

# کنترل کیفیت هوای داخل



حفظ کیفیت هوای داخل قابل قبول به قضاوت در استفاده از سه روش کنترل منبع، فیلتراسیون و رقیق سازی وابسته است.

### کنترل منبع

مهمترین روش حفظ کیفیت هوای داخل قابل قبول، کنترل منابع آلاینده ها و آلودگی ها است. منابع می تواند بوسیله محدود کردن راه ورودشان به فضا، یا با طراحی یا رویه های نگهداری مناسب یا مکش آلاینده هایی در فضای داخل تولید می شوند کنترل شوند. اجتناب از کاربرد حلالهای فرار و ممنوع کردن کشیدن سیگار دو مثال ساده است.

مثال دیگر کنترل منبع، در الزامات جدید استاندارد ۲۰۰۴-۶۲،۱ یافت می شود. در آنجا اظهار می شود آبی که به منظور مرطوب کردن استفاده می شود، باید مستقیماً از منبع آشامیدنی یا از یک منبع با آب با کیفیت بهتر یا مساوی، تهیه شود. در گذشته، بخار حاصل از سیستم گرمایش بخار، اغلب برای مرطوب کردن ساختمان استفاده می شد. این بخار مرتباً با افزودنی های ضد خوردگی که در آب آشامیدنی، قابل پذیرش نیست مهیا می شد. در حال حاضر، این بخار یک منبع قابل قبول برای مرطوب کردن مستقیم نیست. در موقع طراحی سیستم دریافت هوا (سیستم ورودی هوا) همیشه باید بطور سنجیده (بطور عمدی) احتمال آمدن آلاینده ها از بیرون، کاهش یابد. در این روش ها محل قرار گیری ورودی ها<sup>۱</sup> (دریافت کننده ها):

دور از زمین، در جایی که وزش ذرات وجود دارد

دور از محل های بارگیری<sup>۲</sup>، جایی که غلظت های بالاتری از آلاینده های منتشره از وسایل نقلیه وجود دارند  
دور از خروجی های روی پشت بام که وسایل (هواکشها) تخلیه قرار گرفته اند، نظیر توالی ها، اجاقها، فاضلابها و هودهای دود یک منبع رایج و معمول آلاینده داخل، کپک است. اسپورها و ذرات مرده کپک، بطور ناسازگاری بر بسیاری از افراد تاثیر دارند. برای جلوگیری از کپک زدگی، بنا و محتویات ساختمان را به شکل منطقی خشک نگه دارید. به عنوان یک قاعده کلی، برای جلوگیری از رشد کپک، رطوبت نسبی را زیر ۶۰ درصد نگه دارید. این در یک اقلیم گرم و مرطوب با ساختمانهای هوای فراوری شده که هوای بیرون حاوی رطوبت بسیار زیاد است، یک چالش است. برای مثال، یک هتل جدید با پرستیژ<sup>۳</sup> (دارای اعتبار)<sup>۴</sup> در هاوایی در طی یک سال پس از افتتاح، بخاطر مشکل کپک در ۴۰۰ تا از اتاق خوابهای بسته شد. وهزینه های جبرانی آن بیش از ۱۰ میلیون دلار خواهد شد. یک منبع کپک که اغلب نادیده گرفته می شود، آبراه (مسیر زهکشی) مخزن زیر<sup>۴</sup> یک کویل سرمایشی است. کویل، رطوبت را جمع آوری می کند و مرطوب می شود، بعضی از کثیفی های هوا هم بروی آن گرفته می شود. بطور ایده آل، این رطوبت و کثیفی به سینی چکه می کند و از طریق مسیر فاضلاب خارج می شود. متاسفانه (و

<sup>1</sup> locating intakes

<sup>2</sup> loading docks

<sup>3</sup> prestigious

<sup>4</sup> drain pan beneath

بطور مکرر) اگر سینی<sup>۵</sup> نسبت شیب به طرف مسیر فاضلاب کمتر از ۸/۱ اینچ در فوت مورد نیاز باشد، یک لایه از لجن می تواند در سینی تشکیل شود و کپک رشد کند. اگر کویل مدتی برای سرمایش استفاده نشود، سینی خشک می شود و قسمت خشک و سخت لجن خشک شده می تواند شکسته شود و از طریق سیستم به فضاهای مسکونی (اشغال شده) حمل شود. تمیزکاری منظم سینی برای به حداقل رساندن مشکل ضروری است.

اگر الودگی از منبع ویژه ای در داخل باشد، بنابراین مکش و خروج مستقیم می تواند برای کنترل آلودگی ها استفاده شود. برای مثال: هود روی یک اجاق، دودها را بطور مستقیم از اجاق می کشد و آنها را خارج می کند، خارج کردن فیوم ها<sup>۶</sup> از فتوکپی های بزرگ باعث جلوگیری از آلوده کردن فضای در برگیرنده دفتر کار می شود. و هود آزمایشگاهی با درب کشویی فیومهای شیمیایی را بطور مستقیم به بیرون می کشد. وقتی هرگونه سیستم مکنده مستقیم طراحی می کنیم، باید تلاش شود آلاینده ها قبل از مخلوط شدن بیشتر آنها با هوای اتاق جمع آوری شوند. این کار حجم هوای مکنده مورد نیاز را کاهش می دهد و بنابراین میزان هوای فراوری شده مورد نیاز برای جایگزینی هوای خارج شده را هم کاهش می دهد.

طراحی سیستم های مکنده برای گستره بزرگی از موقعیتهای بطور خیلی واضح با شکلهای روشن کننده در تهیه صنعتی منتشر شده توسط انجمن دولتی بهداشت صنعتی آمریکا تشریح و همراه شده است.

### فیلتراسیون

فیلتراسیون، حذف آلودگیها از هوا است. هم آلاینده های ذره ای (همه سایز ذرات) و هم آلاینده های گازی می تواند حذف شود، ولی وقتی بطور ویژه ای فیلتراسیون آلاینده های گازی مد نظر باشد، ما در این قسمت در باره آن بحث نخواهیم کرد.

فیلترهای ذره بوسیله بدام اندازی یا چسبیدن ذرات، به مدیای فیلتر کار می کند. عملکرد واقعی فیلتر به چندین فاکتور شامل سایز ذره، سرعت هوای عبوری از مدیای فیلتر، مواد(جنس) و تراکم فیلتر و کشیفی ایجاد شده<sup>۷</sup> بروی فیلتر بستگی دارد.

ویژگیهای عملیاتی اصلی که برای تفکیک قائل شدن بین فیلترها استفاده می شود عبارتند از:

- راندمان در حذف ذرات غبار با اندازه های مختلف
- مقاومت در برابر جریان هوا
- ظرفیت نگهداری غبار (وزن بر فیلتر<sup>۸</sup>)

انتخاب فیلتر یک موضوعی است که بر اساس هزینه خرید اولیه، هزینه کارکرد و اثر بخشی مورد نیاز متعادل سازی می شود. در کل هم هزینه اولیه و هم هزینه عملیاتی فیلتر تحت تاثیر سایز ذراتی که باید حذف شوند و

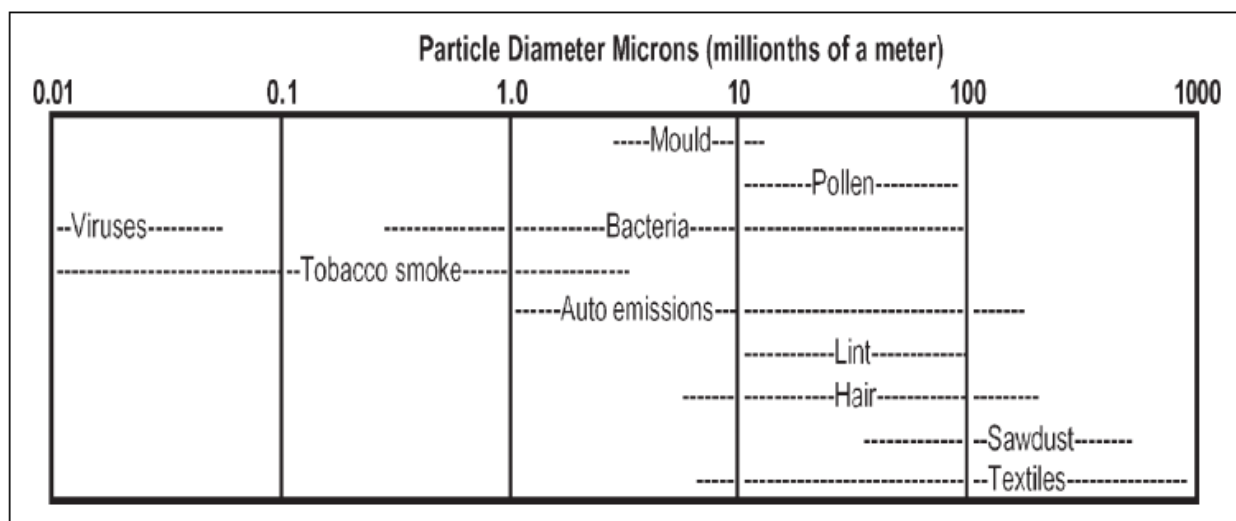
<sup>5</sup> tray

<sup>6</sup> fumes

<sup>7</sup> dirt buildup

<sup>8</sup> weight per filter

اثر بخشی مورد نیاز فیلتر قرار می گیرند: سایز ذره کوچکتر و اثر بخشی مورد نیاز بیشتر، هزینه های گرانتری را برای فیلتر کردن در بر دارد. شکل زیر یک مثال از ذرات و گستره سایز ذرات را نشان میدهد.



اطلاعات عملکرد فیلتر معمولاً مبتنی بر یک استاندارد است. برای HVAC در محیط صنعتی، ASHRAE دو استاندارد تولید شده دارد.

ASHRAE Standard 52.1-1992 Gravimetric and Dust Spot Procedures for Testing Air Cleaning Devices used in General Ventilation for Removing Particulate Matter (Standard 52.1)

آزمون فیلتر برای استاندارد ۵۲٫۱، راندمان نقطه غبار اتمسفری ASHRAE<sup>۹</sup> و متوقف کنندگی<sup>۱۰</sup> ASHRAE را ارائه می کند. راندمان "نقطه غبار"، معیاری از خوب بودن فیلتر در حذف ذرات کوچکتر که باعث لکه دار شدن<sup>۱۱</sup> یا رنگی شدن فیلتر می شود و متوقف کنندگی، معیاری از وزن غبار است که قبل از اینکه مقاومت فیلتر بیش از حد افزایش یابد جمع آوری می شود. متأسفانه، راندمان نقطه (لکه) غبار اطلاعات بیشتری درباره عملکرد فیلتر برای ذرات با سایز مختلف نمی دهد و تفاوتی بین فیلترهای با کارایی کمتر نمی گذارد. براساس یک نتیجه، یک استاندارد جدید معرفی شد.

ASHRAE 52.2-1999 Method for Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for the Removal Efficiency by Particle Size

این استاندارد مبتنی بر استفاده از شمارشگر ذرات برای شمارش تعداد ذرات در ۱۲ کسر سائیزی مختلف است. این داده ها برای کلاس بندی یک فیلتر به یکی از ۲۰ "حداقل مقدارهای گزارش کارایی"<sup>۱۲</sup> که MERV نامیده

<sup>۹</sup> "ASHRAE atmospheric dust spot efficiency"

<sup>۱۰</sup> "ASHRAE arrestance"

<sup>۱۱</sup> staining

<sup>۱۲</sup> "Minimum Efficiency Reporting Values"

## کنترل کیفیت هوای داخل

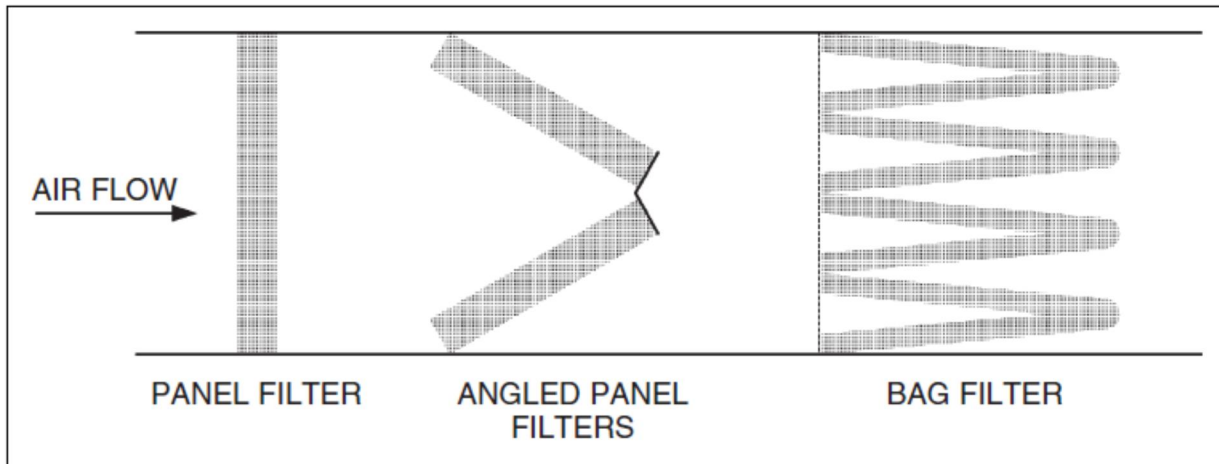
می شود. حداقل راندمان فیلتر MERV 1 است و بیشترین راندمان MERV 20 است. شکل زیر فیلترهای بارز را با گستره عملکرد و نوع کاربردهای بارزشان را نشان می دهد.

انواع بسیار مختلفی از فیلترها وجود دارد که با مدیاهای متفاوتی ساخته شده اند. ساده ترین، ارزانتین و بطور کلی کمترین اثربخشی مربوط به فیلتر قاب دار (پنل فیلتر<sup>۱۳</sup>) است. پنل فیلتری که معمولاً در سیستمهای خانگی استفاده می شود، پدی از مدیای فیلتر است که در برابر جریان هوا قرار می گیرد. پدی می تواند مش الومنیومی باشد، که برای تامین یک واحد قابل شستشوی ستبر بطور بارز دارای MERV 1-3 می باشد. مدیا ممکن است با فیلترهای فایبر گلاس با MERV 4 ترکیب و باند شود. ساختارهای بسیار زیاد دیگری وجود دارند که برای رضایت بازار در یک قیمت قابل مدیریت طراحی شده اند.

عملکرد فیلتر قاب دار می تواند بوسیله سوار کردن فیلترهای قاب دار در یک زاویه با جریان هوا برای تشکیل یک سطح گسترده، بهبود یابد. برای همان سرعت هوای عبوری از میان کانال، سطح فیلتر افزایش می یابد و سرعت از میان مدیا برای بهبود عملکرد فیلتر کاهش می یابد.

عملکرد فیلتراسیون و ظرفیت نگهداری غبار می تواند بوسیله چین دار کردن مدیا بیشتر بهبود یابد. تغییرات فیلترهای با مدیای چین دار شده گستره ای از MERV، 5 تا 8 را پوشش می دهد.

برای دستیابی به ظرفیت نگهداری بالاتری از غبار، مدیا می تواند تقویت شده و بصورت کیسه های با عمق تا 36 اینچ دربیاید. کیسه ها در طی کار سیستم بوسیله جریان هوای عبوری از آنها بصورت باد کرده نگه داشته می شوند. این چیدمان در قالب دیاگرام در شکل زیر نشان داده شده است.



دو تا از فاکتورهایی که بر عملکرد فیلتر تاثیر گذارند شامل مدیای فیلتر و سرعت هوای عبوری از مدیا است. بعضی از فیلترها مدیای درجه بندی شده با یک لایه زبر اولیه، برای جمع آوری بیشتر ذرات بزرگ دارند و سپس یک یا بیشتر (چند) لایه نرم تر، برای گرفتن ذرات کوچکتر بصورت تصاعدی دارند. مطابق نتیجه درجه بندی (لایه بندی)، لایه نرم تر نهایی به سرعت با ذرات بزرگ تر مسدود نمی شود. فیلترهای چین دار و کیسه ای سطح فیلتر

<sup>13</sup> panel filter

## کنترل کیفیت هوای داخل

را گسترش می دهند. این سرعت عبوری هوا را از الیاف فیلتر کاهش می دهد و به مقدار زیادی سطح جمع آوری ذرات را افزایش می دهد، که منجر به ظرفیت نگهداری خیلی بالاتر برای غبار می شود. برای سیستم تهویه، فیلترهای با MERV بالای 8 تقریباً همیشه با یک پیش فیلتر با MERV 4 یا کمتر برای گرفتن ذرات بزرگ، پرز<sup>۱۴</sup> و حشرات همراه می شوند. حذف ذرات بزرگ با یک لایه فیلتر و طولانی کردن طول عمر فیلتر بهتر، اقتصادی تر است.

فیلترهای الکترونیکی می توانند به عنوان یک جایگزین برای فیلترهایی که در بالا مورد بحث قرار گرفتند استفاده شوند. در یک الکترو فیلتر هوا از میان آرایه ای از سیم ها عبور می کند. سیم ها در ولتاژ بالایی نگه داشته می شوند تا یک بار الکتریکی روی ذرات غبار ایجاد کنند. هوا سپس از بین یکسری از صفحات صاف که بین ولتاژ بالا و پایین تغییر می کن، عبور می کند. ذرات غبار باردار شده به صفحات جذب می شوند و به آنها می چسبند. این فیلترها می توانند خیلی کارا باشند اما آنها برای حفظ کارایشان به تمیزکاری مرتب نیاز دارند. سیستمهای بزرگتر اغلب دارای سیستم های اتوماتیک شوینده برای حفظ کارکرد هستند.

### خصوصیات فیلتر

اجازه دهید به سه مشخصه اصلی فیلتر برگردیم:

- راندمان در حذف ذرات غبار با سایزهای مختلف
- مقاومت در برابر جریان هوا
- ظرفیت نگهداری غبار

**کارایی حذف ذرات با اندازه های مختلف،** بوسیله کیفیت تمیزی که برای فضا مورد نیاز است، و همه ذرات ویژه ای که مطرح هستند، تحت تاثیر قرار می گیرد.

بنابراین یک فیلتر با 5 تا 8 MERV برای استفاده در یک ساختمان اداری می تواند انتخاب شود، اما فیلترهای با 11-13 MERV بخاطر پرستیژ (اعتبار) اداری می تواند انتخاب شود. فیلتر با MERV بالاتر هزینه بیشتری برای نصب و بهره برداری دارند ولی کثیفی را در ساختمان کاهش می دهند و بنابراین آنها هزینه های تمیز کاری و تزئینات مجدد را ذخیره می کنند.

وقتی در مورد تاسیسات پزشکی بحث میشود، فیلترهای با 16 تا 14 MERV، بیشتر باکتریها را حذف خواهد کرد و می تواند برای اکثر فضاهایی که بیمار وجود دارد، استفاده شود. برای حذف همه باکتریها و ویروسها یک فیلتر با 17 MERV که فیلتر HEPA نامیده می شود، فیلتر استاندارد است. فیلترهای HEPA راندمان ۹۹/۷ درصد در مقابل ذرات ۰/۳ میکرونی دارند.

<sup>14</sup> lint

## کنترل کیفیت هوای داخل

Standard 52.2 Minimum Efficiency Reporting Value (MERV)	Approximate Standard 52.1 Results		Application Guidelines		
	Dust Spot Efficiency	Arrestance	Typical Controlled Contaminant	Typical Applications and Limitations	Typical Air Cleaner/ Filter Type
20 19 18 17	n/a n/a n/a n/a	n/a n/a n/a n/a	<b>Larger than 0.3 μm particles</b> Virus All combustion smoke Sea salt Radon progeny	Cleanrooms Pharmaceutical manufacturing Orthopedic surgery	HEPA/ULPA filters ranging from 99.97% efficiency on 0.3 mm particles to 99.999% efficiency on 0.1–0.2 mm particles
16 15 14 13	n/a >95% 90–95% 80–90%	n/a n/a >98% >98%	<b>0.3–1.0 μm Particle size, and all over 1 μm</b> All bacteria Most tobacco smoke Sneeze nuclei	Hospital inpatient care General surgery Superior commercial buildings	<b>Bag filters</b> Nonsupported (flexible) microfine fiberglass or synthetic media 12 to 36 inches deep, 6 to 12 pockets
12 11 10 9	70–75% 60–65% 50–55% 40–45%	>95% >95% >95% >90%	<b>1.0–3.0 μm Particle size, and all over 3.0 μm</b> Legionella Auto emissions Welding fumes	Hospital laboratories Better commercial buildings Superior residential	<b>Box filters</b> Rigid style cartridge filters 6 to 12 inches deep may use lofted (air laid) or paper (wet laid) media
8 7 6 5	30–35% 25–30% <20% <20%	>90% >90% 85–90% 80–85%	<b>3.0–10.0 μm Particle size, and all over 10 μm</b> Mold Spores Cement dust	Commercial buildings Better residential Industrial workplaces	<b>Pleated filters</b> Disposable extended surface, 1 to 5 inch thick with cotton- polyester blend media, cardboard frame <b>Cartridge filters</b> Graded density viscous coated cube or pocket filters, synthetic media <b>Throwaway</b> Disposable synthetic media panel filters
4 3 2 1	<20% <20% <20% <20%	75–80% 70–75% 65–70% <65%	<b>&gt;10.0 μm Particle size</b> Pollen Dust mites Sanding dust Textile fibers	Minimum filtration Residential Window air conditioners	<b>Throwaway</b> Disposable fiberglass or synthetic panel filters <b>Washable</b> Aluminum mesh, latex coated animal hair, or foam rubber panels <b>Electrostatic</b> Self charging (passive) woven polycarbonate panel filter

## کنترل کیفیت هوای داخل

**مقاومت در مقابل جریان هوا** بطور مستقیم، تحت تاثیر قدرت اسب فن مورد نیاز برای کشیدن هوای عبوری از فیلتر قرار می گیرد. بسیاری سیستم های ارزان<sup>۱۵</sup>، (از پیش بسته بندی شده<sup>۱۶</sup>)، دارای فن هایی نیستند که قادر باشند فشار را برای عبور هوا از میان مواد فیلتر دارای دانسیته بالا (فیلترهای طبقه بندی شده در MERV بالاتر) تامین کنند. معمولاً، اغلب سیستمهای خانگی با افت فشار فیلتر با 5 یا 6 MERV و نه بالاتر سروکار دارند.

**ظرفیت نگهداری غبار** تحت تاثیر مدت زما ت بین تعویض های فیلتر قرار می گیرد. فیلتر چین دار با 7 یا 8 MERV ممکن است همه آن چیزی باشد که مورد نیاز است اما یک بگ فیلتر با 9 تا 10 MERV می تواند ظرفیت نگهداری غبار خیلی بالاتری داشته باشد. در محیطهای خیلی کثیف یا جایی که یک هزینه بالا برای خاموش کردن سیستم و تغییر فیلتر وجود دارد، بنابراین بگ فیلتر می تواند انتخاب بهتری باشد.

### رقیق سازی

در اغلب محیطها، هوای بیرون نسبتاً فاقد آلاینده ها است، از طرف دیگر ذرات بزرگ، پرنده ها و حشرات در بیرون وجود دارند. وقتی در نظر داریم این هوا به داخل یک فضا آورده شود، پس از حذف آلودگیهای درشت از طریق یک صافی یا فیلتر، آن را می توان برای رقیق سازی همه آلاینده ها در فضای داخل بکار برد. علاوه براین ما به یک منبع کوچک از هوای بیرون برای فراهم کردن اکسیژنی که استنشاق می کنیم و برای ترقیق دی اکسید کربنی که پس می دهیم، نیاز داریم. تهویه رقتی روش استاندارد در کنترل آلاینده های عمومی در ساختمانهاست و روشها و کمیتهای مورد نیاز بطور مفصل در استاندارد 62.1-2004 آورده شده است.

<sup>15</sup> less expensive

<sup>16</sup> pre-packaged