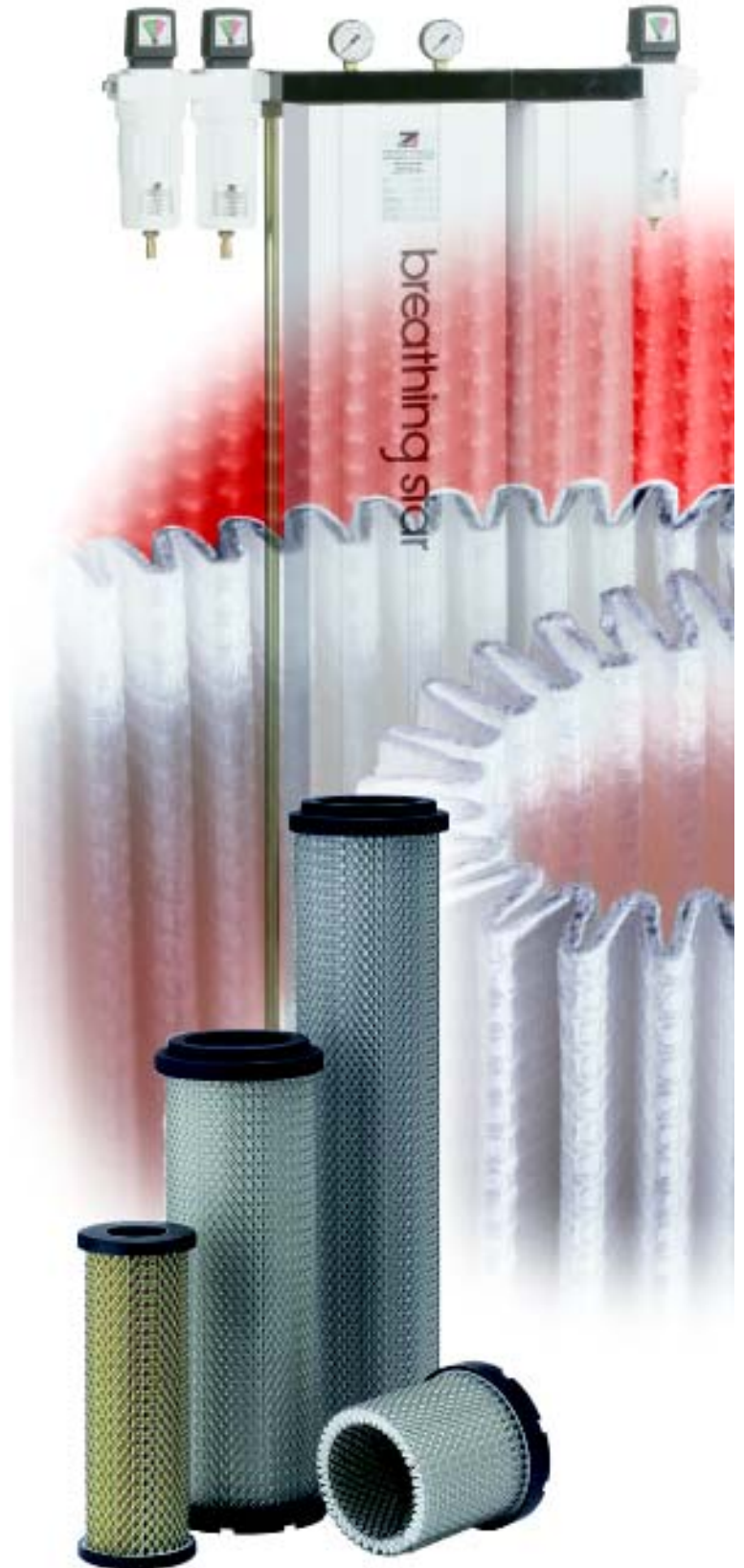


Paineilman suodatus  
ja kuivaus

**TAMROTOR**  
KOMPRESSORIT OY



### Imuilman laatu

Kompressorin imuilman mukana painejärjestelmään joutuu imuolosuhteista riippuen vaihteleva määrä kiinteitä epäpuhtauksia kuten luonnon, liikenteen ja teollisen tuotannon tuottamaa pölyä ja teollisuusalueilla esiintyviä kaasuja, kuten hiili- ja rikkihiilivetyjä. Osa kiinteistä epäpuhtauksista voidaan välttää kompressorien imupaikan tarkalla valinnalla ja ilmastointikanaviin asennettaviin mattosuodattimien. Imusuodatuksen käyttökustannuksista johtuen ei ole kannattavaa pyrkiä suurempaan suodatustehoon kuin 5-10 µm, joka on useimmiten riittävä poistamaan 95 % imuilman kiinteistä epäpuhtauksista.

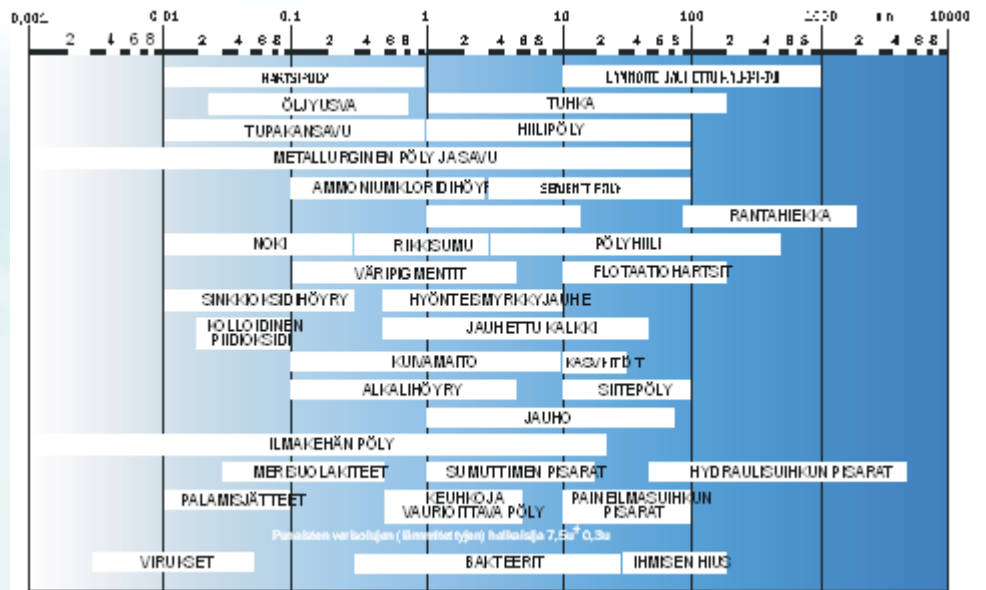
Kompressorin imusuodattimien ensisijainen tarkoitus on suojella kompressoria epäpuhtauksien aiheuttamasta jäähdytysöljyn likaantumisesta ja kompressorin komponenttien ennenaikaisesta kulumisesta. Paineilman laadun kannalta katsoen on merkittävää että imusuodattimet kykenevät poistamaan vain 20 % partikkelien lukumäärästä niiden hienojakoisuuden vuoksi. Normaali teollisuuspainemaalma sisältää 140 miljoonaa erilaista kiintoaine- ja nestepartikkelihukkasta kuutiometriä kohden, riippumatta siitä, minkälaisella kompressorilla painemaalma on tuotettu.

### Paineilman puhtaus

Paineilman puhtauteen vaikuttaa suuresti tuotetun paineilman kosteus. Kosteus ja vesi aiheuttavat paineilmaputkistossa ja paineilmaa käyttävissä laitteissa merkittäviä käyntihäiriöitä ja kasvavia kunnossapitokustannuksia. Paineilman kuivaus suoritetaan yleisimmin keskitetysti paineilma-keskuksessa, kaikelle tuotetulle paineilmalle.

Imuilma ja paineilman jakelujärjestelmän aiheuttamista syistä johtuen, täysin puhdas paineilmaa ei ole olemassa, vaikka se olisi kuivattu ja tuotettu ns puhtasilmalla, tai öljyvapaalla kompressorilla. Kun halutaan varmistua riittävästä puhtausasteesta tulee paineilma hienosuodattaa mahdollisimman lähellä käyttökohdetta, ja näin eliminoida

### Ilmakehässä esiintyvien tyyppisten partikkelien kokajakautuma



Paineilmassa esiintyvät yleisimmät epäpuhtaudet ja niiden alkuperä

Ilmakehästä	Vesihöyryä, vettä, aerosoleja, kaasuja, pölyä, bakteereita, sieniä, homeita
Kompressorista	Öljyä ja öljyhöyryjä
Putkistosta	ruostetta ja asennusjätteitä, vettä, asennusjätteitä, bakteereja, sieniä ja homeita
Suodattimista ja laivaimista	kuivausaine-pölyä, kuituja

Ilmakehässä esiintyvien kiinteiden partikkelien määrä ja pitoisuudet eri ympäristöissä.

Alue	Raja-arvot g/m <sup>3</sup>	Keskimääräinen pitoisuus g/m <sup>3</sup>
Raskasteollisuus	0,05 - 1,0	0,2
Teollisuusalue	0,02 - 0,5	0,1
Kaupunki	0,01 - 0,1	0,03
Maaseutu	0,005 - 0,05	0,015

Ilman pölypitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti eri alueilla, riippuen harjoitettavan teollisuuden laadusta, alueella tehtävistä maansiirtotöistä, tuulensuunnasta jne.

### Paineilman kosteus

Ilmakehän luonnollinen osa on vesihöyry, ja luonnosta peräisin olevat kaasut kuten metaani, etaani jne. Ilmassa olevan vesihöyryn määrä riippuu kulloinkin vallitsevasta suhteellisesta kosteudesta ja ilman lämpötilasta.

Kompressorin puristaessa ilmaa korkeampaan paineeseen/ pienempään tilavuuteen puristetun ilman lämpötila ja vesihöyrypitoisuus nousevat jyrkästi. Kompressorin joutuva vesihöyry ei tiivisty kompressorissa koska paineilmaa puristettaessa sen lämpötila nousee jyrkästi ja ilman kyky pitää vettä höyryn muodossa kasvaa. Jotta paineilman laatu täyttäisi minimi-vaatimukset, tulee paineilma aina jälkijäähdyttää. Jäähdyttimessä paineilman lämpötila alenee menetelmästä riippuen +10°C..35°C:een.

Jäähdytyksen ansiosta paineilma tiivistyy lämpötilan muutoksen edellyttämä vesimäärä. Jäähdytyksen seurauksena paineilman suhteellinen kosteus nousee 100%:iin. Mikäli paineilman lämpötila laskee putkistossa alemmaksi kuin jälkijäähdyttimellä aikaan saatu loppulämpötila, paineilman sisältämä vesihöyry tiivistyy nestemäiseksi vedeksi.

## Paineilman vesisisältö

Kompressorin imuilman sisältämä vesihöyryn määrä on riippuvainen ilman lämpötilasta ja vallitsevasta suhteellisesta kosteudesta. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihtelut aiheuttavat suuria vaihteluita paineilmajärjestelmään kertyvän veden määrään ja paineilman kuivauslaitteiden kuormitukseen.

Paineilman jakelujärjestelmään kulkeutunut vesi ruostuttaa paineilman jakeluputkiston, pilaa työkalujen voitelun, aiheuttaa suurimman osan pneumaattisten laitteiden ja instrumentoinnin toimintahäiriöistä ja voi saada aikaan tuotannon menetyksiä ja tuotteiden laatuvirheitä. Paineilmaa käytettäessä ulkotiloissa, putkistossa oleva vesi jäätyy ja aiheuttaa laitteiden toiminnan pysähtymisen.

Ellei paineilmaa kuivata, putkistoon joutuvat vesimäärät ovat huomattavia esim. 20 m<sup>3</sup>/min. tuottava kompressorilaitos voi yhden vuorokauden aikana tuottaa 50 litraa vettä paineilmajärjestelmään, mikäli tuotettavan paineilman lämpötila jälkijäähdyttimen jälkeen on 30°C ja sen lämpötila laskee verkostossa +20°C.

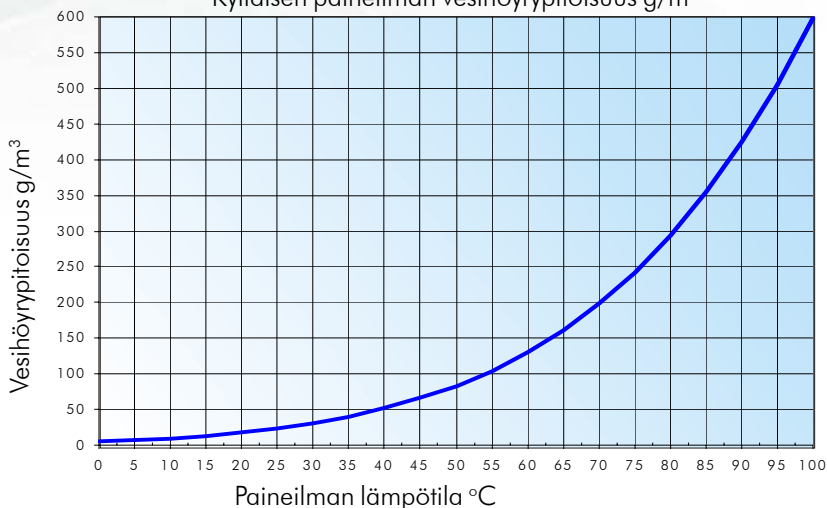
Laskettaessa esim. kompressorin imuilman mukana joutuvaa vesihöyryn määrää, tulee taulukon arvot kertoa vallitsevalla suhteellisella kosteudella. Yleisimmän laskennassa käytetty suhteellinen kosteus (RH) on 60-80%.

Kompressorin jälkijäähdyttimen jälkeen, paineenalaisen paineilman suhteellinen kosteus on lähes poikkeuksetta n 100%.

## Kylläisen ilman vesihöyrymäärä g/m<sup>3</sup>

Lämpötila °C	Vesihöyrysisältö g/m <sup>3</sup>	Lämpötila °C	Vesihöyrysisältö g/m <sup>3</sup>	Lämpötila °C	Vesihöyrysisältö g/m <sup>3</sup>	Lämpötila °C	Vesihöyrysisältö g/m <sup>3</sup>	Lämpötila °C	Vesihöyrysisältö g/m <sup>3</sup>
+100	598	+60	130	+20	17.3	-20	0.884	-60	0.0110
+99	578	+59	125	+19	16.3	-21	0.805	-61	0.0096
+98	559	+58	119	+18	15.4	-22	0.734	-62	0.0084
+97	540	+57	114	+17	14.5	-23	0.668	-63	0.0074
+96	522	+56	109	+16	13.6	-24	0.608	-64	0.0064
+95	505	+55	104	+15	12.8	-25	0.552	-65	0.0056
+94	487	+54	99.8	+14	12.1	-26	0.502	-66	0.0049
+93	471	+53	95.4	+13	11.4	-27	0.455	-67	0.0043
+92	455	+52	91.1	+12	10.7	-28	0.413	-68	0.0037
+91	439	+51	87.0	+11	10.0	-29	0.374	-69	0.0032
+90	424	+50	83.1	+10	9.40	-30	0.339	-70	0.0028
+89	409	+49	79.3	+9	8.82	-31	0.306	-71	0.0024
+88	394	+48	75.6	+8	8.27	-32	0.277	-72	0.0021
+87	380	+47	72.1	+7	7.75	-33	0.250	-73	0.0018
+86	367	+46	68.7	+6	7.26	-34	0.225	-74	0.0016
+85	354	+45	65.5	+5	6.80	-35	0.203	-75	0.0013
+84	341	+44	62.4	+4	6.36	-36	0.183	-76	0.0011
+83	328	+43	59.4	+3	5.95	-37	0.165	-77	0.00098
+82	316	+42	56.6	+2	5.56	-38	0.148	-78	0.00084
+81	305	+41	53.8	+1	5.19	-39	0.133	-79	0.00072
+80	293	+40	51.2	0	4.85	-40	0.119	-80	0.00061
+79	282	+39	48.7	-1	4.48	-41	0.107	-81	0.00052
+78	271	+38	46.3	-2	4.14	-42	0.0957	-82	0.00044
+77	261	+37	44.0	-3	3.82	-43	0.0857	-83	0.00038
+76	252	+36	41.8	-4	3.52	-44	0.0766	-84	0.00032
+75	242	+35	39.6	-5	3.25	-45	0.0684	-85	0.00027
+74	223	+34	37.6	-6	2.99	-46	0.0610	-86	0.00023
+73	223	+33	35.7	-7	2.75	-47	0.0543	-87	0.00019
+72	215	+32	33.8	-8	2.53	-48	0.0483	-88	0.00016
+71	206	+31	32.1	-9	2.33	-49	0.0430	-89	0.00014
+70	198	+30	30.4	-10	2.14	-50	0.0382	-90	0.00011
+69	190	+29	28.8	-11	1.96	-51	0.0339	-91	0.00010
+68	183	+28	27.2	-12	1.80	-52	0.0301	-92	0.000080
+67	175	+27	25.8	-13	1.65	-53	0.0266	-93	0.000067
+66	168	+26	24.4	-14	1.52	-54	0.0235	-94	0.000055
+65	161	+25	23.1	-15	1.39	-55	0.0208	-95	0.000046
+64	155	+24	21.8	-16	1.27	-56	0.0183	-96	0.000038
+63	148	+23	20.6	-17	1.16	-57	0.0162	-97	0.000032
+62	142	+22	19.4	-18	1.06	-58	0.0142	-98	0.000026
+61	136	+21	18.3	-19	0.968	-59	0.0125	-99	0.000021

## Kylläisen paineilman vesihöyrypitoisuus g/m<sup>3</sup>



### Kastepiste

Paineilman kosteussisällön määrittämänä käytetään kastepistelämpötila-arvoa (°C), joka määrittelee lämpötilan jossa vesihöyryn kondensoituminen nestemäiseen muotoon alkaa. Kastepistearvo on sitä korkeampi mitä enemmän paineilmassa on vesihöyryä. Kastepistelämpötila ilmoitetaan yleensä siinä paineessa jossa paineilmaa käytetään.

Jos mitattu paineilman kastepiste on +2°C 7 bar ylipaineessa (8bar abs) (vesihöyry määrä on siten 4.14g/m<sup>3</sup>). Jos paineilman painetta alennetaan esim ympäristön paineeseen (1 bar abs), pienenee paineilman vesisisältö kuutiometriä kohden 8-osaan.

Esim:

$$\frac{4.14}{8} = 0,518 \text{ g/m}^3$$

Yllämainittu vesihöyry määrä vastaa kastepistettä (taulukko) n -25,5°C. Tämä tarkoittaa sitä että vesihöyry ei (1 bar abs) paineessa tiivisty nestemäiseen muotoon ennen kuin kastepistelämpötila on saavutettu.

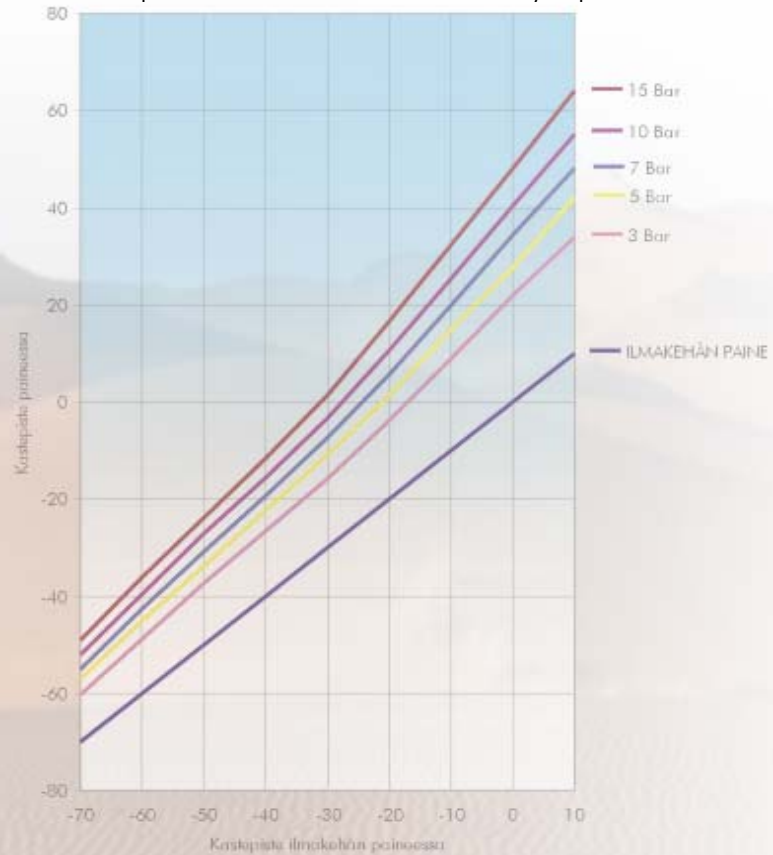
Kastepisteen muuntotaulukon avulla on mahdollista takastella kastepisteen muutosta, tilanteissa jossa esim. paineilma verkostosta otettavan ilman painetta alennetaan joillekin käyttökohteille. Käyrästöstä ilmenee että alennettaessa painetta, ilma laajenee, sen suhteellinen vesimäärä kuutiometriä kohden pienenee, jolloin kondensoitumislämpötila (kastepiste) laskee.

### Jälkijäähdytys

Paineilman jäähdytyksellä vaikutetaan käsiteltävän paineilman vesisisältöön, ja siten kastepisteeseen. Edullisin ja yleisin menetelmä on paineilman jäähdyttäminen heti kompressorin jälkeen, ja kondensoituneen veden erottaminen paineilmasta. Jälkijäähdyttimet kuuluvat nykyisin lähes kaikkien teollisuudessa käytettävien kompressorien vakivarusteisiin.

Jälkijäähdytyksen avulla paineilman kastepiste alenee huomattavasti, mutta jäähdyttimestä poistuvan paineilman suhteellinen kosteus on lähes poikkeuksetta 100%.

Kastepisteen muuntotauluko eri käyttöpainuille



### Ilmajäähdytteiset jälkijäähdyttimet

Ilmajäähdytteiset jälkijäähdyttimet ovat ratkaisu paineilman jäähdytykseen, silloin kun jäähdytysvettä ei ole saatavilla, tai sen käyttö jäähdytystarkoituksiin on epätaloudellista. Jäähdyttimissä on omalla puhaltimella ja sähkömoottorilla varustettu jäähdytyskenno ja siihen liitetty vedenerotin. Jäähdyttimellä aikaansaatu jäähdytystulos on normaalisti n. 10-12°C korkeampi kuin jäähdytysilman lämpötila.



### Vesijäähdytteiset jälkijäähdyttimet

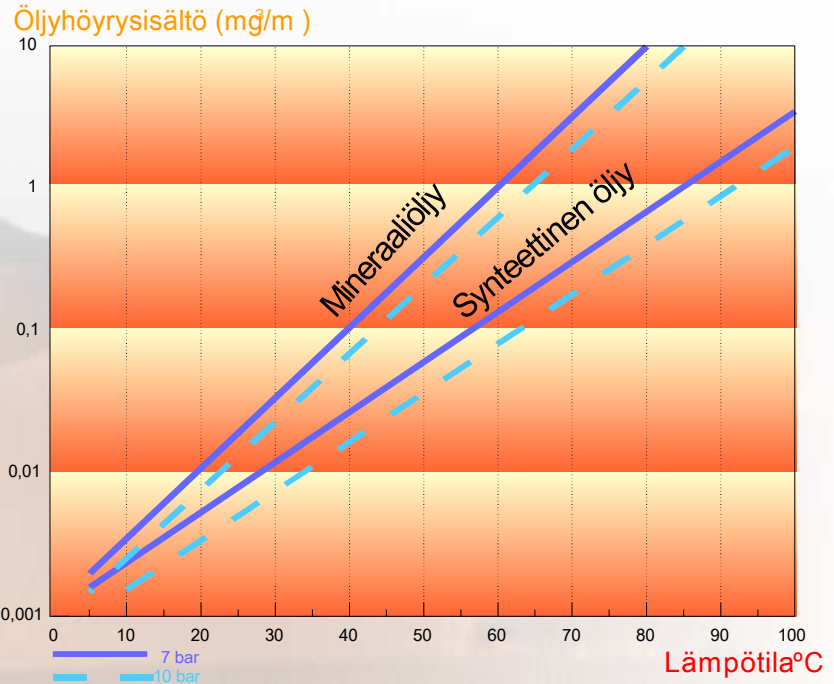
Vesijäähdytteiset jälkijäähdyttimet ovat normaalisti tuubiputki-rakenteisia lämmönvaihtimia, joissa vesi kulkee vaipassa ja jäähdytettävä paineilma kulkee putkissa. Jälkijäähdyttimiä on saatavissa eri materiaaleista valmistettuina ja kiinteillä, -tai avattavilla putkipattereilla varustettuina. Vesijäähdytteisillä jäähdyttimillä aikaansaatu jäähdytystulos on normaalisti n. 8-10°C korkeampi kuin syötettävän jäähdytysveden lämpötila.



### Paineilman öljypitoisuus

Paineilmaa puristettaessa, pieni osa kompressorin voiteluöljystä kulkeutuu hienona sumuna kompressorin öljynerotuslaitteiston lävitse. Kompressorin öljynkulutukseen vaikuttaa kompressorin ikä, kunto, kuormitusaste, käyttölämpötila ja kompressorin tyyppi.

Paineilman jälkijäähdyttimessä öljysumu emulgoituu paineilmasta tiivistyvän veden kanssa vesiöljyemulsioksi ja aerosoliksi, joiden partikkelikoko on mitattu olevan 0,01-50 µm. Suurin osa 90 % näistä aerosoleista esiintyy 0,01-1 µm kokoisina nestehiukkasina. Nämä aerosolit ovat massaltaan liian keveitä poistettavaksi konventionaalisilla suodattimilla tai mekaanisilla, keskipakoisvoimaan perustuvilla erottimilla. "Öljyvapaatkin" kompressorit voivat imuolosuhteista riippuen tuottaa voimakkaasti hiilivetytietoista paineilmaa.



### Kaasujen öljypitoisuus

Öljyhöyrin maksimimäärä kaasuseoksessa voidaan laskea, kun tiedetään öljyn höyrinpaine ko. lämpötilassa:

Yleisesti:

$$x \text{ (ppm; w/w)} = 10^6 \cdot p_{\text{oil}} \text{ (mmHg)} \cdot M_{\text{oil}} / (p_{\text{abs}} \cdot 760 \cdot M)$$

X = öljyhöyrin massaosuus kaasuseoksessa miljoonasosina

$p_{\text{oil}}$  = öljyhöyrin osapaine vallitsevassa lämpötilassa [ mmHg ]

$M_{\text{oil}}$  = öljyhöyrin molekyylipaino

$p_{\text{abs}}$  = kaasuseoksen absoluuttinen paine [ bar ]

M = kaasuseoksen molekyylipaino

Paineilman sisältämän öljyhöyrin määrä voidaan laskea likikaavalla:

$$x \text{ (mg/m}^3\text{)} = 2,72 \cdot 10^4 \cdot p_{\text{oil}} / p_{\text{abs}}$$

X = öljyhöyrin määrä kaasuseoksessa mg/ m<sup>3</sup>

$p_{\text{oil}}$  = öljyhöyrin osapaine vallitsevassa lämpötilassa [ mmHg ]

$p_{\text{abs}}$  = kaasuseoksen absoluuttinen paine [ bar ]

Öljyhöyrin molekyylipaino n. 500  
Paineilman molekyylipaino n. 29  
Paineilman tiheys n. 1,2 kg/ m<sup>3</sup>

Kompressoreissa käytetyt voiteluöljyt omaavat toisistaan poikkeavia höyrystymismäänsuhteita. Tyypillinen kompressorioiljen molekyylipaino on n.500, ja siitä voidaan johtaa höyrinpaineen ja lämpötilan riippuvuusuhde.

Taulukossa 1 mainitut arvot ovat keskimääräisiä likiarvoja. Taulukon likiarvot ovat kuitenkin riittävän tarkkoja, koska nykyaikaiset öljynerottimet kykenevät poistamaan yli 99,99% kaikesta nestemäisestä öljystä, vaikka suodatettavan kaasun öljypitoisuus vaihtelisi jopa 1000:1.

Taulukko 1  
Öljyhöyrin kondensoitumislämpötila

Öljyhöyrin kondensoitumislämpötila 7 bar abs paineessa °C	Öljyhöyrin pitoisuus (kaasuna) mg/m <sup>3</sup>	Öljysumu- pitoisuus (nestenä) mg/m <sup>3</sup>
20	0,01	19,99
40	0,1	9,9
80	10	0

Taulukko 1  
Öljyhöyrin paine

Öljyhöyrinpaine mm Hg	Keskimäärin mm Hg	Lämpötila °C
10 <sup>-7</sup> ...10 <sup>-5</sup>	5 x 10 <sup>-6</sup>	20
10 <sup>-4</sup> ...10 <sup>-3</sup>	5 x 10 <sup>-5</sup>	40
10 <sup>-2</sup> ...10 <sup>-2</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup>	80



### Paineilmassa esiintyvät öljyjäämät

Öljyä käytetään useimmissa kompressoryhteisissä voitelemaan laakereita, tiivistämään ruuvikompressorin ruuviyksikön välyksiä sekä jäädyttämään, ja kuljettamaan lämpöä kompressorin puristustilasta. Nykyaikaisella ruuvikompressoreilla tuotetun paineilman öljypitoisuus on 1-3 mg/m<sup>3</sup>. Paineilman mukaan joutuva öljymäärä on riippuvainen kompressorin tyypistä, kunnosta sekä suuressa määrin kompressorin käyntilämpötilasta.

Kompressorin puutteellinen jäähdytys, huollon laiminlyöminen ja öljynerotus-suodattimien huono kunto aiheuttavat poikkeuksetta kompressorin öljynkulutuksen lisääntymisen ja tuotetun paineilman öljypitoisuuden nousun.

Oheisesta taulukosta ilmenee että 10m<sup>3</sup>/min tuottava kompressori kuluttaa öljyä 14,4 kg/vuodessa, josta hyvälaatuisen öljynertuksen jälkeen verkostoon kulkeutuu 0,05 kg/vuosi, osan öljymäärästä ollessa kondensoitumattomia hiilivetyä.

Paineilmakeskuksen kuivaus ja suodatuslaitteet poistavat yhteensä 14,35 kg/vuodessa. Poistettu öljymäärä joutuu useimmiten kondenssiveden joukkoon ja asettaa siten vaatimuksia paineilma-keskuksen kondenssiveden käsittelylaitteille.

### Paineilman suodatus

Paineilmakoneiden ja laitteiden jatkuvan ja häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi on ensiarvoisen tärkeää suojella koneita ja laitteita epäpuhtauksilta. Epäpuhtaudet aiheuttavat paineilmaa käyttävien laitteiden kohtuutonta kulumista sekä häiriöitä tuotantoprosesseissa. Häiriötä aiheuttavat komponentit paineilmassa voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

Ilmakehä	Kompressori	Putkisto ja jälkikäsittelylaitteet
Vesihöyry	Öljysumu	Metallit ja ruoste
Pöly ja sienet	Öljyhöyryt	Kuivausain epäily
Kaasut	Hiili tai teflon	Lika ja bakteerit
Bakteerit		Kuidut ja sienet

### Kompressorin öljypäästö, eri käsittelyvaiheiden jälkeen 8000h/vuosi käyntiasteella

Ilman tuotto m <sup>3</sup> /min	Kokonais- öljypäästö 3mg/m <sup>3</sup> kg/v	Jälki- jäähdytin 2mg/m <sup>3</sup> kg/v	Esisuodatin Z 0,1 mg/m <sup>3</sup> kg/v	Öljynerotin X 0,01mg/m <sup>3</sup> kg/v	Kondenssi- veden mukana viemärin kg/v
	Verkostoon	Verkostoon	Verkostoon	Verkostoon	Viemäriin
1	1,44	0,96	0,05	0,0048	1,44
2	2,88	1,92	0,1	0,0096	2,87
3	4,32	2,88	0,14	0,01	4,31
4	5,76	3,84	0,19	0,02	5,74
5	7,2	4,8	0,24	0,02	7,18
6	8,64	5,76	0,29	0,03	8,61
7	10,08	6,72	0,34	0,03	10,05
8	11,52	7,68	0,38	0,04	11,48
9	12,96	8,64	0,43	0,04	12,92
10	14,4	9,6	0,48	0,05	14,35
11	15,84	10,56	0,53	0,05	15,79
12	17,28	11,52	0,58	0,06	17,22
14	20,16	13,44	0,67	0,07	20,09
16	23,04	15,36	0,77	0,08	22,96
18	25,92	17,28	0,86	0,09	25,83
20	28,8	19,2	0,96	0,1	28,7
22	31,68	21,12	1,06	0,11	31,57
24	34,56	23,04	1,15	0,12	34,44
26	37,44	24,96	1,25	0,12	37,32
28	40,32	26,88	1,34	0,13	40,19
30	43,2	28,8	1,44	0,14	43,06
35	50,4	33,6	1,68	0,17	50,23
40	57,6	38,4	1,92	0,19	57,41
45	64,8	43,2	2,16	0,22	64,58
50	72	48	2,4	0,24	71,76
55	79,2	52,8	2,64	0,26	78,94
60	86,4	57,6	2,88	0,29	86,11
65	93,6	62,4	3,12	0,31	93,29
70	100,8	67,2	3,36	0,34	100,46
75	108	72	3,6	0,36	107,64

Arvot ovat likimääräisiä, ja pätevät 20 C paineilman lämpötilalla (8bar abs paineella) Käyttötuntimäärä 8000/v.(öljypitoisuudet vap ilmassa 20C.)

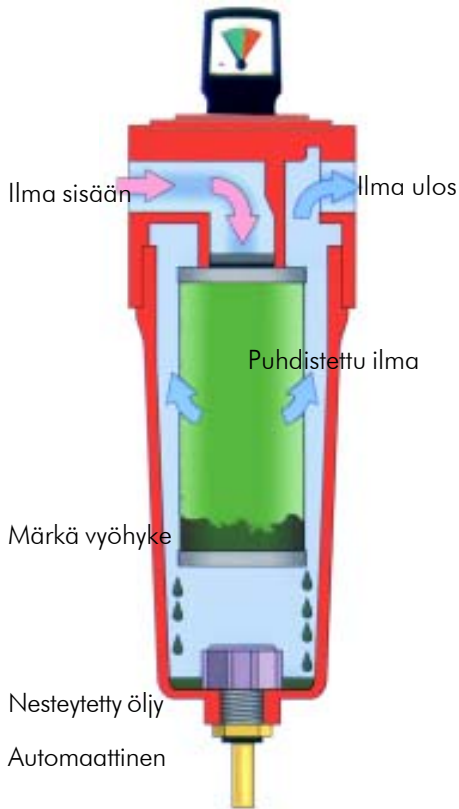
Kondensoituneen veden, karkean pölyn ja putkistosta peräisin oleva ruosteen poistoon käytetään paineilman käyttöpisteisiin asennettuja huoltoyksiköitä, suodattimia tai keskipakois-vedenerottimia. Näiden vakio-komponenttien suodatustehot on 5-70 µm ja ne harvoin pystyvät ratkaisemaan yksinään paineilman laatuongelmia.

### Keskipakoiserotin toimintaperiaate



### Öljyn ja veden poisto

Öljysumun partikkelikoko on riippuvainen kompressorissa käytetyn voiteluöljyn viskositeetistä, öljyn tyypistä, sekä kompressorin ja jälkijäähdyttimen jälkeisestä paineilman lämpötilasta. Kompressorista paineilman joukkoon kulkeutunut voitelu-öljy on hapettunutta ja useimmin happamoitunutta ja sisältää paineilmaputkistosta irronneita kiinteitä epäpuhtauksia. Tämän johdosta tehokas öljynerotus on tarpeen vaikka käyttökohteiden vaatimaan paineilmaan lisättäisiinkin voiteluöljyä sumuvoitelulaitteilla. Öljysumu koostuu läpimitaltaan 0,15 - 0,45 µm partikkeleista, jonka keskimääräinen partikkelikoko on 0,3 µm.



## Nesteyttävän suodattimen toiminta

Nykyaikainen nesteyttävä suodatinelementti toimii paineilman virtauksen suuntaisesti, että paineilma virtaa suodatinelementin sisältä ulkokehälle. Partikkelien ja öljynerotus tapahtuu läpivirtauksen aikana.

Viereisessä kuvassa on kuvattu öljysumun nesteytyminen suodatinelementissä. Virtaava paineilma kohtaa suodatinelementin sisäpuolisen pintakerroksen, joka toimii esisuodattimen tavoin poistamalla suuremmat nestepisarat ja suurimman osan kiinteistä partikkeleista.

Pienemmät aerosolipartikkelit erotetaan paineilma- ja öljyvirrasta elementin sisemmän suodatinkerroksen avulla, jossa tapahtuu öljysumun nesteytyminen. Nesteytyneet öljypisarat virtaavat paineilman pakottamana ulompaan kerrokseen, jonka tehtävänä on kerätä nesteytyneet partikkelit suurikokoisiksi pisaroiksi.

Elementin solukkoisesta rakenteesta johtuen nesteytynyt öljy valuu painovoiman ansiosta alapuolisen päätykappaleen suuntaan ja muodostaa elementin alaosaan "märkävyyhykkeen".

Puhdistunut paineilma virtaa suodatinelementin lävitse märkävyyhykkeen yläpuolelta, missä vastus on pienin. Tämä aikaansaa rauhallisen alueen suodatinelementin alaosaan, jonka johdosta nesteytynyt öljy ei lähde poistuvan paineilman mukaan, vaan valuu painovoiman ansiosta suodatinelementin pohjalle, josta se poistetaan tyhjennysmekanismin avulla.

## Nesteyttävän suodattimen toimintamekanismit

Nesteyttävän (Depth) suodatinelementin suodatuseros kerros koostuu päällekkäin asetuista, erilaisen huokoisuuden omaavista suodatinkerroksista. Käyttämällä hyväksi tunnettuja partikkelien käyttäytymisilmiöitä ja optimoitua suodatinrakennetta, voidaan kaasuvirrassa olevat aerosolit poistaa lähes täydellisesti nesteytystekniikkaa hyväksi käyttäen.

- Seulavaikutus
- Partikkelin oman massan vaikutus
- Molekyylien törmäily (Brownin liike)
- Elektrostaattiset voimat (Adsorptio)
- Diffuusio

## Suora pysäyttäminen, sihtivaikutus

Suuremmat partikkelit eivät mahdu kuitujen välistä ja tarttuvat sihtivaikutuksen vuoksi kuituihin. Pienempi partikkeli voi seurata suuntaa muuttavan virtauksen mukana ja tarttua kuituun ilman massavaikutusta, mikäli partikkeli joutuu virtauksen mukana lähelle kuitua. Jos esim.  $1 \mu\text{m}$  läpimitaltaan oleva partikkeli ohittaa kuidun  $0,5 \mu\text{m}$  etäisyydeltä, on siitä seurauksena törmäily ja tarttuminen kuituun.

## Brownin liike ja diffuusio

Brownin liike (diffuusio) on partikkelien epäsäännöllistä liikettä kaasuvirrassa. Tämä ilmiö johtuu pienten partikkelien  $0,01-0,3 \mu\text{m}$  törmäyksistä samalla molekyylitasolla oleviin kaasumatomeihin. Brownin liikkeen ansiosta partikkelin tehollinen koko kasvaa ja mahdollisuus, että partikkeli törmäilee ja tarttuu suodatinelementin kuituihin lisääntyy.

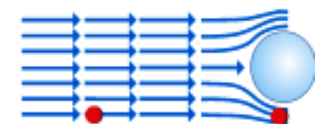
## Sähköstaattinen vaikutus

Sähköstaattinen suodatusvaikutus toimii vain kaikkein pienimmille partikkeleille. Useat päällekkäiset suodatuskerrokset omaavat toisistaan poikkeavia sähköstaattisia varauksia. Suodatettavan kaasun virtaus saa aikaan muutoksia suodatinkerrosten välisissä sähköstaattisissa varauksissa. Suodattimen kuitujen ja partikkelien välisen sähköstaattisten varauksien vaikutuksen johdosta suodattimen kuituihin tarttuu  $0,01 \mu\text{m}$  partikkeleita.

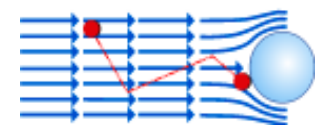
## Suodatusmekanismit



Törmäysvaikutus

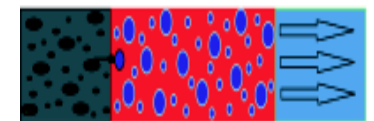


Massavaikutus

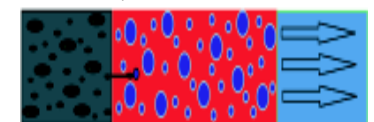


Diffuusiovaikutus

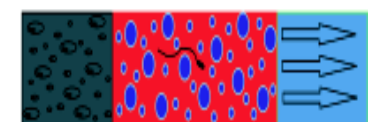
Likainen ilma Suodatinkerrokset Puhdas



Törmäysvaikutus  $1 \mu\text{m}$  -ja suuremmille huikkasille.



Massavaikutus



Diffuusio (Brownin liike)

### Jäähdytyskuivaus

Jäähdytyskuivaimen avulla paineilman lämpötilaa alennetaan kylmäkoneeseen kytketyn lämmönvaihtimen avulla, ja kondensoitunut vesi poistetaan jäähdytetystä ilmasta. Jäähdytyksen ja vedenpoiston jälkeen paineilma jälkilämmitetään ilma/ilma lämmönvaihtimen avulla, jotta kuivaimesta poistuvan paineilman suhteellista kosteutta voidaan alentaa. Menetelmän avulla paineilman lämpötila voidaan alentaa juuri 0°C yläpuolelle. Alempiin lämpötiloihin ei voida mennä lämmönvaihtimen jäätyksen johdosta. Menetelmä on taloudellinen ja yksinkertainen ratkaisu useimpiin paineilman kuivaus tarpeisiin.

Paineilmaputkiston sisäpuolinen korrosio lakkaa kun paineilman suhteellinen kosteus laskee 60 % alapuolelle. Kuivaimesta poistuvan paineilman suhteellinen kosteus on aina alle 20 %.

Keskikokoisen kompressorin (16 m<sup>3</sup>/min) jälkijäähdyttimessä poistuu n. 70 litraa vettä yhden työpäivän aikana. Jäähdytyskuivaimen avulla voidaan poistettavaa vesimäärää lisätä n. 35 litralla ennen paineilman syöttämistä putkistoon.

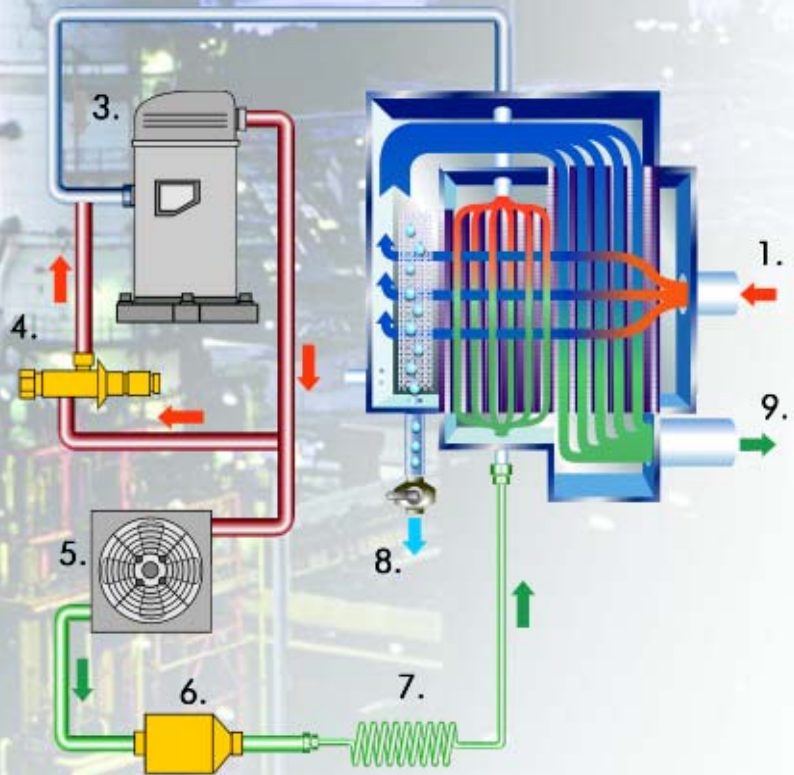
Jäähdytyskuivain ei sovellu käytettäväksi mm seuraavissa olosuhteissa.

- ulkoasennus
- korroosiota aiheuttava ympäristö
- tärisevä asennusalue
- kuumat ympäristöolosuhteet

### Jäähdytyskuivaimen toiminta

#### Paineilmapiiiri

Paineilma virtaa yhteen (1) kautta ilma/ilma lämmönvaihtimeen. Esijäähdytynyt paineilma virtaa lämmönvaihtimen (höyrystin) osaan jossa paineilman lämpötila laskee lähelle 0°C. Kondensoitunut vesi poistuu lämmönvaihtimesta vedenpoistimen (8) avulla. Kylmä paineilma virtaa takaisin ilma/ilma lämmönvaihtimeen, ja lämpenee lämpimän tuloilman vaikutuksesta. Kuivattu ja jälkilämmitetty paineilma poistuu verkostoon yhteen (9) kautta.



### Jäähdytyskoneisto

Jäähdytyskompressorin (3) imee höyrystynyttä kylmäainetta lämmönvaihtimesta (2), ja puristaa sen korkeampaan paineeseen. Kuumaa kylmäainetta jäähdytetään tuulettimellä varustetussa lauhduttimessa (5). Nesteytyneet kylmäaine ruiskutetaan kapillaarin (7) kautta lämmönvaihtimeen (2). Kylmäaineen höyrystymisen seurauksena lämmönvaihtimen ja sen sisältö jäähtyy. Kylmäkoneiston jäähdytystehoa säädetään kylmäaineen paineen tunnistavalla kuumakaasun ohitusventtiilillä (4), joka säätää kylmäkoneiston jäähdytystehoa kuumakaasun takaisvirtauksella.

1. Kostean ilman sisään meno
2. Lämmönvaihtin/höyrystin
3. Jäähdytyskompressorin
4. Kuumakaasun ohitusventtiili
5. Kylmäaineen lauhdutin
6. Kylmäaineen suodatin/kuivain
7. Kapillaari
8. Kondenssiveden poisto
9. Kuivatun ilman ulostulo

## Adsorptiokuivaus

Adsorptiokuivaimen avulla paineilmassa olevat vesimolekyylit adsorpoitetaan kuivausaineeseen. Kuivausaineina käytetään alumiinioksidia, piidioksidia (Silica-gel), tai tarkoitukseen soveltuvia molekyyliseuloja (Zeoliitit). Adsorptiokuivauksen avulla paineilmasta voidaan poistaa lähes kaikki vesimolekyylit. Tyypillisin kastepistealue on -25, -40 tai -70°C. Adsorptiokuivauksessa kuivattavan paineilman lämpötilaa ei alenneta, joten kuivaimesta poistuvan paineilman suhteellinen kosteus on erittäin pieni.

## Paineilmalla elvytettävien adsorptiokuivaimien

Edullisen hintansa ja helppohoitoisuutensa johdosta paineilmalla elvytettävät adsorptiokuivaimet soveltuvat parhaiten pienten ja keskiuurten ilmamäärien kuivaukseen. (0-10 m<sup>3</sup>/min). Kuivaimen kuivausaineen elvytykseen johdetaan osa kuivattua paineilmaa. Paineilman kulutus on verrannollinen kuivattavan paineilman paineeseen ja haluttuun kastepisteeseen.

Elvytykseen kuluvan paineilman likimäärä voidaan laskea kaavalla:

$$V \times \frac{100}{p+1} \times 1,15$$

P = kuivattavan ilman paine ylipainetta.  
V = Kuivattavan ilman virtausmäärä

## Kuumalla ilmalla elvytettävien adsorptiokuivaimien toiminta

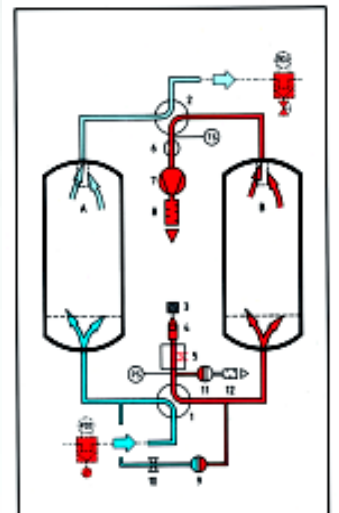
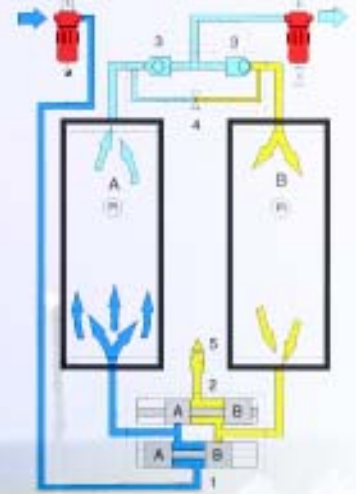
Kuivattava paineilma virtaa 4-tieventtiiliin (1) kautta kuivauskammion (A) lävitse. Kammiossa oleva kuivausaine adsorpoi kosteuden itseensä. Kuiva paineilma virtaa 4-tieventtiiliin (2) kautta verkostoon. Samanaikaisesti elvytetään toisen kammion (B) kuivausainetta. Ennen elvytyksen alkamista kammion (B) paine on poistettu venttiilin (11) kautta. Paineen poistoa valvotaan painekeytkimen (PS) avulla. Kun paine on laskenut, tyhjö-pumppu (7) käynnistyy. Ilma kuumenee kuumentimen (5) avulla. Kuumen alipaineisen ilman vaikutuksesta kuivausaine luovuttaa siihen kertyneen kosteuden virtaavaan ilmaan, joka poistuu kuivaimesta tyhjäpumpun ja poistoilman äänenvaimentimen (8) kautta.

## Paineilmalla elvytettävien adsorptiokuivaimien toiminta

Ensimmäisessä vaiheessa kuivattava paineilma virtaa esisuodattimen X lävitse, joka poistaa paineilmasta kiinteät ja nestemäiset partikkelit 0,01 mg/m<sup>3</sup> saakka. Suodattimeen kertynyt neste poistuu automaattisen nesteenpoistimen avulla. Suodatuksen jälkeen kostea paineilma johdetaan kuivaimen venttiiliyhdistelmän (2) lohko A kautta kuivauskammioon A, joka on täytetty kuivausaineella. Ilman virtatessa kuivausaineen lävitse ilman sisältämä vesihöyry adsorboituu kuivausaineeseen. Kuivattu paineilma poistuu ylempään venttiiliyhdistelmän 3 ja suodattimen Z kautta verkostoon.

Kuivauskammion A kuivatessa paineilmaa, kammiota B elvytetään. Kuivattua paineilmaa virtaa suuttimeen 4, jossa ilma laajenee ilmakan paineeseen ja suhteellinen vesihöyrysisältö pienenee. Kuivan ilman ja adsorptiolämmön vaikutuksesta kuivauskammion B sisältämän kuivausaineen vesimolekyylit siirtyvät lävitse virtaavaan kuivaan ilmaan. Virtaavan ilman vaikutuksesta kostea elvytysilma poistuu venttiiliyhdistelmän (2) lohko B ja äänenvaimentimen 5 kautta. Toimintavaiheen siirtyminen kammion toiseen tapahtuu paineistusjakson kautta. Venttiili 2 sulkeutuu jolloin kammion A ja B paine tasaantuu samaan paineeseen. Kuivauskammion A venttiili 2 sulkeutuu, jolloin virtaus siirtyy kammioon B joka näin siirtyy kuivaamaan paineilmaa. Venttiili 2 avautuu ja elvytys alkaa kammiossa A.

Kun asetettu elvytyslämpötila on saavutettu, termos-taatti (TS) kytkee kuumentimen pois käytöstä ja kuivausaineen jäähdytys voi alkaa. Jäähdytysvaiheessa tyhjäpumppu (7) jatkaa käyntiään ja kuivausaine jäähtyy läpivirtaavan ilman vaikutuksesta kunnes termostaatin (TS) asetusrarvo saavutetaan. Jäähdytysvaiheen jälkeen kuivauskammio paineistuu hitaasti kuristimen (10) ja venttiilin (9) avulla. Elvytetty kuivauskammio siirtyy kuivaamaan paineilmaa venttiilien (1) ja (2) toiminnan seurauksena. Kuivauskammion (A) paineenpoistoverventtiili (11) avautuu ja elvytys alkaa.



### Steriilisuodattimet paineilmalle

#### Mikro-organismit

Mikro-organismit ovat pienikokoisia eläviä organismeja, kuten bakteereja, viruksia ja bakteriofageja. Bakteerit ovat tavallisesti kooltaan 0,2 – 4 mikronia, virukset alle 0,3 mikronia ja bakteriofagit saattavat olla jopa 0,01 mikronin kokoisia. Koostaan huolimatta mikro-organismit ovat vakava ongelmien aiheuttaja prosesseissa, joissa tarvitaan steriiliä paineilmaa tai muita kaasuja. "Elävinä olentoina" mikro-organismit lisääntyvät oikeissa olosuhteissa nopeasti. Vaikka puhtaaseen ympäristöön, kuten prosessiin tai tuotantojärjestelmään, ei pääsisikään kuin muutamia mikro-organismeja, saattavat ne kuitenkin aiheuttaa mittavia vahinkoja. Kun steriiliä paineilmaa tai muita kaasuja tarvitaan, on ainoa oikea vaihtoehto käyttää steriilisuodattimia.

Steriilisuodattimet on suunniteltu poistamaan kaikki mikro-organismit paineilmasta. Näin suodattimen läpi kulkenut paineilma on täysin puhdasta. Vain tällaista ilmaa voidaan käyttää prosesseissa, joissa steriiliys on ehdoton vaatimus.

Steriilin paineilman tarve meijereissä, panimoissa ja muussa elintarviketeollisuudessa on jatkuvassa kasvussa. Bakteerien, virusten ja bakteriofagien täydellinen pidätyskyky, mahdollisimman suuri suodatuspinta-ala, pieni painehäviö ja tehokkuus ovat vaatimuksia, jotka suodattimien on täytettävä.

#### Biologinen turvallisuus

Suodatinelementtien testaukseen käytetään esim. Aerosol Bacteria Challenge -kokeita sekä Bubble Point testimenetelmiä.

Suodattimen rakenteen testaukseen ja valmistukseen käytetään esim. USP Plastics Class VI:n ja BS 5736 :n standardeja.



### Steriilisuodattimen toiminta

Kun ilmaa tai kaasua suodatetaan, toimii suodatin tavallisesti jollakin seuraavista kolmesta tavasta:

- Hiukkasten suora törmäys**  
Suorassa törmäyksessä hiukkaset törmäävät suodatinmateriaaliin suoraan ja uppoutuvat siihen. Tämä tapa toimii hiukkasille, joiden koko on suurempi kuin 1 mikroni.
- Inertiaalinen törmäys**  
Inertiaalisessa törmäyksessä hiukkaset eivät pysty seuraamaan suodatinmateriaalissa olevia käytäviä, vaan törmäävät suodatinmateriaaliin ja tarttuvat siihen. Tämä tapa toimii hiukkasille, joiden koko on 0,3 - 1 mikronia.
- Diffuusio / Brownin molekyyliliike**  
Tässä suodatustavassa hiukkaset liikkuvat riippumatta kaasun liikkestä ja väistämättä törmäävät suodatinmateriaaliin ja tarttuvat siihen. Diffuusio, jos hiukkasen koko on pienempi kuin 0,3 mikronia.



#### Suodatusmekanismit

- Suora törmäys**
- Inertiaalinen törmäys**
- Diffuusio (Brownin liike)**

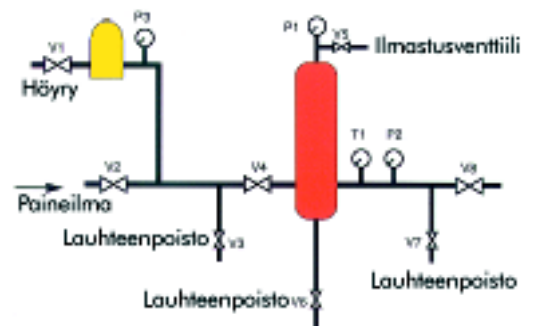
### Suodattimen höyrysterilointi

Steriilisuodattimeen kertynyt bakteeripopulaatio tulee tuhota määrävällein jotta se ei pääse kasvamaan suodatinkuiduston lävitse. Suositeltava sterilointiväli on normaalissa käytössä 120 tuntia.

Tehokkain sterilointikeino on höyrysterilointi. Kylläinen vesihöyry ja riittävä sterilointiaika varmistavat, että kaikki lisääntymään kykenevät mikro-organismit tuhoutuvat suodatinelementistä ja kotelosta. Kun suodatin steriloidaan sen ollessa paikallaan kotelossaan, on höyryn lämpötila yleensä 121°C, paine 1,1 bar (g). Sterilointiaika tulee olla vähintään 30 minuuttia.

Höyrysteriloinnissa on aina käytettävä suodatettua (1 mikroni) kylläistä vesihöyryä. Steriloinnin aikana muodostuva kondenssivesi on päästettävä poistumaan venttiilien kautta. Steriloinnin aikana suurin sallittu paine-ero on 0,3 bar. Tätä suurempi paine johtaa väistämättä suodatinelementin muodonmuutoksiin ja elementin tuhoutumiseen.

### Steriilisuodattimen asennusjärjestely





## Puhtaampaa hengitysilmaa.

Hengitysilmassa olevilla kaasumaisilla ja hiukkasmaisilla epäpuhtauksilla on korkea pitoisuus monia haittavaikutuksia ihmisten terveyteen.

Hengityskäyttöön tarkoitetun paineilman laatua koskevia määräyksiä on standardissa SFS/EN 132, DIN 3188 ja lääkestandardissa, jossa käsitellään hengitysilmaa lääkekäyttöön.

Standardien mukaan, hengitysilman on oltava hajutonta ja mautonta. Ilma saa sisältää hiilimonoksidia (CO) enintään 30 ppm ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) enintään 800 ppm. Happipitoisuuden tulee olla 20-21 tilavuusprosenttia.

Mineraaliöljypitoisuuden pitää olla niin pieni, ettei ilma haise öljylle (hajukynnys n. 0,3 mg/m<sup>3</sup>). Paineilmahengityslaitteissa on käytettävä kuivaa ilmaa, jonka kastepiste on riittävän alhainen jäätymisen estämiseksi.

Millään kompressorilla tuotettu paineilma ei ole sellaisenaan riittävän puhdasta hengitysilmakeksi. Paineilman jakeluverkosta irtoaa monenlaisia epäpuhtauksia virtaavaan paineilmaan. Tämän johdosta hengitysilmakeksi käytettävä paineilma on puhdistettava tarkoitukseen soveltuvalla laitteistolla..

Hengitysilman laatustandardit			Pharmacopée Européenne	Eurooppa EN 12021	EN 737-3	Saksa DIN 3188	Englanti BS4273
Hiilimonoksidi	CO	ppm	5	15	5	30	5
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	ppm	500	500	1000	800	500
Vesihöyry/Kastepiste		ppm/ °C	60 ppm	60 ppm	5°C <sup>1)</sup>	5°C <sup>**</sup>	Alle kastepist.
Rikkidioksidi	SO <sub>2</sub>	ppm	1	1			
Typpidioksidi	NO <sub>x</sub>	ppm	2	2			
Typpioksidi	NO <sub>2</sub>	ppm	2	2			
Öljyhöyry/öljypitoisuus	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5
Typpi	N <sub>2</sub>	%					
Happi	O <sub>2</sub>	%	21 (+/-1)	21 (+/-1)		21 (+/-2)	
FCKW		ppm					
Likapartikkelit			Luokka P3 <sup>2)</sup>				
Maku ja haju			M+H <sup>3)</sup>	M+H <sup>3)</sup>		M+H <sup>3)</sup>	M+H <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Alle kastepistelämpötilan

<sup>2)</sup> EN 143 mukaisesti

<sup>3)</sup> Mauton ja hajuton

## Kiinteät partikkelit

Luokitus määrittää paineilman sisältämien kiinteiden partikkelien suurimman sallitun koon, ja suurimman sallitun partikkelipitoisuuden. Tyypillinen määritelmä instumentti-ilmalle on luokka 2. Normaalille työilmalle yleisimmin käytetty luokka on 3 tai 4

## Öljypitoisuus

Öljy esiintyy paineilmassa pisaroina, sumuna, sekä pieninä määrinä öljyhöyryjä (hiilivetyjä). Normaalilla teollisuuskompressorilla tuotetussa paineilmassa on aina pieniä määriä öljysumua. Öljysumun määrä on verrannollinen kompressorin tyyppiin, kuntoon, käyntilämpötilaan ja kompressorin jälkijäähdyttimellä aikaan saatavaan jäähdytystulokseen. Täysin öljyvapaalla kompressorilla tuotetussa paineilmassa saattaa olla merkittäviä määriä hiilivetyjä, jos kompressorin imuilma on voimakkaasti saastunut tai ilman otto on sijoitettu virheelliseen paikkaan.

Tyypillinen määritelmä instumentti-ilmalle on luokka 1 tai 2. Normaalille työilmalle yleisimmin käytetty luokka on 4 tai 5

## Kastepiste

Paineenalaisen kastepisteen määrittämisellä on tarkoitus estää kostean paineilman aiheuttamat vauriot paineilmaa käyttävissä laitteissa ja prosesseissa. Paineilmaa käytettäessä ulkosalla arktisissa olosuhteissa, voidaan kuivauksen avulla estää laitteiden jäätyminen.

Tyypillinen määritelmä instumentti-ilmalle tai ympärivuotiselle ulkokäytölle suomessa on luokka 2 tai 3. Tämä edellyttää aina adsorptiokuivaimen käyttöä. Normaalille sisätiloissa käytettävälle työilmalle yleisimmin käytetty luokka on 4 tai 5. Laatuluokka voidaan täyttää käyttämällä jäähdytyskuivainta.



## Paineilman laatuluokat ISO 8573.1 mukaisesti

### Paineenalainen kastepiste

Laatuluokka	Kastepiste
1	-70
2	-40
3	-20
4	+3
5	+7
6	+10
7	Ei määritetty

### Partikkelikoko ja partikkelipitoisuus

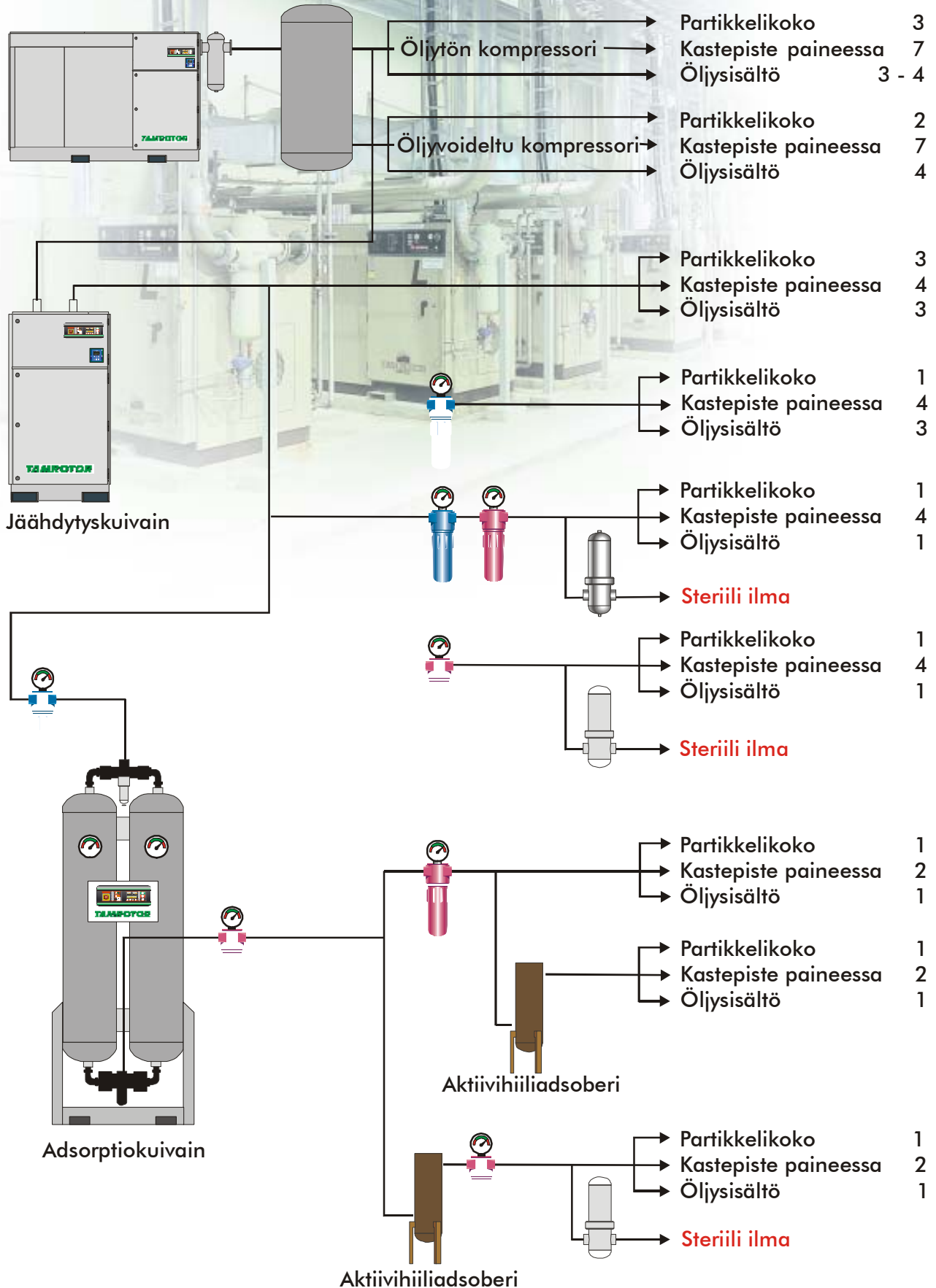
Laatuluokka	Partikkelikoko $\mu$ = mikronia	Pitoisuus mg/m <sup>3</sup>
1	0.1	0.1
2	1.0	1.0
3	5.0	5.0
4	15.0	8.0
5	40.0	10.0

### Öljypitoisuus

Laatuluokka	Öljypitoisuus mg/m <sup>3</sup>
1	0.01
2	0.1
3	1.0
4	5.0
5	25.0

Laitevalintaesimerkkejä ISO 8573.1 laatuluokituksen mukaisen paineilman tuottamiseksi.

Laatuluokka  
(ISO 8573.1)



### Kondenssiveden määrä

Kompressorien jälkijäähdyttimissä ja muissa paineilman jälkikäsitteilylaitteissa syntyy merkittäviä määriä kondenssivettä. Suomessa valliteissa olosuhteissa paineilman lämpötila voidaan ilmajäähdytteisilläkin jälkijäähdyttimillä alentaa 30-35 °C alapuolelle. Jäähdytyksellä saavutettuun tulokseen vaikuttaa lisäksi monet ympäristötekijät kuten vuodenaikojen lämpötila ja kosteusvaihtelut, asennuspaikka ja asennusjärjestely, jäähdyttimen puhtaus jne. Jälkijäähdytetyn mutta kuivaamattoman paineilman vesihöyrypitoisuus on n 35-50 g / m<sup>3</sup>. Jäähdytyksen jälkeen paineilman suhteellinen kosteus on useimmiten 100%.

Keskikokoisen kompressorin (16m<sup>3</sup>/min) jälkijäähdyttimessä voi poistua n 70 litraa vettä yhden työpäivän aikana. Jäähdytyskuivaimen avulla voidaan poistettavaa vesimäärää lisätä vielä n 35 litralla ennen paineilman syöttämistä putkistoon, ja näin ehkäistä vesihöyryn kondensoituminen paineilmajärjestelmään.

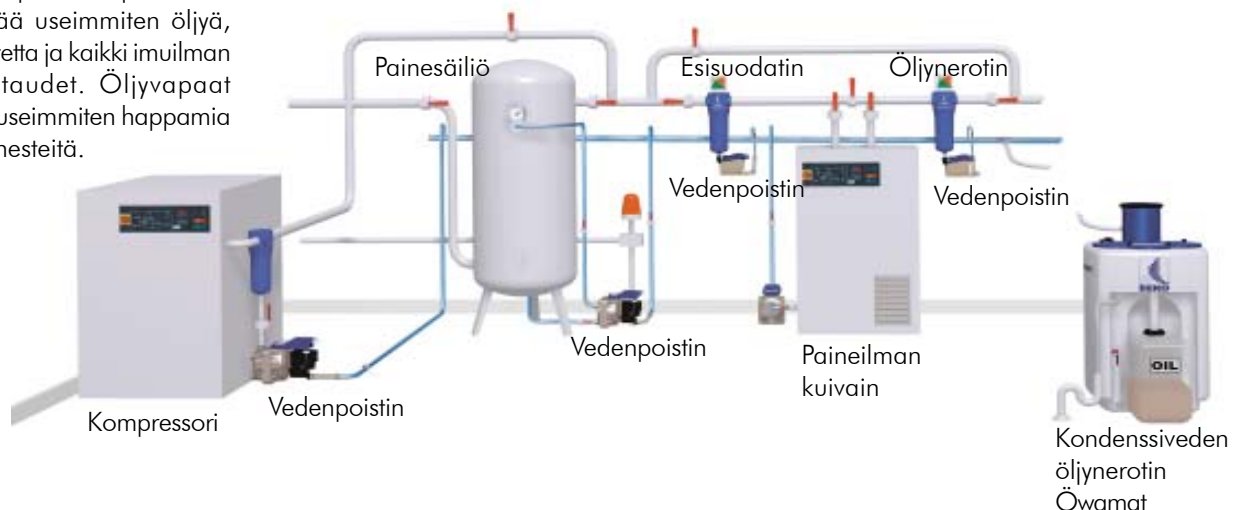
Paineilman puristamisessa syntyvien kondenssivesien merkittävästä määrästä johtuen tulee paineilman tuotantolaitteiston välittömään läheisyyteen asentaa viemäri-liitäntä tai muulla luotettavalla tavalla hoitaa kondenssivesien poisventti paineilma laitteistolta.

Kondenssiveden poisto on tärkeä osa paineilman puhdistusprosessia

Paineilmaa puristettaessa ja jäähdytettäessä ei kondenssiveden muodostumista voida, - eikä halutakkaan välttää. Jäähdytyksen seurauksena kondensoituneen veden ja öljyn poisto paineilmajärjestelmästä on oleellinen osa paineilman puhdistusprosessia. Kondenssivesi sisältää useimmiten öljyä, likapartikkeleita ruostetta ja kaikki imuilman sisältämät epäpuhtaudet. Öljyvapaat kondenssivedet ovat useimmiten happamia ja siten aggressiivisia nesteitä.

Paineilmasta kondensoituva veden määrä

Imulämpötila	0	10	15	20	25
Loppulämpötila	10	20	25	30	35
Ilman tuotto m <sup>3</sup> /min	Verkostoon l/h	Verkostoon l/h	Verkostoon l/h	Verkostoon l/h	Viemäriin l/h
1	0,13	0,26	0,36	0,49	0,65
2	0,26	0,52	0,72	0,97	1,31
3	0,4	0,78	1,07	1,46	1,96
4	0,53	1,04	1,43	1,95	2,62
5	0,66	1,3	1,79	2,43	3,27
6	0,79	1,56	2,15	2,92	3,93
7	0,92	1,82	2,51	3,41	4,58
8	1,05	2,08	2,86	3,9	5,23
9	1,19	2,34	3,22	4,38	5,89
10	1,32	2,6	3,58	4,87	6,54
11	1,45	2,86	3,94	5,36	7,2
12	1,58	3,12	4,29	5,84	7,85
13	1,71	3,38	4,65	6,33	8,51
14	1,84	3,64	5,01	6,82	9,16
15	1,98	3,9	5,37	7,3	9,81
16	2,11	4,16	5,73	7,79	10,47
17	2,24	4,42	6,08	8,28	11,12
18	2,37	4,68	6,44	8,76	11,78
19	2,5	4,94	6,8	9,25	12,43
20	2,63	5,2	7,16	9,74	13,09
21	2,77	5,46	7,52	10,23	13,74
22	2,9	5,72	7,87	10,71	14,4
23	3,03	5,98	8,23	11,2	15,05
24	3,16	6,24	8,59	11,69	15,7
25	3,29	6,49	8,95	12,17	16,36
26	3,42	6,75	9,3	12,66	17,01
27	3,56	7,01	9,66	13,15	17,67
28	3,69	7,27	10,02	13,63	18,32
29	3,82	7,53	10,38	14,12	18,98
30	3,95	7,79	10,74	14,61	19,63
35	4,61	9,09	12,53	17,04	22,9
40	5,27	10,39	14,31	19,48	26,17
45	5,93	11,69	16,1	21,91	29,44
50	6,59	12,99	17,89	24,35	32,72



## Bekomat -vedepoistimen toimintaperiaate

Kuva.1: Kondenssivesi virtaa yhteen (1) kautta säiliöön (2). Poistventtiili on suljettuna. Ohjausilmakanava (3) ja magneettiventtiili (4) ovat auki. Paineilman paine painaa kalvon (5) tiiviisti venttiilin istukkaa vasten jolloin poistokanava on suljettuna.

Kuva 2: Säiliön (2) täytyttyä vedellä kapasitiivinen tasoanturi (6) antaa ohjaussignaalin magneettiventtiilille, joka sulkee ohjausilmakanavan. Kalvon (7) yläpuolelta poistuu vastapaine, joka saa aikaan poistventtiilin aukeamisen, ja säiliön sisältö poistuu poistokanavan (8) kautta paineilmaverkoston paineen pakottamana. Bekomat<sup>®</sup>in elektroninen piiri laskee poistventtiilin aukioloajan tasoanturin alatasen (Ni 1) avulla, ja sulkee poistventtiilin avaamalla magneettiventtiilin (4), jolloin paineilmaverkoston paine painaa poistventtiilin kalvon (5) takaisin kiinni.

## Toimintahäiriöhälytys

Toimintahäiriön sattuessa, tai poistoputken tukkeutuessa, Bekomat<sup>®</sup> hälytysjärjestelmä aktivoituu ja punainen LED alkaa vilkkua. Automaattinen korjaustoiminto avaa jaksoittain poistventtiiliä kunnes hälytys on poistunut itsestään tai huollettuna. Jos hälytys ei poistu itsestään ensimmäisen minuutin aikana, laukeaa häiriöilmoitus. Laitteen riviliittimeltä voidaan hälytystieto johdottaa laitoksen hälytysjärjestelmiin.

## Öljyä sisältävät kondenssivedet

Normaalin paineilmalaitteiston synnyttämät kondenssivedet sisältävät kompressorista paineilman joukkoon kulkeutunutta voiteluöljyä. Nykyisin pidetään hyvänä käytäntönä, ja osin määräyksetkin velvoittavat kondenssivesien öljynerotusta ennen niiden laskemista yleisiin viemärijärjestelmiin tai luontoon.

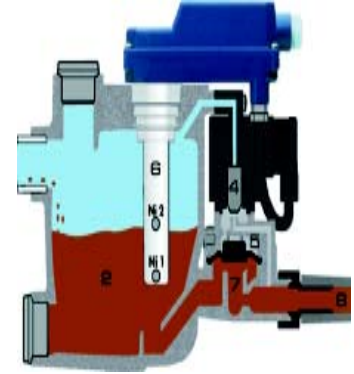
Kondenssivesien öljypitoisuuden raja-arvona on useissa euroopan maissa 20 mg öljyä/litrassa kondenssivettä. öljypisaroita sisältävien vesien käsittelyyn soveltuvat Öwamat öljynerottimet, tai voimakkaasti emulsoituneille konsentraateille tarkoitetut Bekosplit-erottimet.

## BEKOMAT<sup>®</sup> -vedenpoistimen toimintaperiaate

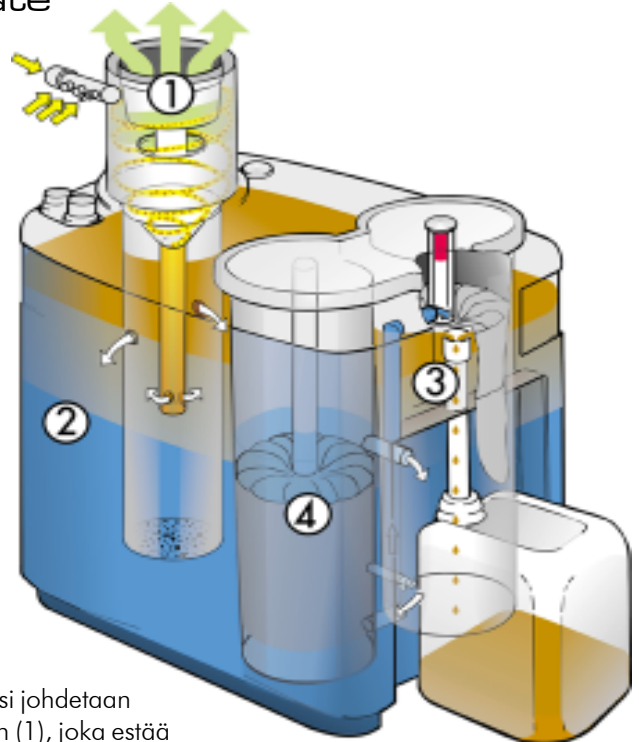
Kuva 1



Kuva 2



## ÖWAMAT<sup>®</sup> -kondenssiveden öljynerottimen toimintaperiaate



## Toimintaperiaate

Öljyä sisältävä kondenssivesi johdetaan paineenalennuskammioon (1), joka estää turbulenssivirtauksen muodostumisen öljynerotustilaan (2). Kondenssiveden sisältämät mekaaniset epäpuhtaudet jäävät irroitettavaan ja puhdistettavaan lianerottimeen. Erotuskammiossa (2) öljy nousee pinnalle ja valuu putkea pitkin öljyastiaan. Viemäriin johdettava kondenssivesi johdetaan esisuodattimen(3) kautta (atiivihiiili) adsorptiosuodattimeen (4) joka suodattaa vedestä hienoimmat öljypisarat ennen kondenssiveden johtamista viemäriin. Kaksivaiheinen suodatus takaa viemäriin johdettavalle kondenssivedelle korkean puhtausasteen kaikissa kuormitustilanteissa.





- Laitemyynti varaosapalvelu
- Sunnittelu ja asennuspalvelu
- Kompressorien ohjausjärjestelmät
- Erikoiskuivaimien suunnittelu ja valmistus
- Jäähdytyskuivaimet
- Kompressorikoneikkojen valmistus
- Hälytys ja ohjauskeskukset
- Kompressorihuolto
- Adsorptiokuivain huolto
- Kuivausainepalvelu
- Paineilman kulutus mittaukset

Tamrotor Kompressori Oy palvelee Suomen teollisuutta kaikissa paineilman tuottoon, jakeluun ja jalostamiseen liittyvissä kysymyksissä. Asiakaskuntamme koostuu useasta tuhannesta paineilmaa käyttävästä teollisuuslaitoksesta. Merkittävänä asiakasryhminä on konepaja kemia, puunjalostus, ja paperiteollisuus, joille olemme vuosikautia toimittaneet paineilman tuotantolaitteita sekä huolto ja varaosapalveluita. Tamrotor ruuvikompressoreja on toimitettu suomen teollisuudelle vuodesta 1974.

Tuotevalikoimamme koostuu paineilmatekniikan tunnetuimmista ja arvostetuimmista tuotteista. Toimintamme kulmakivenä on ammattitaitoinen myynti, huolto ja varaosapalvelu kaikille edustamillemme tuotteille.



## Vantaa

Martinkyläntie 39  
01720 Vantaa  
Puh (09) 751 761  
Fax (09) 751 762 95  
Internet:

## Tampere

Niittyhaankatu 8  
33720 Tampere  
(03) 273 1733  
(03) 273 1734  
[www.tamrotor-kompressorit.fi](http://www.tamrotor-kompressorit.fi)

## Turku

Orikedonkatu 22  
20380 Turku  
(02)469 1490  
(02) 469 1494

## Oulu

Paulaharjuntie 22  
90530 Oulu  
(08) 349106  
(08) 349109