แนวโน้มในการกรองอากาศ
Trends in Air Filtration

ปิยะพร ปฏิมาวิรุจน์
Camfil Farr (Thailand) Ltd.

ในทศวรรษที่ผ่านมา ผู้คนตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกก็เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้เกิดความแตกต่างในการปกป้องสิ่งแวดล้อมเพื่อสุขภาพที่ดียิ่งขึ้น การตระหนักถึงอากาศภายในทั้งตามตึกอาคารหรือในโรงงาน และตามที่สาธารณะต่างๆ ในขณะเดียวกัน กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ความต้องการอากาศที่สะอาดมากเพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งประสิทธิภาพและความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้นในการจัดการอากาศให้สะอาด

ตามทิศทางดังกล่าว จึงส่งผลให้ปัจจุบันการเลือกแผ่นกรองอากาศสำหรับระบบ AHU จะต้องมีประสิทธิภาพที่ดี และมีการออกแบบการใช้แผ่นกรองที่เหมาะสมและถูกต้องให้ถูกหลักอนามัย เพื่อการปรับปรุงอากาศภายใน (Indoor Air Quality) ให้ดียิ่งขึ้น แผ่นกรองอากาศจะต้องถูกใช้เพื่อปกป้องกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ภายใน, ป้องกันฝุ่นละอองและสารปนเปื้อนที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์, ก๊าซพิษและจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งแผ่นกรองอากาศจะต้องมีประสิทธิภาพตามความต้องการ ความต้องการดังกล่าว จึงทำให้เกิดการทดสอบแบบใหม่ ซึ่งสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพได้จริง

ปัจจุบันสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการลดการใช้พลังงานและลดต้นทุนจึงนำไปสู่วิธีการใหม่ๆ ที่คำนึงถึงต้นทุนและการวิเคราะห์การใช้แผ่นกรองอากาศ

มลพิษและสุขภาพ (Pullation and Helt)

จากการศึกษาในหลายๆ ประเทศพบว่า มลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบกับสุขภาพจะต้องพิจารณาการกรองอากาศเป็นพิเศษ ทศวรรษที่ผ่านมาการตรวจสอบมลภาวะทางอากาศในยุโรปได้เกิดการพัฒนามากขึ้น ได้แก่ ความเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และสารอื่นๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้

จากข้อมูลการลดลงของมลพิษดังกล่าว จะเห็นว่า ปัจจุบันคนให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้นในด้านมลพิษทางอากาศ ซึ่งปัญหาตัวใหม่ก็เกิดขึ้นคือสารพิษที่เกิดจากการใช้สารเคมีใหม่ๆ ในผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์และระบบความสะอาดในรถยนต์ ซึ่งทำให้ลดมลภาวะในรูปแบบของควันท่อไอเสีย (ตรวจวัดโดยน้ำหนัก) ในขณะเดียวกันฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากๆ ก็มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น สิ่งแวดล้อมภายในฝุ่นละอองขนาดเล็กดังกล่าวถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณมาก เช่นเดียวกับยานพาหนะบนท้องถนนที่มีมากขึ้น

คนเราจะใช้เวลา 90% อยู่ภายในอาคารและในมุมมองของเรา และคิดว่าไม่มีผู้ใดจะป่วยอันเกิดจากสภาพอากาศภายในอาคาร ในเอกสาร "The right to healthy indoor air" องค์การอนามัยโลก [1] กล่าวถึง การหายใจด้วยอากาศสะอาดภายในอาคาร เป็นสิทธิของมนุษย์ทุกคนที่พึงได้ การเพิกเฉยต่อการทำให้อากาศสะอาดภายในอาคาร (Indoor Air Quality) ถือเป็นความผิด องค์กรหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตึก อาคารต้องรับผิดชอบโดยตรงในการจัดการเพื่อก่อให้เกิดอากาศสะอาด

ปัจจุบัน โรคหืดหอบและโรคภูมิแพ้มีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ในไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาซึ่งส่งผลถึง 1 ใน 3 ของเด็กในประเทศที่พัฒนาแล้ว จากการศึกษาในยุโรปจากข้อมูล 140,000 คน จาก 22 ประเทศ[2] แสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างระหว่างภูมิประเทศและพื้นที่มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของโรคดังกล่าว รวมถึงสิ่งแวดล้อมและกิจวัตรประจำวันก็มีผลด้วยเช่นกัน

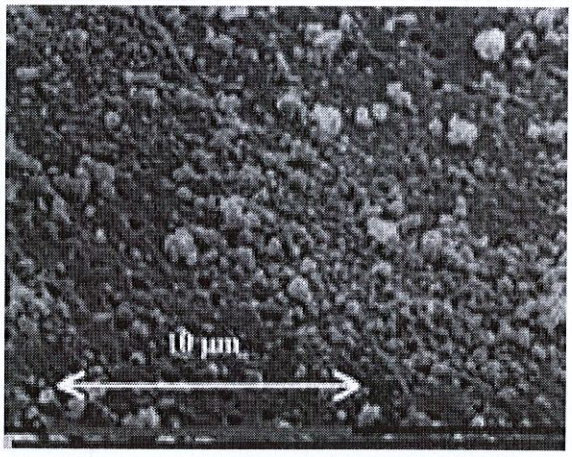
ชนิดและระดับในการตรวจวัดจากจุลินทรีย์ ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพ จุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มขึ้น ระดับโรคหืดหอบและโรคภูมิแพ้เพิ่มขึ้นตามด้วยเช่นกัน จุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา (fungi) ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากอากาศภายในอาคาร ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว ภายในอาคารเกิดจากปัญหาความชื้นภายในซึ่งสามารถควบคุมได้โดยการออกแบบและใช้ระบบปรับอากาศที่ดี

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particles) ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจึงมักถูกมองข้าม ระหว่างปี 1990 ฝุ่นละอองในอากาศเป็นหนึ่งสิ่งที่ถูกนำมาวิจัยเพื่อพัฒนาและผลิตยารักษาโรค แสดงให้เห็นว่าฝุ่นขนาดเล็กเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ มีความเกี่ยวข้องกันระหว่างสุขภาพ และฝุ่นขนาดเล็กจากการศึกษาฝุ่นขนาดเล็กของ Air Pollution and Mortality ในสหรัฐอเมริกา[3] สรุปว่า ความเกี่ยวข้องระหว่างมลภาวะในอากาศซึ่งมีฝุ่นขนาดเล็ก (<2.5 μm) และอัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจและการป่วยในระบบทางเดินหายใจมีความเชื่อมโยงกัน จากการศึกษาในปัจจุบัน[4] ยืนยันว่าฝุ่นขนาดเล็กทำให้เกิดโรคมะเร็งในโลหิต ผลจากฝุ่นขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 เท่า จากที่เราคาดการณ์ไว้ในปัจจุบัน[5]

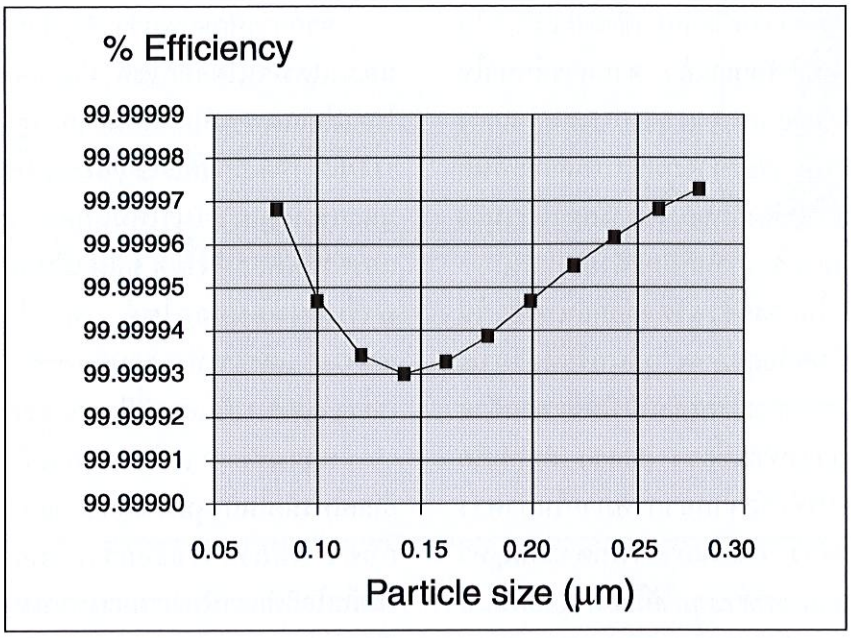
ก๊าซปนเปื้อน (Gas Contaminants)

จากการศึกษาพบว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, โอโซน และไนโตรเจนไดออกไซด์ มีผลต่อการเกิดโรคหืดหอบในคนโดยเฉพาะกับเด็กที่มีอากาศภูมิแพ้ มะเร็ง (PAH : Poly Aromatic Hydrocarbon) จากรถยนต์และกระบวนการเผาไหม้มีผลต่อสุขภาพในระยะยาว และก๊าซพิษอีกหลายๆ ชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนออกไซด์, คลอโรฟูออไรคาร์บอน (CFCs) และสารประกอบอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds) เป็นสารที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ความต้องการห้องสะอาดมีมากขึ้น โรงงานอิเลคโทรนิคในปัจจุบันจะถูกออกแบบและสร้างให้รองรับกับความต้องการของกระบวนการผลิตในอนาคต เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และเราทราบกันดีว่าระบบการกรองฝุ่น และกลิ่นในห้องที่ต้องการความสะอาดสูงจะต้องมีปัจจัยในการเลือกที่สำคัญคือต้นทุนที่สมเหตุสมผล ผลที่ตามมาคือ โรงงานอิเลคโทรนิคเป็นตัวผลักดันให้เกิดการพัฒนาแผ่นกรองอากาศและระบบการกรองให้สอดคล้องกับความต้องการ ซึ่งส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมอื่นๆ และที่จะได้รับประโยชน์นี้อีกด้วย เพื่อที่จะสนองความต้องการของลูกค้า การพัฒนาวิธีการทดสอบ และจัดระดับแผ่นกรองอากาศแบบ Absolute (HEPA/ULPA) จึงเกิดขึ้น ในปี 2000, European Standardization (CEN) ได้ส่งมาตรฐาน EN1822 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับแบ่งระดับของแผ่นกรองและทดสอบแผ่นกรองแบบ HEPA และ ULPA การทดสอบและการแบ่งระดับแผ่นกรองจะมีปัจจัยหลักคือ ประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศ โดยพิจารณาจากขนาดของฝุ่นที่สามารถทะลุทะลวงแผ่นกรองได้



ผลการทดสอบอากาศบนถนน Oxford ในลอนดอน ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กจากอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น



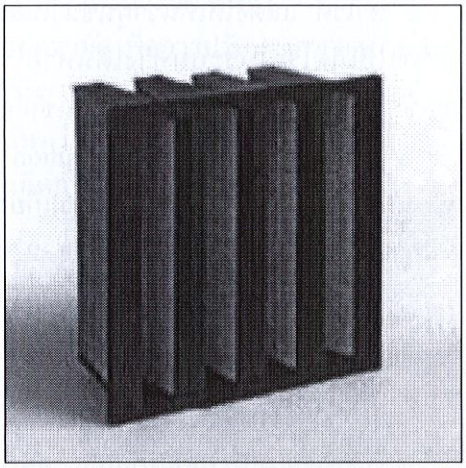
*ประสิทธิภาพ (Efficiency) และขนาดของฝุ่น (Particle Size) ของ HEPA Filter แผ่นกรองนี้ จะมีประสิทธิภาพการกรองต่ำที่สุดที่ฝุ่นขนาด 0.13 µm (The **M**ost **P**enetrating **P**article **S**ize)*

มากที่สุด (Most Penetrating Particle Size : MPPS) ซึ่งได้รับการยอมรับเป็นอย่างดีทั่วโลก

ก๊าซปนเปื้อนในอากาศสามารถกำจัดได้หลายวิธี ซึ่ง Activated Carbon เป็นวิธีที่ประสบความสำเร็จมากในการเพิ่มความปลอดภัยในหลายๆ ส่วน เช่น กองทัพ, หน้ากากกันก๊าซ และโรงงานนิเคลียร์ รวมทั้งห้องทดสอบ Biological

Activated Carbon ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการป้องกันโบราณวัตถุ ภาพศิลปะในพิพิธภัณฑ์จากอากาศภายนอก ซึ่งใช้สำหรับสารของอินทรีย์ในอากาศจะใช้วิธีดูดจับแบบ Physical โดยมีการทำปฏิกริยาทางเคมีหรือไม่ก็ได้

การพัฒนาการออกแบบแผ่นกรองอากาศ และการกรองสารเคมีควรเลือกสรรให้ตรงตามความต้องการในระบบปรับอากาศในปัจจุบัน นั่นคือ มีการรับอัตราการไหลผ่านของอากาศได้สูง และมีความดันตกคร่อมต่ำ ในเมืองใหญ่ความต้องการแผ่นกรองอากาศเพื่อใช้ในการกรองก๊าซพิษมีมากขึ้น (บริเวณจ่ายลมเข้า) ตามมาตราฐาน EN13779 [6] ได้แนะนำไว้ว่า การกรองก๊าซพิษจากอากาศภายใน (IAQ) มีความจำเป็นเมื่อต้องการใช้อากาศภายในห้องสะอาด



ตัวอย่างตัวกรองก๊าซและกลิ่น (Chemical Filter) ที่ขึ้นรูปเนื้อกรองแบบพับ (Pleated) สำหรับติดตั้งในระบบ HVAC สามารถรับแรงลมได้สูงและความดันตกคร่อมต่ำ

แผ่นกรองอากาศในระบบปรับอากาศสามารถทำให้คุณภาพของอากาศในอาคารดียิ่งขึ้น (IAQ) [7] โดยเป็นตัวช่วยรักษาความสะอาดภายในระบบภายใต้เงื่อนไขการออกแบบอัตราการไหลที่เหมาะสม อุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ระบุ พัดลม Cooling และ Heating ทำงานได้อย่างเหมาะสม แผ่นกรองอากาศสามารถป้องกันจุลินทรีย์จากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ระบบได้

ทำไม? ต้องมีการปรับปรุงมาตรฐานการทดสอบแผ่นกรอง

ตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา แผ่นกรองอากาศสำหรับระบบ HVAC ในยุโรปจะทดสอบภายใต้มาตรฐาน Eurovent 4/5 ปัจจุบันได้มีการทดสอบตามมาตรฐาน EN779 พบว่า วิธีการทดสอบแบบเก่ายังไม่เพียงพอต่อความต้องการที่จะทำการทดสอบแผ่นกรองอากาศเท่าที่ควร มาตรฐาน EN779 จึงใช้วิธีการทดสอบ โดยพิจารณาประสิทธิภาพของแผ่นกรองตามขนาดของฝุ่น วิธีการดังกล่าว สามารถบอกถึงคุณสมบัติของแผ่นกรองและสามารถพิจารณาประสิทธิภาพของแผ่นกรองตามความเหมาะสม โดยสอดคล้องกับความต้องการอากาศที่สะอาดภายในอาคาร (IAQ) และความต้องการในกระบวนการผลิต

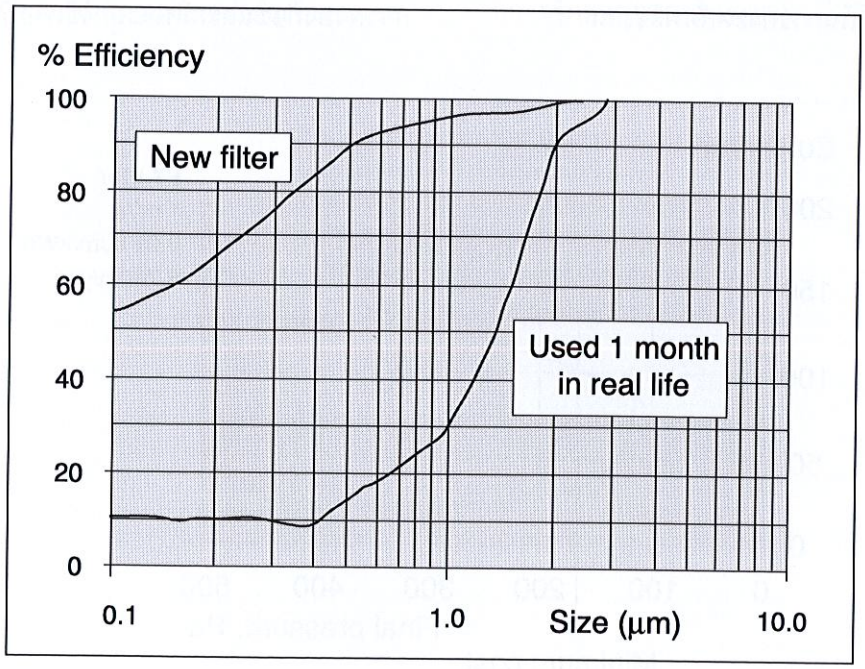
ระดับประสิทธิภาพของแผ่นกรอง ไม่ได้บ่งบอกถึงอายุการใช้งาน

ระดับประสิทธิภาพของตัวกรองตามมาตรฐาน EN779 ขึ้นอยู่กับการทดสอบในห้องทดสอบ โดยใช้ฝุ่นสังเคราะห์ (Synthetic dust) และไม่ได้กล่าวถึงอายุการใช้งานของตัวกรอง[9] ความดันตกคร่อมสุดท้ายที่จะทำให้เกิดการประหยัดที่สุดคือ 150 Pa ในขณะที่ตัวกรองจะกำหนดความดันตกคร่อมสุดท้ายไว้ที่ 450 Pa ซึ่งตามหลักแล้ว แผ่นกรองจะถูกเปลี่ยนเมื่อถูกใช้ไปในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่ความดันตกคร่อมสุดท้ายที่ 450 Pa

ชนิดของเนื้อกรองบางชนิดจะมีการใส่ประจุไฟฟ้าเมื่อทดสอบจากห้องทดสอบจะได้ประสิทธิภาพสูง แต่เมื่อนำมาใช้งานจริงประสิทธิภาพของตัวกรองก็จะลดลง ผู้ใช้จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพที่ลดลงเมื่อประจุถูกใช้หมดไป EN779 จึงมีการกำหนดการทดสอบตัวกรอง เมื่อดึงประจุออกประสิทธิภาพของตัวกรองจะเปลี่ยนแปลงไป

การวิเคราะห์รอบการเปลี่ยนแผ่นกรอง (Life Cycle Analysis)

การวิเคราะห์รอบการเปลี่ยนแผ่นกรองที่เหมาะสมกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการลดต้นทุน เพื่อเป็นการหาจุดที่ดีที่สุด จึงมีการทำการคำนวณรอบการเปลี่ยนที่เหมาะสมกับต้นทุน Life Cycle Cost (LCC) ระบบการกรองอากาศเป็นส่วนหนึ่งที่มีค่าการใช้พลังงานสูง และความดันตกคร่อมของแผ่นกรองก็เป็นส่วนหนึ่งของการ



กราฟแสดงถึงความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของแผ่นกรองในห้องทดสอบกับผลของการใช้งานจริง
การใส่ประจุให้กับแผ่นกรองจะทำให้ประสิทธิภาพในห้องทดสอบสูงจนถึงระดับ F7
แต่เมื่อดูจากผลการใช้งานจริงสำหรับฝุ่นขนาดเล็กประสิทธิภาพจะต่ำมาก

ใช้พลังงานส่วนใหญ่ในระบบปรับอากาศโดยรวม ผู้ใช้มีการร้องขอการคำนวณรอบการเปลี่ยนแผ่นกรองให้สอดคล้องกับราคามากขึ้น สำหรับแผ่นกรอง Eurovent เป็นผู้บุกเบิกการคิดคำนวณและกำหนดวิธีการ[10] เพื่อใช้คิดต้นทุนของแผ่นกรองตลอดอายุการใช้งาน

ความดันตกคร่อมสุดท้ายที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์มีความสำคัญต่อค่าพลังงาน ความดันตกคร่อมที่เหมาะสม โดยปกติจะอยู่ระหว่าง 100 Pa และ 200 Pa ความดันตกคร่อมสุดท้ายจะมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในห้องทดสอบมาก ในการคำนวณ LCC สิ่งสำคัญก็คือการกำหนดคุณภาพของแผ่นกรอง ระบบที่ไม่มีตัวกรองหรือมีตัวกรองที่คุณภาพต่ำจะทำให้ต้นทุนโดยรวมสูง (เช่น ค่าทำความสะอาดท่ออากาศ Coil พัดลม เป็นต้น)

ต้นทุนค่าแผ่นกรอง 6,500 บาทต่อปี ที่อัตราการไหลของอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ขณะที่ค่าปฏิบัติการในระบบคงที่ ในบริเวณออฟฟิศ อัตราการไหลของอากาศจะสามารถจ่ายแก่ 100 คน ดังนั้น ค่าการกรองอากาศต่อ 1 คนจะมีค่าเท่ากับ 65 บาทต่อปี รวมกับค่าพลังงานที่ใช้ไปเป็นจำนวนมาก

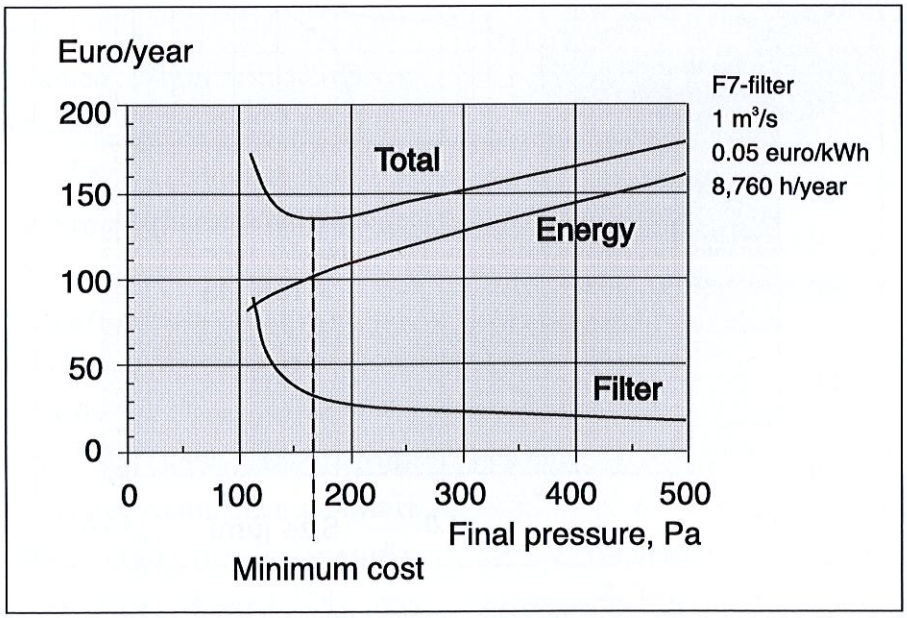
ปัจจุบันการคิดโปรแกรม LCC เพื่อช่วยคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแผ่นกรองและการเลือกแผ่นกรองที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน

การติดตั้งแผ่นกรองอากาศ

แผ่นกรองอากาศใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนและกักเก็บจุลินทรีย์ในอากาศในบางสถานการณ์ สามารถเป็นแหล่งในการก่อให้เกิด VOCs และสารภูมิแพ้ได้ สารเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหา และเกิดความสกปรก บางกรณีทำให้เกิดโรค Sick Building Syndromes ได้แก่ การเคืองตา ปวดศีรษะ และปวดเมื่อยเนื้อตัว ในระบบที่มีการปนเปื้อนในอากาศสูงและเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในอากาศที่มีการปนเปื้อนสูง จึงมีการศึกษาวิจัย โดยการเพิ่มเติมเชื้อ จุลินทรีย์และเพิ่มการปล่อยอากาศเสียเข้าไปในระบบปรับอากาศตลอดอายุการใช้งาน[11] จากการศึกษาให้ผลว่าแผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า F7 สำหรับการกรองอากาศด้านจ่ายลมเข้า (Supply air) จะทำให้สุขอนามัยต่ำลง

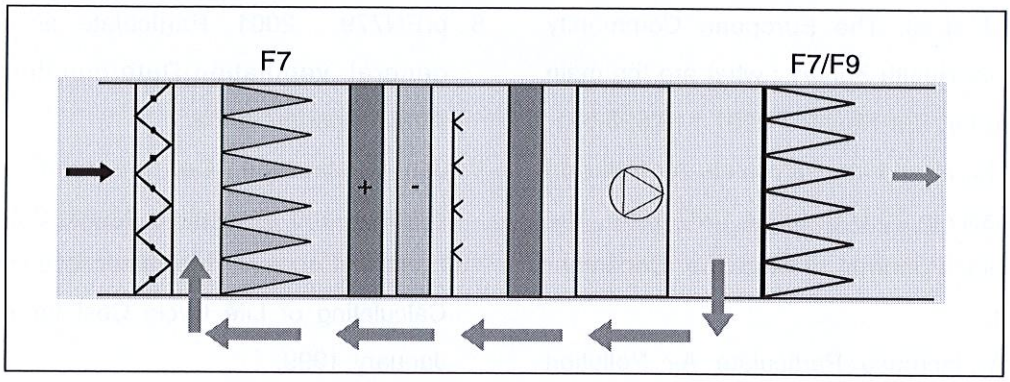
คำแนะนำใหม่[12,13] ตามข้อมูลในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าการใส่แผ่นกรอง 2 ขั้นจะช่วยลดปัญหาด้านสุขภาพมากขึ้น แผ่นกรองอากาศขั้นต้นควรมีประสิทธิภาพอย่างต่ำที่ F5 และจะได้ผลดียิ่งขึ้นถ้าใช้ F7 และแผ่นกรองขั้นที่ 2 ประสิทธิภาพอย่างต่ำ F7 ซึ่งจะได้ผลดียิ่งขึ้นถ้าใช้ F7 ถ้ามีแผ่นกรองเพียงขั้นเดียว ประสิทธิภาพตัวกรองที่ต้องการอย่างน้อยควรจะอยู่ที่ F7

สำหรับ VOCs ในอากาศ แผ่นกรองที่ใช้ในการกรองก๊าซและกลิ่นจะถูกใช้เพื่อกำจัด VOC นั้น



เมื่อค่าความดันตกคร่อมสุดท้ายเพิ่มขึ้น อายุการใช้งานก็จะยาวขึ้น ดังนั้นต้นทุนค่าแผ่นกรองก็จะลดลงในขณะเดียวกัน ค่าพลังงานก็มากขึ้นด้วย ต้นทุนค่าแผ่นกรองจะแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศและสิ่งปนเปื้อนจากภายนอก ซึ่งความดันตกคร่อมสุดท้ายที่สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสม

แผ่นกรองในขั้นแรกจะต้องถูกเปลี่ยนค่าความดันถึงค่าความดันตกคร่อมสุดท้ายที่กำหนด หรืออย่างมากที่สุด 8,700 ชั่วโมง แผ่นกรองขั้นที่ 2 อายุการใช้งานควรไม่เกิน 2 ปี ประสิทธิภาพที่ได้จะลดลงระหว่างการใช้งาน ซึ่งจะไม่เป็นที่ยอมรับ



ตามหลักอนามัย อากาศเข้าควรมีแผ่นกรอง 2 ขั้น แผ่นกรองขั้นแรกควรมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า F7 และขั้นที่ 2 ไม่ต่ำกว่า F9 เพื่อหลีกเลี่ยงความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่า 80% อากาศบางส่วนควรให้ความร้อนเข้าไปไหลเวียน หรืออากาศบางส่วนควรมีการหมุนเวียน

สรุป

เมื่อต้องการอากาศสะอาด หรือต้องการปกป้องเครื่องมือเครื่องใช้จากอากาศที่ไม่บริสุทธิ์ ซึ่งอากาศสะอาดจะส่งผลทำให้เกิดกระบวนการผลิตที่ดีขึ้น ผลผลิตมากขึ้น อาหารสามารถเก็บได้นานขึ้นและการรับประกันคุณภาพ เป็นผลของตัวอย่างที่ใช้แผ่นกรองอากาศในระบบอย่างได้ผล จากการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพเห็นว่าฝุ่นขนาดเล็กจะส่งผลสำคัญต่อสุขภาพ ยิ่งไปกว่านั้น คุณภาพของอากาศสะอาดภายในอาคาร (Indoor Air Quality) เป็นสิ่งสำคัญมากขึ้น และกลายเป็นตัวชี้วัดความชำนาญการในการออกแบบระบบกรองอากาศของแต่ละบุคคลในการเลือกแผ่นกรองที่เหมาะสม การบำรุงรักษาที่ดีจะทำให้ต้นทุนต่ำลง ทั้งยังเป็นการป้องกันการเกิดโรค Sick Building Syndrome และเป็นการรักษาสุขภาพในระยะยาวได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง :

1. WHO. The Right to Healthy Indoor Air. Statements, Bilthoven, the Netherlands, 15-17 May 2000.
2. Janson J et al. The European Community Respiratory Health Survey : what are the main results so far. Eur Respir J 2001 ; 18:598-611.
3. Same, J.M. et al. Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities 1987-1994. The New England Journal of Medicine, December 14, 2000.
4. Peters A. Increase Particulate Air Pollution and the Triggering of Myocardial Infarction. Circulation. 2001;103:2810.
5. Zanobetti A. et al. The Temporal Pattern of Mortality Responses to Air Pollution: A Multicity Assessment of Mortality Displacement. Epidemiology 2002 ; 13:87-93.
6. prEN13779. Ventilation for non-residential buildings-performance requirements for ventilation and room conditioning system. European draft standard, June 2001.
7. Gustavsson J. How can air filters contribute to better IAQ?. Filtration and Separation, March 1999.
8. prEN779 : 2001. Particulate air filters for general ventilation-Determination of the filtration performance.
9. Jan Gustavsson. Can we trust air filters? Filtration and Separation, March 2000.
10. Eurovent/Cecomaf. Recommendation concerning Calculating of Life Cycle Cost for Air Filters. January 1999.
11. Moritz M. Hygienische Untersuchen zur Begrensezung der Standzeit von Luftfiltern in RTL-Anlagen. Universitat Berlin 1999.
12. VDI 6022 : July 1998. Hygienic aspects for the planning, design, operation and maintenance of air-conditioned systems.
13. Eurovent/Cecomaf. Air Filters for Better IAQ. January 1999. Eurovent/Cecomaf. Recommendation concerning Indoor Air Quality, January 1999.