmistaa paineilmalaitteita, generaattoreita ja teollisuustyökaluja. Pölynpoiston osalta Atlas Copcon päätuotteita ovat paineilmansuodattimet elintarvike-, kone- ja kemianteollisuuden tarpeisiin. Yhtiön pääasialliset tuotteet tällä alalla ovat DD-, DDp-, PD-, PDp- ja QD-suodattimet.

Atlas Copcon suodattimet ovat tarkoitettu poistamaan epäpuhtauksia paineilmavirrasta. Ne siis toimivat paineilmalaitteiden yhteydessä esisuodattimina. Suodatin on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. Atlas Copcon paineilmansuodatin (Atlas Copco, 2012)

3.1.1 Suodatinten tekniset tiedot

Atlas Copcon suodattimet luokitellaan suurimman niistä läpäisevän hiukkaskoon mukaan. Luokitukset ovat DD, DDp, PD ja QD.

DD-luokan suodattimet ovat yleiskäyttöön tarkoitettuja suodattimia. Lähinnä niillä poistetaan ilman epäpuhtauksia ja aerosoleja. Suurin hiukkaskoko, joka läpäisee DD-suodattimen on 1 mikrometri. DD-suodattimet poistavat epäpuhtauksia 0,1 ppm:aan saakka. (Atlas Copco, 2012.)

DDp- luokan suodattimet ovat hiukkassuodattimia, jotka ovat tarkoitettu suojaamaan laitteita pölyltä. Ne poistavat DD-suodatinten tapaan 1 mikrometrin kokoiset hiukkaset. (Atlas Copco, 2012.)

PD-suodattimet ovat saostus- ja hiukkassuodattimia. Ne poistavat ilman epäpuhtauksia, nesteitä ja aerosoleja 0,01 ppm:aan asti. Suurin hiukkaskoko, joka läpäisee PD-suodattimen on 0,01 mikrometriä. (Atlas Copco, 2012.)

QD-suodattimet ovat aktiivihiilisuodattimia, jotka asennetaan PD-suodattimen jälkisuodattimeksi. Ne poistavat ilmasta öljyhöyryjä ja hiilivetyjä. 0,003 ppm:aan saakka. (Atlas Copco, 2012.)

3.1.2 Suodatinten käyttö ja toiminta

Atlas Copcon suodattimia voidaan käyttää erikseen, mutta tehokkaimman toiminnan takaamiseksi kannattaa käyttää joitakin tai kaikkia niistä yhdessä. Esimerkiksi PD-suodattimen käytön optimoimiseksi kannattaa käyttää myös DD-suodatinta. Kaikkein tehokkaimman käytön takaamiseksi kannattaa käyttää QD-suodatinta, jota edeltää sekä DD- että PD-suodatin. Suodatinten valinta riippuu käyttökohteen vaatimuksista. (Atlas Copco, 2012.)

Tärkeimmät tekniset tiedot suodattimien suhteen ovat erotusaste, hiukkaskoko, painehäviö ja joissakin tapauksissa myös tehonkulutus. Atlas Copcon suodattimet eivät tarvitse omaa tehonlähdettä, joten tehonkulutusta ei oteta huomioon. Kuten aiemmin on tullut todetuksi, mikäli kaikkia (DD-, PD-, QD) suodattimia käytetään samanaikaisesti, suurin hiukkaskoko on 0,01 mikrometriä ja suodattimet poistavat öljy-, aerosoli- ja pölyhiukkaset jopa 0,003 ppm:n tarkkuudella. Suodatinten käyttämä nimellispaine on 7 bar, ja niiden tuottama painehäviö on 0,08 bar. Suodatinten kapasiteetti on 9-9000 l/s.

3.2 Balston

Balston on yhdysvaltalainen yhtiö, joka valmistaa ensisijaisesti erilaisia suodattimia, joiden erotusaste on todella suuri. Balstonin päätuote on analyysilaitteita varten suunnitellut erittäin tarkat kertakäyttösuodattimet. Tämän lisäksi Balston valmistaa muun muassa paineilmasuodattimia, suodattimia elintarviketeollisuuden tarpeisiin sekä suodattimia sairaalaympäristöön.

3.2.1 Analyysi- ja näytteenottosuodattimet

Balstonin analyysi- ja näytteenottosuodattimet on suunniteltu niin, että niiden on määrä poistaa kaikki epäpuhtaudet analyysilaitteistosta.

Suodattimet poistavat kaikki alle 0,01 mikrometrin kokoiset kiinteät ja nestemäiset hiukkaset kaasunäytteistä 99,999% tarkkuudella. Nestemäisistä näytteistä suodattimet poistavat kiinteitä aineita ja kaasukuplia.

Suodattimet on valmistettu borosilikaattilasikuidusta, ja ne ovat reagoimattomia useimpiin kaasuihin ja nesteisiin. Suodatinten valmistuksessa on käytetty hartsisideaineita, ja Balstonin emoyhtiö Parker Hannifin tarjoaa suodattimille ruostumattomasta teräksestä, polypropyleenistä ja muista korroosionkestävistä materiaaleista valmistettuja kotelointiratkaisuja. Esimerkki analyysilaitesuodattimesta näkyy kuvassa 2.

(Balston, 2012)



KUVA 2. Balstonin analyysilaitesuodatin (Balston, 2012)

3.2.2 Paineilmansuodattimet

Kuten useimmat paineilmansuodattimet, Balstonin tuotteet on suunniteltu poistamaan paineilmassa esiintyvät kiinteät epäpuhtaudet, vesi ja öljy. Balstonin paineilmansuodatinten erotusaste on 99,99% 0,01 mikrometrin kokoisilla hiukkasilla.

Normaalit paineilmansuodattimet on tehty eloksoidusta alumiinista ja ruostumattomasta teräksestä kestävyiden ja luotettavuuden takaamiseksi. Suuremmat suodattimet ovat hiiliteräksisiä, ja niissä on epoksimaalatut sisäosat. Näin ollen Balstonin paineilmansuodattimet vaativat hyvin vähän huoltoa. Paineilmansuodatin on kuvattuna kuvassa 3.

(Balston, 2012)



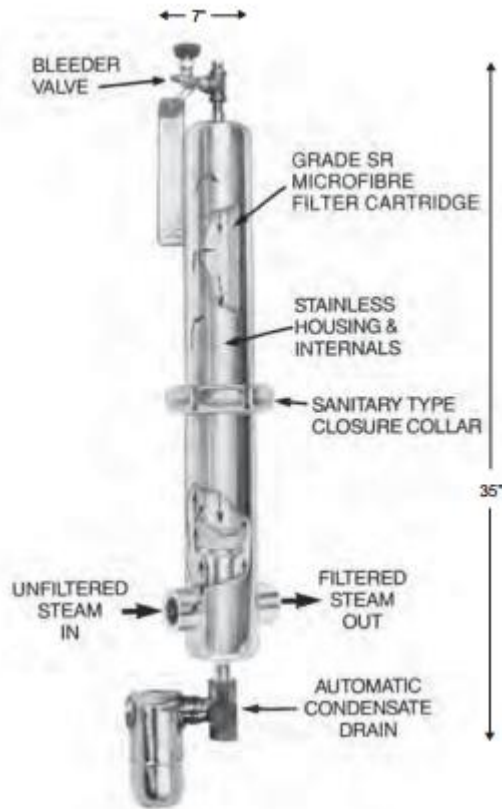
KUVA 3. Balstonin paineilmansuodatin (Balston, 2012)

3.2.3 Suodattimet elintarviketeollisuuteen ja sairaalaympäristöön

Balston valmistaa analyysi- ja paineilmansuodattinten lisäksi erilaisia suodattimia elintarviketeollisuuden tarpeisiin sekä sairaalaympäristön pölynpoistoon.

Elintarviketeollisuuteen Balston valmistaa höyrysuodattimia ja steriilin ilman suodattimia. Höyrysuodattimet poistavat 98% erotusasteella 0,01 mikrometrin hiukkasia sekä kaikki näkyvät hiukkaset. Höyrysuodattimet toimivat samalla tehokkudella sekä neste-, että kiintoaineille. Suodattimet ovat tarkoitettu erityisesti boilereiden tuloveden suodatukseen, ja ne poistavat tuloveden kemikaalit ja haihtumattomat lisäaineet. Esimerkki höyrysuodattinkokoonpanosta on esitetty kuvassa 4.

(Balston, 2012)



KUVA 4. Balstonin höyrysuodatinkokoonpano (Balston, 2012)

Balstonin höyrysuodattimia voidaan käyttää myös sairaalaympäristön tarpeisiin. Ne poistavat kosteutta ja epäpuhtauksia steriilien laitteistojen ilmasta. Niitä voidaan käyttää kuivainlaitteistojen yhteydessä ilman steriiliyden ylläpitämiseen. Sairaalaympäristössä käytettävät suodattimet on kuvattu kuvassa 5.

(Balston, 2012)



KUVA 5. Balstonin steriilin ilman suodattimet (Balston, 2012)

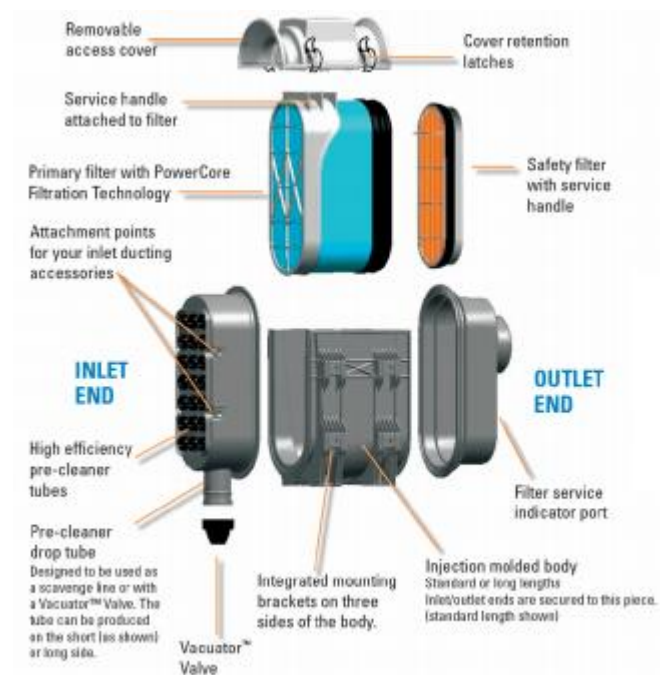
3.3 Donaldson

Donaldson on yhdysvaltalainen yhtiö, joka valmistaa erilaisia suodatinratkaisuja, kompressoreita ja kuivaimia. Pölynpoiston osalta heidän päätuotteensa on PowerCore[®]-ilmansuodatin. PowerCore[®]-suodattimet on tarkoitettu käytettäväksi esisuodattimina kompressoreiden ja muiden paineilmalaitteiden yhteydessä.

3.3.1 PowerCore[®]-ilmansuodattimet

Donaldson valmistaa kahden eri mallin PowerCore[®]-ilmansuodattimia. PSD-malli on yleiseen käyttöön tarkoitettu ilman esisuodatin. Se on suunniteltu suojaamaan eri prosesseja tuloilmassa olevalta pölyltä tai muilta epäpuhtauksilta. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki PSD-mallin kokoonpanosta.

(Donaldson, 2012)



KUVA 6. PowerCore[®] PSD -ilmansuodatin kokoonpano (Donaldson, 2012)

Toinen PowerCore[®]-suodatinmalli on PCD-tyyppinen suodatin. Se on tarkoitettu kompressoreiden ja muiden paineilmalaitteistojen tuloilman suodatukseen. PCD-suodatin voidaan asentaa joko pysty- tai vaakasuuntaan. Pystysuuntaisessa asennuksessa suositellaan käyttämään suodattimen yhteydessä turvasuodatinta. PCD-malli on kuvattu kuvassa 7.

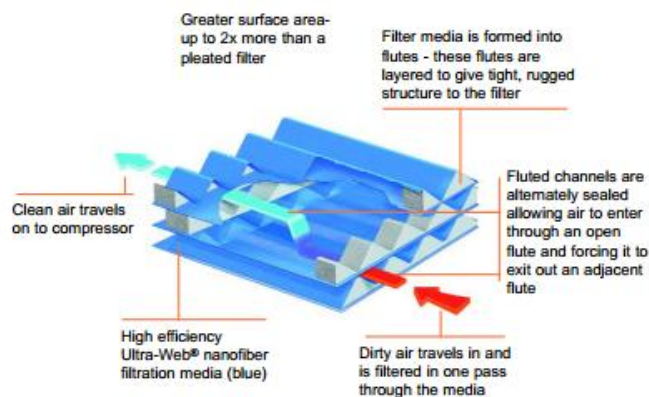


KUVA 7. PowerCore[®] PCD -ilmansuodatin (Donaldson, 2012)

3.3.2 PowerCore[®]-suodatinten tekniset tiedot

PowerCore[®]-suodattimet on tarkoitettu käytettäväksi esisuodattimina erilaisissa laitteissa ja prosesseissa. Pelkän PowerCore[®]-suodattimen erotusaste on 99,95%. Suurin suodattimen läpäisevä ilmavirta on 95 m³/min. Suodatinten painehäviö on 1500 Pa.

PowerCore[®]-suodattimeen voidaan asentaa myös Ultra-Web[®]-nanokuitupinta. Sen avulla PowerCore[®]-suodattimen erotusaste voidaan nostaa jopa 99,985%:iin. Ultra-Web[®]-pinnoitteella päällystetään erityisesti siihen suunniteltu selluloosaväliaine, joka on PowerCore[®]-suodattimen pinnalla. Näin suodattimen suodatuspintaan saadaan verkkomainen rakenne, joka sitoo itseensä enemmän ja pienempiä partikkeleita. Ultra-Web[®]-nanokuitupinta PowerCore[®]-suodattimen yhteydessä on esitetty kuvassa 8.



KUVA 7. PowerCore[®] -ilmansuodatin Ultra-Web[®]-pinnoituksella (Donaldson, 2012)

3.4 Herding

Herding on saksalainen yhtiö, joka on erikoistunut teollisuuden mittakaavaan valmistettaviin ilmansuodatus- ja pölynpoistoratkaisuihin. Herdingin erikoisalaa on kuivan pölyn, aerosolien ja muiden materiaalien poisto ilmasta. Tätä varten he ovat kehittäneet erilaisia ilmansuodatuslaitteistoja.

3.4.1 Suodatusmateriaalit

Herdingin päätuotteita ovat niin sanotut sintterilamellisuodattimet. Kaikki Herdingin suodatinmateriaalit siis sintrataan, eli jauheesta valmistettava suodatusmateriaali lämmitetään hyvin lähelle sen sulamispistettä, jolloin jauhepartikkelit kylmähitsautuvat kiinni toisiinsa. Näin saavutetaan hyvin huokoinen rakenne, jolla on hyvät ominaisuudet esimerkiksi juuri suodattimia varten.

(Herding, 2012)

Tämän jälkeen sintrattu materiaali päällystetään mikrohuokoisella, vettä hylkivällä teflonpinnoitteella. Pinnoite suojaa metallipintaa eroosiolta, korroosiolta ja reagoimattomuutensa vuoksi myös muilta mahdollisesti suodatuksessa esiintyviltä aineilta.

(Herding, 2012)

Näiden toimenpiteiden johdosta Herdingin suodattimet luokitellaan mekaanisiksi suodattimiksi, ja ne voidaan puhdistaa ja huoltaa asennettuina. Tämä mahdollistaa hyvin suurikokoisten suodatuslaitteistojen valmistuksen. Tällaiset suodattimet ovat hyvin pitkäikäisiä. Lisäksi niiden huoltokustannukset ovat melko pienet, koska luja metallirakenne on kestävämpää kuin perinteiset suodatinmateriaalit, kuten kuidut ja tekstiilit. Useimmissa Herdingin suodatinmalleissa perusmateriaalina käytetään polyeteeniä.

(Herding, 2012)

HSL-mallin suodatinmateriaalit ovat sintrattua polyeteeniä, johon on sintrausprosessissa liitetty teflonpäällyste. Ne kestävät enintään 70°C:n lämpötilassa. HSL-malli on kuvattuna kuvassa 8. HSL-mallista on myös kehittyneempi, HSL-P -versio, jossa osa teflonista on korvattu polyeteenillä, jolloin on saavutettu yhtenäisempi rakenne ja näin

ollen pienempi painehäviö. Muita vaihtoehtoja ovat halogeenivapaalla teflonpäällystyksellä päällystetyt HSL-mallit, jotka ovat pakollisia mm. tupakkatuoteteollisuuden käytössä, sekä erikoismalli, jossa teflonpäällysteeseen on lisätty mineraaleja, jolloin se kestää pH:ita välillä 1-10. HSL-suodatinmateriaalit puhdistavat läpi kulkevan kaasun hyvin tarkasti. Poistokaasun kiintoainepitoisuus on 0,2 mg/m³.

(Herding, 2012)

HSL-suodattimesta on myös erikoismalli HSL-C, joka on valmistettu termostabilisoidusta polyeteenistä. Muuten se on samanlainen kuin normaali HSL-suodatin. Ainoa ero suodattimen ominaisuuksissa verrattuna normaaliin HSL-malliin on se, että HSL-C kestää n. 100°C:n lämpötiloja.

(Herding, 2012)

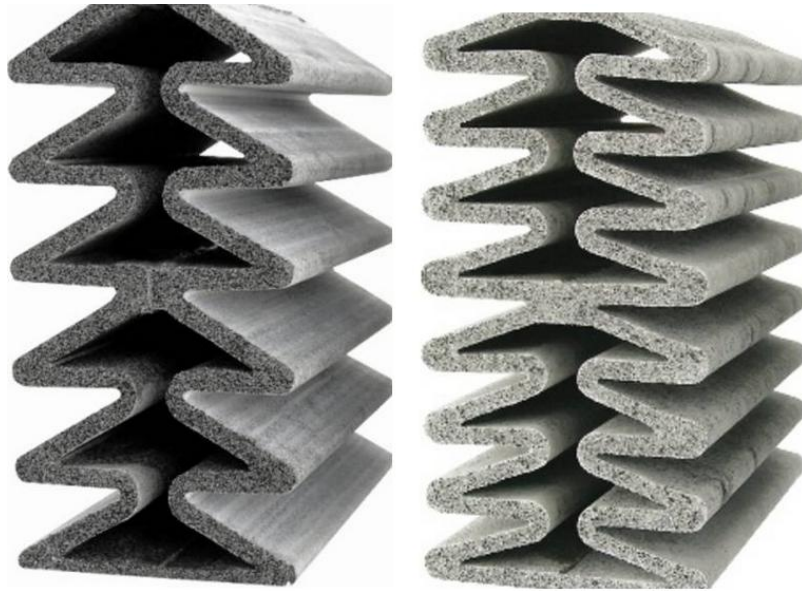


KUVA 8. Herding HSL- suodatinmalli (Herding, 2012)

DELTA- ja DELTA² -mallit on valmistettu samasta materiaalista kuin HSL. DELTA-malli on geometrisesti muotoiltu eri tavalla kuin HSL, joten se voidaan pystysuuntaisen asennuksen lisäksi asentaa myös vaakasuunnassa. DELTA-malli on sisältä ontto, joten sen painehäviö on myös pienempi. DELTA²-mallissa taitosten määrää on lisätty

verrattuna normaaliin DELTA-malliin, jolloin suodatuspinta-ala on lisääntynyt jopa 25%. Suodatustehokkuudeltaan DELTA on samantehoinen kuin HSL, ja suodatinmallin valinta riippuukin prosessin tarpeista. DELTA- ja DELTA² -suodattimet on esitetty kuvassa 9.

(Herding, 2012)



KUVA 9. Herding DELTA (vasemmalla) ja DELTA² (oikealla) suodatinmallit (Herding, 2012)

Viimeinen Herdingin suodatinmalleista on nimeltään ALPHA. Se on valmistettu epäorgaanisesta materiaalista, ja kestää jopa 450°C:n lämpötilan. Sillä on hyvä kemikaalien kesto jopa korkeissa lämpötiloissa. ALPHA-malli on periaatteessa kynttiläsuodatin. Se on päällystetty epäorgaanisella suodatinmateriaalilla sekä sisältä, että ulkoa. Suodatinkynttilöillä on ruostumattomasta teräksestä valmistettu tukirakenne. ALPHA-mallia käytetään korkeita lämpötiloja vaativissa prosesseissa. ALPHA-malli on kuvattu kuvassa 10.

(Herding, 2012)



KUVA 10. Herding ALPHA-suodatinmalli (Herding, 2012)

3.4.2 Suodatinlaitteistot

Herding valmistaa suodatinlaitteistoja useissa eri mittakaavoissa. Suurin on teollisuuskäyttöön tarkoitettu Herding[®] HSL/DELTAflex -suodatin. Tällaisen laitteiston suodatuskapasiteetti voi olla jopa 400,000 m³/h. HSL/DeltaFlex-kokoonpano on kuvattuna kuvassa 11.



KUVA 10. Herding HSL-DeltaFlex -suodatinlaitteisto (Herding, 2012)

HSL-DeltaFlex yhdistää HSL- ja DELTA -mallin suodattimet. Suodatinlaitteiston yläosassa sijaitsee äänieristysmateriaaleja sekä integroitu tuuletinlaitteisto. Lisäksi siihen voidaan asentaa purkuaukko tai -ritilä poistokaasun talteenottamista varten. Keskiosassa on raakakaasun sisääntulo, varsinainen suodatinmateriaali ja paineilmalla toimiva integroitu puhdistusjärjestelmä. Kaikki huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa avaamalla suodatinlaitteisto keskiosasta. Laitteiston alaosassa tapahtuu pölyn talteenotto. Sitä voidaan muuttaa riippuen prosessin tarpeista. Yksinkertaisimmillaan siinä on vain pudotussuppilo ja pölynkeruusäiliö. Muita mahdollisia ratkaisuja ovat esimerkiksi ilmalukkosityttö, syöttöruuvi tai jokin muu poistojärjestelmä.

(Herding, 2012)

Kompaktimpi ratkaisu pienempään mittakaavaan on esimerkiksi DELTAComp-laitteisto. Sen maksimikapasiteetti on 6000 m³/h. DELTAComp-laitteisto näkyy kuvassa 11.

(Herding, 2012)



KUVA 10. Herding DELTAComp -suodatinlaitteisto (Herding, 2012)

DELTAComp-laitteistossa käytetään DELTA- tai DELTA²-mallin suodattimia. Laitteiston kotelo on kestävästä teräksestä. Pystysuora levy jakaa kotelon raakakaasu- ja puhdaskaasuosastoihin. DELTA-suodattimet ovat asennettu pystysuoraan puhtaan kaasun puolelle. Koteloinnista riippuen suodattimia voidaan asentaa päällekkäin yhdessä tai kahdessa tasossa. Toimintaperiaatteiltaan DELTAComp toimii samoin kuin HSL/DeltaFlex. Puhdas kaasu johdetaan ulos laitteistosta yläkautta, ja kuivapöly poistetaan alakautta.

(Herding, 2012)

3.5 Pall

Pall on yhdysvaltalainen lääketeollisuuden ja mikrobiologiaan erikoistunut yhtiö. Yhtiön erikoisalaa ovat vedenpuhdistukseen ja laboratorio-olosuhteisiin suunnitellut suodatus- ja puhdistuslaitteet.

3.5.1 Keraamiset Membralox®-kalvosuodattimet

Pall valmistaa keraamisia kalvosuodattimia Membralox®-tavaramerkin alla. Membralox®-suodattimet kestävät äärimmäisissäkin olosuhteissa, kun esimerkiksi prosessi vaatii suuria lämpötiloja tai painetta. Suodattimet kestävät myös laajan skaalan eri pH:n omaavia aineita (0-14). Membralox®-suodatin on kuvattu kuvassa 11.



KUVA 11. Pall Membralox®-suodatin (Pall, 2012)

Membralox®-suodattimia saa useissa eri läpäisylokituksissa. Pienimmän luokan suodattimet erottavat nesteestä hiukkasia jopa 0,01 mikrometrin tarkkuudella. Suurimman luokituksen suodattimet läpäisevät 5 mikrometrin kokoisetkin hiukkaset.

Pienten luokkien suodattimia voidaan käyttää mikrobiologiassa esimerkiksi ei-toivottujen proteiinien erottamiseen antibioottiliuoksista. Suurempien luokkien suodatinelementtejä käytetään vaikkapa fermentointiliuosten selkeyttämiseen. Muita käyttökohteita ovat mm. apuaineiden erotus levistä, tai bakteerien erotus hygienisyyttä vaativista kohteista.

(Pall, 2012)

Membralox®-suodatinten ulkomitat vaihtelevat suuresti. Pienimmillään suodatinta saa laboratoriokäyttöön suunnitellussa kokoluokassa, jossa on 37 suodatuskanavaa, jotka ovat halkaisijaltaan 3 millimetriä. Näissä suodattimissa kokonaissuodatuspinta-ala on

0,35 m². Suurimmissa, teollisuuskäyttöön suunnitelluissa suodattimissa suodatuspinta-alaa voi olla jopa 21 m².

(Pall, 2012)

3.6 Rippert

Rippert on vuonna 1966 perustettu saksalainen yhtiö, joka on erikoistunut teollisuuslaitosten pintakäsittelyyn ja pölynpoistoon. Rippertin erikoisalaa on teollisuuslaitosten maalaus, jauhemaalaus, saasteentorjunta ja pölynpoisto.

Pölynpoiston osalta Rippertin päätuotteita ovat suuret, teollisuuskäyttöön suunnitellut suodatusvälineet. Rippertin valmistamia tuotteita ovat mm. suuret pyöreät suodatusjärjestelmät, laajennettavat moduulijärjestelmät sekä pienemmät kompaktit suodattimet.

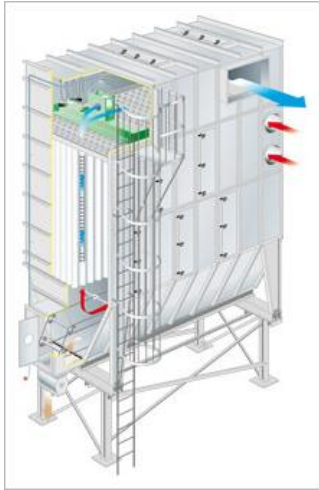
3.6.1 Inline-filtterit

Rippertin Inline-filtterit, eli laajennettavat moduulijärjestelmät ovat yhtiön suurikokoisimpia suodatusjärjestelmiä. Ne voivat koostua käyttökohteesta riippuen useista, sarjassa toisiinsa kytketyistä ilmanotto- ja suodatinosiosta.

(Rippert, 2012)

Tällaisten järjestelmien kapasiteetti voi vaihdella 10 000 m³/h jopa 300 000 m³/h:iin. Inline-järjestelmät sopivat vain tyhjiö- tai ylipaineikäyttöön. Järjestelmien vakiosuodattimina toimivat suodatinletkut, jotka on valmistettu polyesterineulahuovasta. Muita vaihtoehtoja ovat suodatinpatruunat ja suodatinputket. Inline-järjestelmä on kuvattu kuvassa 12.

(Rippert, 2012)



KUVA 12. Rippert inline-suodatinjärjestelmä (Rippert, 2012)

3.6.2 Pyöreät suodattimet

Rippertin RK/RF-mallin pyöreät suodattimet soveltuvat käytännössä kaikenlaiselle pölylle. Pyöreiden suodattimien erikoisuus on pyörivä puhdistusjärjestelmä, joka pakottaa pölyn ulos suodatinletkuista likaamatta muita suodattimen osia. Suodattimien alaosa toimii ikään kuin syklonina, joten karkea pöly poistuu suodatettavasta ilmasta jo ennen suodatinletkuja. Pyöreä suodatinjärjestelmä on kuvattu kuvassa 13. Toimintaperiaatteeltaan pyöreät suodattimet toimivat samoin kuin inline-suodattimet. (Rippert, 2012)



KUVA 13. Rippertin pyöreä suodatinjärjestelmä (Rippert, 2012)

3.6.3 Kompaktit suodatinratkaisut

Rippert valmistaa myös pienempiä suodattimia. Nämä kompaktit suodattimet ovat kuin pienempiä versioita inline-suodattimista, ja niissä peruskomponentteina on aina tuuletin, suodatin ja pölynpoistojärjestelmä. Niiden maksimikapasiteetti on n. 20 000 m³/h. Kompakteissa järjestelmissä suodatinkomponenttina voidaan käyttää käyttökohteen tarpeiden mukaan suodatinletkuja, pussisuodattimia, suodatinputkia tai patruunasuodattimia.

(Rippert, 2012)

3.7 Sartorius

Sartorius on saksalaisen Florenz Sartoriuksen vuonna 1870 perustama yritys. Sartoriuksen ensimmäinen suuri keksintö oli lyhytaaltoanalyysivaaka. Tämä keksintö mullisti työn tutkimuslaboratorioissa. Vuonna 1927 Sartorius perusti yhdessä Nobelvoittaja Richard Zsigmondyn kanssa osakeyhtiön. Tämän yhtiön päätuotteeksi nousivat Zsigmondyn kehittämät kalvosuodattimet. Vielä tänäkin päivänä Sartoriuksen tärkeimmät tuotteet ovat punnitus- ja suodatuslaitteistot.

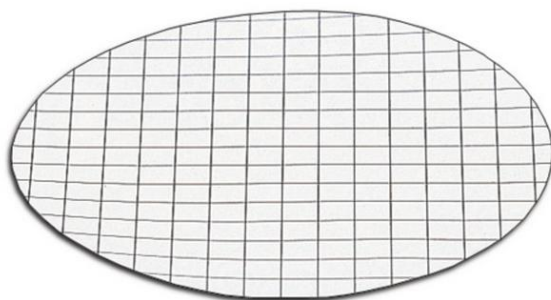
3.7.1 Kalvosuodattimet

Sartoriuksen kalvosuodattimet ovat erityisesti laboratoriokäyttöön tarkoitettuja pienen skaalan suodattimia. Niitä voidaan käyttää mikro-suodatukseen, joka on perinteinen suodatusmenetelmä. Tässä käyttötarkoituksessa käytettävien suodatinten huokoskoko vaihtelee 0,1 ja 8 mikrometrin välillä, suodattimesta riippuen. Toinen käyttökohde Sartoriuksen suodattimille on ultrasuodatus, jossa hydrostaattinen paine pakottaa nesteen puoliläpäisevää kalvoa vasten, ja kiintoaineet sekä liuokset jäävät kalvon toiselle puolelle, kun taas suodatettava neste läpäisee kalvon. Tässä tapauksessa saavutetaan molekyyli-massan väheneminen 300 000:sta 1000:een Daltoniin, eli suodattimen prosentuaalinen erotusaste on 99,67%.

(Sartorius, 2012)

Sartoriuksen kalvosuodattimia käytetään tyypillisesti mikrobiologiassa. Yleisiä käyttökohteita ovat mm. solujen säilyttäminen, partikkeleiden kerääminen, selkeyttäminen ja nesteliuosten steriili suodatus. Sartoriuksen kalvosuodatin on kuvattu kuvassa 14.

(Sartorius, 2012)



KUVA 14. Sartoriuksen kalvosuodatin (Sartorius, 2012)

4 SÄHKÖSUODATTIMET

4.1 Hamon Research-Cottrell

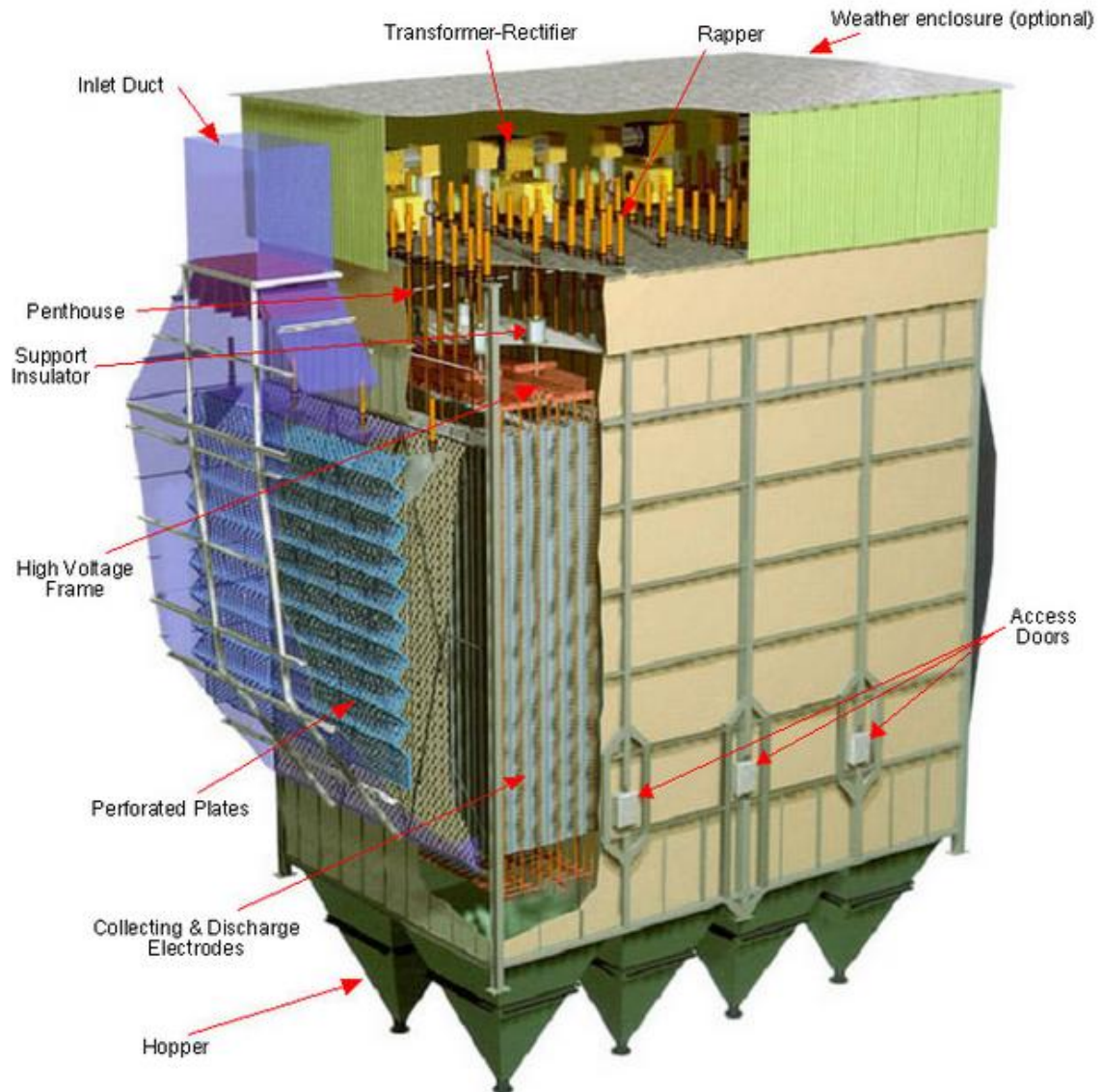
Hamon Research-Cottrell on osa maailmanlaajuisista Hamon Groupia. Se on erikoistunut teollisuuskäyttöön tarkoitettuihin ilmanpuhdistuslaitteisiin. Hamon Research-Cottrellin päämaja sijaitsee Yhdysvalloissa, Somervilleissä, New Jersey'n osavaltiossa. Sen tuotteet on suunnattu lähinnä sähkölaitoksiin, jalostamoihin ja muihin raskaan teollisuuden laitoksiin. Suodatuslaitteistojen osalta Hamon Research-Cottrellin erikoisalaa ovat sähkösuodattimet.

4.1.1 Sähkösuodattimet

Hamon Research-Cottrell valmistaa kuivasähkösuodattimia, sekä niihin liittyviä laitteita. Näihin laitteisiin kuuluvat mm. suodatinlaitteistoon esiasennetut, paneelityyppiset keräyslevyt, kestävät pölynpoistoelektrodit, sekä mekaaniset, että elektromagneettiset ravistuslaitteet ja erilaiset mikroprosessorit prosessin hallintaan.

Sähkösuodattimen toiminta perustuu hiukkasten sähkövaraukseen. Kaasussa olevat kiintoainepartikkelit kulkeutuvat korkean jännitekentän läpi, jolloin poistoelektrodit lähettävät negatiivisesti varattuja ioneja kaasuun ja maadotettuihin keruulevyihin. Näin kaasussa olevat partikkelit hakeutuvat positiivisesti varautuneiden keruuelektrodien pinnalle, ja puhdas kaasu jatkaa kulkuaan suodattimen läpi. Lopulta ravistuslaitteiden avulla saadaan kerätty pöly kulkeutumaan suodattimen alaosaan, josta se kerätään poistoon. Hamon Research-Cottrellin sähkösuodattimen periaate on kuvattuna kuvassa 15.

(Hamon Group, 2012)



KUVA 15. Hamon Research-Cottrellin sähkösuodatin (Hamon Group, 2012)

4.2 UAS

United Air Specialists Inc. eli UAS on vuonna 1966 perustettu yritys, joka on erikoistunut ilmanpuhdistus- ja saasteentorjuntalaitteistojen valmistukseen. Yhtiön laitteilla voidaan poistaa mm. hitsaussavua, öljysumua ja prosessipölyä.

Suodatinlaitteiden osalta UAS:n päätuote on SmogHog®-sähkösuodatin. Nimensä mukaisesti se on tarkoitettu erityisesti teollisuuden tarpeisiin ja öljysumun poistoon.

4.2.1 SmogHog®-sähkösuodatin

SmogHog®-sähkösuodattimesta on saatavilla useita eri malleja. Perinteisen keskuslaitteiston lisäksi markkinoilla on myös kattoon tai suoraan koneeseen asennettavat mallit, sekä pienempi liikuteltava versio.

(UAS, 2012)

Perinteisestä SmogHog®-laitteistosta on kaksi eri versiota. SmogHog® PSH toimii kuten mikä tahansa normaali sähkösuodatin. Sähkövarauksen avulla ilmassa olevat öljysumuhiukkaset ja muut epäpuhtaudet saadaan kiinnittymään keräyslevyn pinnalle, josta ne voidaan poistaa. SmogHog® PSG on suunniteltu erityisesti teollisuuslaitoksen poistokaasujen puhdistukseen. Siinä keräyslevyt on sijoitettu lähemmäksi toisiaan, jolloin sen keruuteho on suurempi. PSH- ja PSG-mallit on esitetty kuvassa 16.



KUVA 16. SmogHog® PSH ja PSG (UAS, 2012)

Kattoon kiinnitettävä versio SmogHog®-suodattimesta on suunniteltu, jotta tehtaan lattiatilaa säästettäisi. Kattoon kiinnitettävät SHN- ja SG-mallit toimivat ikään kuin ilmastointilaitteet. SHN-malli pystyy käsittelemään ilmavirtoja välillä 17-145 m³/h.

(UAS, 2012)

SHN-malli voidaan asentaa joko laitoksen ilmastoinnin yhteyteen, erikseen laitoksen kattoon tai suoraan koneistoon. SG-malli käsittelee ilmavirtoja välillä 60-250 m³/h. Se voidaan asentaa ilmastoinnin yhteyteen tai erikseen laitoksen kattoon. SHN- ja SG-mallit on kuvattu kuvassa 17.

(UAS, 2012)



KUVA 17. SmogHog® SHN ja SG (UAS, 2012)

UAS valmistaa SmogHog®-suodattimesta myös siirrettävää PCN-mallia. PCN-mallissa on SmogHog®-suodatinjärjestelmä ja sen ilmanotto tapahtuu putken kautta, jossa on kääntövarsi. Se on hyvä ratkaisu, jos tarvitaan tarkkaa pölyn tai öljysumun poistoa tietyltä alueelta tai jos työpiste vaihtuu usein. PCN-mallin kapasiteetti on 20-30 m³/h. SmogHog® PCN on kuvattu kuvassa 18.

(UAS, 2012)



**Smog-Hog PCN:
Portable Electrostatic
Precipitator Mist Collector**

KUVA 18. SmogHog® PCN (UAS, 2012)

4.3 Balcke-Dürr

Balcke-Dürr on osa SPX-korporaatiota. Balcke-Dürr valmistaa sähkösuodattimia teollisuuden käyttöön. Muita SPX:n tuotteita ovat lämmönvaihtimet ja voimalaitosten eri osiin tarkoitetut laitteistot.

4.3.1 Bi-Corona®-suodatin

Sähkösuodatinten osalta Balcke-Dürrin päätuote on Bi-Corona®-sähkösuodatin. Se on erityisesti suunniteltu käytettäväksi hiilivoimalaitoksien savukaasujen puhdistukseen. Bi-Corona®-suodatin tarjoaa suuren erotusasteen (99,995%) pienellä tehonkulutuksella (0,1-0,5 kWh/1000m³), ja se soveltuu erityisesti hienon pölyn poistoon. Bi-Corona®-suodattimen prototyyppiä testattiin ruskohiiltä käyttävän voimalan ohitusvirtauksen yhteydessä, ja suodatin täytti kaikki odotukset. Tulevaisuudessa Bi-Corona®-suodatinta kokeillaan myös kivihiilivoimaloihin. Bi-Corona®-suodatin on kuvattu kuvassa 19.

(Balcke-Dürr, 2012)



KUVA 19. Balcke-Dürrin Bi-Corona®-suodatin (Balcke-Dürr, 2012)

5 LOPPUTULOKSET JA PÄÄTELMÄT

Suodattimia käytetään monissa eri prosesseissa ja moniin eri käyttötarkoituksiin, mutta prosessin laadun hyvänä pitämisen kannalta suodattimet ovat hyvin tärkeitä. Joissakin tapauksissa suodatus on prosessi itsessään, joskus taas suodattimia tarvitaan vain, jotta prosessissa käytettävä paineilma pidetään puhtaana.

Prosessin tarpeet ja kustannukset määrittävät minkä tyyppinen, kuinka tehokas ja minkä kokoinen suodatin on tarpeen. Suodattimia voidaan valmistaa käytännössä missä kokoluokassa tahansa, ja silti niiden toimintaperiaate voi olla täysin sama.

Suodattimen valinnassa oleellisinta on se, mitä ominaisuuksia siltä vaaditaan. Suurin hiukkaskoko on tärkeässä osassa juuri tässä vaiheessa. Muita asioita voivat olla prosessissa esiintyvät korkeat lämpötilat tai paineet. Myös suodatettava materiaali voi luoda haasteita. Suodatettavana voi olla erilaisia kemikaaleja tai korrosiivisia aineita. Tällöin on tärkeää, että valitaan oikeasta materiaalista valmistettu suodatin. Joskus suodatinmateriaali voidaan myös päällystää, jotta se suojataan haitallisilta aineilta.

Suodatinmateriaali voi vaikuttaa myös suodattimen toimintaan. On siis otettava myös huomioon, mikä materiaali sopii kyseisen aineen suodattamiseen parhaiten, ja mikä tekee sen tehokkaimmin. Painehäviö ja tehonkulutus on minimoitava, jotta suodatusprosessi on mahdollisimman kustannustehokas.

Kaikki nämä asiat vaikuttavat suodatusprosessista syntyviin kustannuksiin, ja sen perusteella päätös siitä, millaista suodatinta käytetään yleensä tehdään.

LÄHTEET

Atlas Copco Finland. DD, DDp, PD, PDp, QD filters (standard and high pressure). Luettu 2012. http://www.atlascopco.fi/Images/2935%200932%2041_tcm822-1626894.pdf

Balston. Balston Coalescing Compressed Air Filters. Luettu 2012. http://www.balstonfilters.com/compressed_air_filters.html

Donaldson. Air Cleaner Systems with PSD PowerCore® Filtration Technology. Luettu 2012. <http://www.emea.donaldson.com/en/compressor/support/datalibrary/055804.pdf>

Donaldson. Compressor Air Cleaner Systems with PCD PowerCore® Filtration Technology. Luettu 2012. <http://www.emea.donaldson.com/en/compressor/support/datalibrary/049951.pdf>

Herding. Filter Units. Luettu 2012. <http://www.herding.de/en/products/dust-collection/filter-units.html>

Herding. Filter Media. Luettu 2012. <http://www.herding.de/en/products/dust-collection/filter-media.html>

Pall. Pall® Membralox® Ceramic Membranes and Modules. Luettu 2012. <http://www.pall.com/pdfs/Microelectronics/PIMEMBRAEN.pdf>

Rippert. Inline Filters. Luettu 2012. <http://www.rippert.de/en/entstaubung/inline-filters/>

Rippert. Round Filters. Luettu 2012. <http://www.rippert.de/en/entstaubung/rundfilter/>

Rippert. Compact Filters. Luettu 2012. <http://www.rippert.de/en/entstaubung/kompaktfilter/>

Sartorius. Membrane Filters. Luettu 2012. <http://www.sartorius.com/en/products/laboratory/filters/membrane-filters/>

Hamon-Research Cottrell Inc. Electrostatic Precipitators. Luettu 2012. <http://www.hamonusa.com/hamonresearchcottrell/products/esp>

United Air Specialists Inc. Smog-Hog/Mist Collectors. Luettu 2012. <http://www.uasinc.com/MistCollectors.aspx>

Balcke-Dürr. Bi-Corona®. Luettu 2012. http://www.balcke-duerr.com/index_en.php?level=1&CatID=57&inhalt_id=1048&shop_level=4&shop_CatID=95.97.106.113&shop_inhalt_id=0

LIITTEET

Liite 1. Ohjaajan antama taulukko

1(6)

Yhtiön nimi	Erikoisala	Käyttökohde	Tekniset tiedot			
			Erotusaste %	Suurin hiukkaskoko µm	Painehäviö bar	Tehonkulutus kWh/1000 m ³
Anag	pussisuodattimet	Elintarvike-, sementti- ja kone-teollisuus	95-99,85	0,00008	0,004-0,008	1
Anselm	suodatuslaatat	Ilmanvaihtosuodattimet	65-90	1-10		
	rengassuodattimet	Ilmanvaihtosuodattimet	65-90	1-10		
Apparatebau Rothemühle	paineilmakäyttöiset	Savusumupuhdistus	99,98	0,1-100	0,015	
	pussisuodattimet					
Arboga	öljysumun erotus	Sorvaamot, hiomot	97			
Atex-Filter	leijuainesuodattimet	Teollinen ilmanpuhdistus	45-99,999	0,3		
Atlas Copco	paineilmasuodattimet	Elintarvike-, kone- ja kemianteollisuus	99,9	0,003	0,08	
AVK	tehokas pölynpoisto	Teollinen ilmanpuhdistus, kuiva pöly	99,995	0,01-100	200-1000Pa	alhainen
Azet	rullanauhasuodattimet	Teollisuus ja ilmastotekniikka	55-99	0,1-500	0,15-0,5	0,15
AZO	paineilmasuodattimet	Kemian-, elintarvike- ja muoviteollisuus	99,999	1-20000	5-10 mbar	
Balston	kertakäyttösuodattimet	Analyysilaitteet	100	0,3		
vom Baur	vuodontestauslaitteet	Yleiskäyttöön				
BMD-Garant	pintasuodattimet	ilma- ja pölytekniiikan alalle				
Brehme	pussisuodattimet	kaikille aloille	85-96	50-5		
Bühler AG	pussisuodattimet	kemian- ja metalliteollisuus				
Contec	patruunasuodattimet	lääketeollisuus	93-99,999	0,1-25	0,15	
Didier-Filtertechnik	patruunasuodattimet	Kemianteollisuus	99,9	0,3	0,001-3	
Donaldson	jatkuvatoimiset suodattimet	Elintarvike- ja kemianteollisuus	99,97-99,9	0,5-100	5-10 mbar	0,2-0,4
DS-Filtrationstechnik	öljynerotusuodattimet	Kompressoitujen kaasujen esikäsitteily	99,99	5000		0,1
3 M Deutschland	Filtrete® -ilmansuodattimet	lujien partikkeleiden suodatus	93-99,999	>0,3		
Ecoair	paineilmasuodattimet	paineilma ja kaasut teollisuudessa	99,99	0,01-3	0,03-0,09	
Engels	Jet-Filter					
ESA	kiinteän ja kaasun erotus	yleisteollisuus				
EWK	patruunasuodattimet	kuiva pöly				
Fasse-Filter	pussisuodattimet	hiilivoimat, sementtiteollisuus	-99	1		
Festo	paineilmakäsittely	konepajat, prosessitekniikka	-99,999	0,01		
Filterwerk M + H	imuilmansuodattimet	mootorit, työkoneet	≥99,9	1	≤0,02	
Filtra	vuotokoelaitteistot	kemianteollisuus	<99			
Govoni	pölynpoisto	teollisuuden pölynpoisto-ongelmiin				
Heinz Fischer	Mehrstufen-Ilmansuodatin	Ilmastointilaitteet	80-99,99	20-0,05	0,01	0,3
Fläkt ind. -Anlangen	pussisuodattimet	lämmitys, kemia	-99,99	0,01	8-15 mbar	0,25-6
Freudenberg Viledon	pussisuodattimet	konepajat, kemianteollisuus	80-99,99	20-0,5	20-170 Pa	
Handte	pussisuodattimet		99,99	<1	0,02	1,5
Harnisch	patruunasuodattimet	ilma, kaasu/kemianteollisuus	90-99,99	<1-1000	0,005-0,2	
Helsa-Werke	aktiivihiihluosuodattimet	ilmanpuhdistus, seossuodatus	99,99	0,3		0,5
Herding	sinterilamellisuodattimet	hienosuodattimet	<1 mg/Nm ³			
Hoffmann-Filter Lengede	öljysumun erotus	elintarviketekniikka	99,997	0,3		0,5
Hosokawa MikroPul	hienopölysuodattimet	kaikille aloille	99-99,99	<0,1->50	8-12 mbar	
Hürner	Adsorptioilmansuodattimet	Elintarvike- ja kemianteollisuus				
Huhn	suodatinputket	viljankäsittely, hiomapöly				
ILT	hitaussavansuodattimet	Metalliteollisuus	99,99	<0,01 mm		
Infastaub	pussisuodattimet	kaikille aloille	99,9	1-	0,008-0,01	1
ISI	öljyemulsiosumusuodatin	Metalliteollisuus	>98	>0,01		0,28
Jesma-Matador	pussisuodattimet	kaikille aloille	95-99	>5 mm	0,005-0,015	
Keller Lufttechnik	pussisuodattimet	teollisuuden pölynpoisto-ongelmiin				
Otto Klein	patruunasuodattimet	kaasunkäsittely	99,5	2-10	5	
Koch Verfahrenstechnik	pölysuodattimet	puu, metalli	99,99	<0,001	0,015	0,2-0,3
KPM Königl. Porzellan	keraamiset suodatinlaitteet					

Yhtiön nimi	Erikoisala	Käyttökohde	Tekniset tiedot			
			Erotusaste %	Suurin hiukkaskoko µm	Painehäviö bar	Tehonkulutus kWh/1000 m ³
Krapf & Lex	Pussisuodattimet	puunjalostus	99,5	>5	1 mbar	0,45
KS Klima-Service	Pussisuodattimet	pöly, savu, höyry	65-99,999	0,01-80	0,001-0,01	
Laurin	pölynpoistosuodattimet					
List	Pussisuodattimet	kemian- ja elintarviketeollisuus				
Locker Air-Maze	öljysumunpoisto	kompressorit, kaasuturbiinit	97,5-99,96	-2	0,003-0,008	
LTG	rumpusuodattimet	kuidut ja pöly, tekstiiliteollisuus				
Lufttechnik Bayreuth	kalvosuodattimet	fluori- ja hiilivedyt	-99,9	<1	15	
LWK	Pussisuodattimet	kaikki kiintoaine	90-99,9	1-1000	6-30 mbar	0,8-1,0
Mahle	pölynpoistolaitteet	hydrauliikka,				
Marchel	Patruunasuodattimet	Maakaasu, ilma, tekniset kaasut	85-96	50-5		
Markert	Pussisuodattimet	erottimet				
MAV	Ilmansuodatinmatot	värisumu	20-100	0,1-100	0,001	0,1
Mehrer	Paineilmasuodattimet	Ilman- ja kaasunpuhdistus	99,99	1-0,01	0,001	
Memcor Filtertechnik	Putkisuodattimet	Prosessikaasut, kemia	-99,6	touko.80	0,1bar	
Millipore	Kalvosuodattimet	Kaasujen/ilman sterilisointi	100	0,05-10	0,25	
Molter	Hienosuodattimet	Metallit, öljy, öljysumu	99,9	0,01-50		
Norgren-Martonair	Paineilmasuodattimet		-99,9	0,01-50	0,3	
NSW-Umwelttechnik	Sumunerottimet	happosumu, öljysumu, aerosolit	>99	<0,1->10	30mbar	
Nunc	Ilmansuodattimet	Mikrobiologia, laboratoriot	-99,999		10-2000Pa	
Pall	Partikkelisuodattimet	Lääketeollisuus, mikrobiologia	<0,001ppn	0,01-700	170mbar	
Parker Hannifin	Paineilmasuodattimet	Teollisuuteen	-99,99	93-150	-0,48	
Pressluft Zentrale Teichmann	Paineilmasuodattimet	kaikille aloille	-99,998	0,1-0,005	0,004-0,008	
R + B Filter	Leijuainesuodattimet	pölynpoistotekniikka	99,97	>0,1	0,008	
Rippert	Suodatinlaitteistot	Teollisuuteen				
Sartorius	Sterilit alueet	Lääketeollisuus, mikrobiologia		0,02-10	10-200mbar	
Sata Farbspritztechnik	Paineilmasuodattimet	Paineilmatekniikka	-99,9998	-0,01		
Schleicher & Schüll	Näytteenottolaitteet	Ilma ja kaasut, sterilisointi	-99,99	0,3-0,5	50mbar	
Schmidt, Kranz	Patruunasuodattimet	Metalliteollisuus	99,5	0,1	-0,012	0,75
Schröter	Leijuainesuodattimet	Teollisuuden poistokaasut	48-100	0,01-100	0,01	
Schumacher	Partikkelisuodattimet	Paineilman/kaasujen puhdistus	99,99	0,3-0,5	50mbar	
Siétam	Adsorptiosuodattimet	Kemia, kaivostoiminta	98-99,82	0,05-400	0,062	
SMC	Teollisuuspneumatiikka	kaikille aloille	97-99,99	0,01-5		
Staubex	Adsorptiosuodattimet	Keramiikka, kemianteollisuus	-99,5	1-10000	0,025-0,2	0,9-7
Steinhaus	Suodatinputket	kemian- ja elintarviketeollisuus				
Steitz	Patruunasuodattimet	Terästeollisuus	97-99,99	helmi.20	0,004-0,2	0,3-1,4
Stork Friesland	Putkisuodattimet	elintarviketeollisuus	80-99	helmi.50	0,02	0,6
Tamfelt	Suodatinputket	kemianteollisuus				
Trema	Pussisuodattimet	pölynpoistotekniikka				
ts-Systemfilter	Täry- ja huuhtelusuodattimet					
turbofilter	Paineilmasuodattimet	kaikille aloille	99,9999	-0,001	-0,2	
ultrafilter	Suurtehosuodattimet	Paineilma, kaasut, puhdistus	99,9999	-0,01	-5	
Venti-Oelde	Putkisuodattimet	Metalliteollisuus	90-99,999	0,01-100	0,01-0,014	0,7
Voigt	Putkisuodattimet	kuiva pöly	-99,99	0,1	0,01	
Walther & Cie	Putkisuodattimet	Poistokaasujen pölynpoisto	99,9	1-100	0,015-0,02	0,3-0,45
Wibau	Putkisuodattimet	Asfaltinvalmistus	99,9-99,99	10-150	0,01-0,015	1,8
Wiesinger	Ilmatekniset laitteet	Kovat aineet, aerosolit, kaasut				
Woku	Suodatinputket		-99,9			
Wolftechnik	Pussisuodattimet	Ilma, tekniset kaasut				

Yhtiön nimi	Erikoisala	Käyttökohde	Tekniset tiedot			
			Erotusaste %	Suurin hiukkaskoko µm	Painehäviö bar	Tehonkulutus kWh/1000 m ³
Apparatebau Rothemühle	Kuivasähkösuodattimet	Palokaasut	85-99,99	0,1-5000	0,001-0,002	0,1-0,6
Gottfried Bischoff	Suurtehosuodattimet	kaikille aloille	80-99,99	0,1-1000	0,0015-0,005	0,1-0,6
Ceilcote	ionisoiva vesipesu	vulkanisaatio	90-99,9	<1	0,01	0,1-0,2
Climaria	kompaktit laitteistot	öljysumu, aerosolit	87,5-99,9	0,01-10	0,0005	0,18
Deutsche Babcock Anlagen	kuiva- ja märkäsuodattimet	kemianteollisuus				
EWK	kuiva- ja märkäsuodattimet	ruskahiili, öljysumu	99,95	>0,5	2-3 mbar	
Fläkt Industrie-Anlagen	horisontaalikuivasuodattimet	jätteidenpoltto	-99,9	-0,1	1,5-2,5 mbar	0,3-0,7
Heraeus Künzer	pölynäytesekoittimet	päästöjen mittaus	99	0,1-10		550 VA
Hobi-Filtertechnik	sähköstatiikkasuodattimet	öljysumu	90-99,9	5-0,01	120-360 Pa	25
Hokosawa MikroPul	terva- ja märkäsuodattimet	metalliteollisuus	-99,8	0,5-100	0,0025	0,345
ILT	myrkykaasujen suodatus	öljysumu, myrkyt	92-99,5	min. 0,3	12 mm WS	ca. 0,5
KHD	sähkösuodattimet	kemia, hiili	-99,99	<1 µm	2-4 mbar	0,1-0,3
KWW	paineilmasuodattimet	paineilma	-99,9		0,2	
Molter	sähköstatiikkasuodattimet	hienopartikkelit				
Möller	sähkösuodatinpölyn poisto	hienorakeinen, mineraalirikas aine				
Research-Cottrell	horisontaalisähkösuodattimet	hiilikattilat, teollisuuden kaasut		5-500	ca. 20-30	
UAS	SmogHog®-sähkösuodattimet	öljysumu, savusumu	90-99,9	0,01-5	120-360 Pa	50W/2000m ³
Walther & Cie	kuiva- ja märkäsuodattimet	energiatalous, kemia	-99,995	>0,1	0,001-0,003	0,1-0,5
Wiesinger	ilman puhtaanapito	aerosolit, sumut, kaasut				

Rakenne												
Cotrell-sähkösuodatin	Sähköinen nokierotin	Kuumailmasähkösuodatin	Horisontaalisähkösuodatin	Märkäsähkösuodatin	Levysähkösuodatin	Pulssisähkösuodatin	Palokaasusähkösuodatin	Putkisähkösuodatin	Tervasähkösuodatin	Trion-sähkösuodatin	Kuivasähkösuodatin	Vertikaalisähkösuodatin
	X	X	X		X	X	X		X		X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
				X								
X			X		X							
		X	X	X	X	X	X	X			X	X
X		X	X	X	X		X	X	X		X	X
	X	X	X	X	X	X	X				X	
							X					
			X		X						X	X
			X	X	X				X		X	
			X		X							
		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
X		X	X		X		X				X	
			X		X						X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
	X		X	X	X				X	X	X	X