การตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร

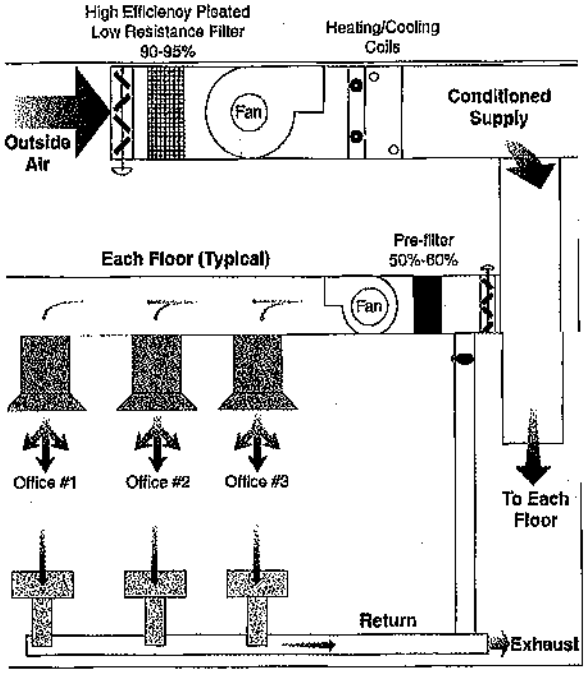
สุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด
บริษัท ไทยเอ็นจิเนียริ่ง สเปเชียลลิซ จำกัด

คุณภาพอากาศในอาคารมีความสำคัญยิ่งขึ้นในปัจจุบันอันเนื่องมาจากสภาวะการติดเชื้อในอากาศตลอดจนถึงสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ในขณะเดียวกันความต้องการประหยัดพลังงานของอาคารทำให้มีการใช้วัสดุที่ป้องกันการรั่วไหลของอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ตลอดจนถึงบางอาคารที่มีแต่ให้อากาศหมุนเวียนภายในแต่เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีอากาศภายนอกมาเติม ทำให้คุณภาพของอากาศภายในอาคารลดลง หรือเป็นบ่อเกิดของภาวะการติดเชื้อในทางเดินหายใจ ซึ่งมีหน่วยงานในประเทศ เช่น สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ร่วมกันจัดทำมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศในอาคาร และมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคารขึ้น ส่วนมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐาน ASHRAE62.1-2007 ซึ่งเป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศในอาคาร หรือหน่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมในอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency) ก็ได้ให้ความสนใจเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศในอาคารเพิ่มมากยิ่งขึ้น เช่น

- อาการเจ็บป่วยจากคุณภาพอากาศในอาคาร (Sick Building Syndrome) มีผู้ใช้อาคารประมาณกว่า 30% ได้รับผลกระทบจนเกิดความเจ็บป่วย แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้จากการวินิจฉัยได้
- ความป่วยอันเนื่องมาจากอาคาร (Building Related Illness) เป็นคำจัดกัดความทางการแพทย์ถึงความเจ็บป่วยที่วิเคราะห์ได้ว่า เป็นผลสืบเนื่องมาจากการใช้อาคาร
- ความไวต่อสารเคมีหลากชนิด (Multiple Chemical Sensitivity) หรือความเจ็บป่วยจากสภาพแวดล้อม (Environmental Illness) ผู้ใช้อาคารบางคนมีความไวต่อสารเคมีบางตัวหรือหลายชนิดสูง แม้ว่าจะได้รับในปริมาณที่ต่ำ แต่ต่อเนื่องเป็นระยะยาว

ดังนั้น คุณภาพของอากาศในอาคารมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน ความสบายของคนงาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ตลอดจนถึงสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร ทั้งในแง่บวกหรือลบ ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร

การที่จะทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของอากาศในอาคารจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวอาคารการออกแบบผังอาคาร ระบบเครื่องกล อุปกรณ์ต่างๆ การใช้พื้นที่อาคาร การกระจายของอากาศในอาคาร การเติมอากาศในอาคาร การกรองอากาศของอาคาร และอัตราหมุนเวียนของอากาศในอาคาร ล้วนมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในอาคาร แผนผังการจัดวางเครื่องจักร เฟอร์นิเจอร์ ล้วนมีผลกระทบต่อการไหลหรือขัดขวางกระแสการหมุนเวียนของอากาศในอาคาร ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของอากาศในอาคาร นอกจากนั้นแล้วควรคำนึงถึงทิศทางของมลพิษที่จะเข้าสู่อาคารซึ่งอาจเข้าสู่อาคารได้หลายวิธี ทั้งที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน มลพิษสามารถเข้าสู่อาคารได้โดยการเคลื่อนตัวของอากาศหรือความดันต่างระหว่างภายในและภายนอก โดยไหลจากสถานที่ที่มีความดันสูงสู่ที่ที่มีความดันต่ำกว่า



ภาพแสดงทิศทางการไหลของสิ่งปนเปื้อน
จากบริเวณที่มีความดันสัมพัทธ์สูงสู่ความดันสัมพัทธ์ต่ำ

โดยทั่วไปคนจะไวต่อมลพิษแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะตั้งมาตรฐานระดับของมลพิษในอากาศให้ครบทุกประเภท และไม่มีเครื่องวัดมลพิษเฉพาะอย่างได้ครบทุกชนิด ตลอดทั้งมีมลพิษชนิดใหม่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาอันเป็นผลพวงจากเทคโนโลยีใหม่ๆ

อาการของโรคที่เกิดจากคุณภาพของอากาศแตกต่างกันไปจากคนสู่คนตามความรู้สึกของแต่ละคนที่ไวต่อมลพิษแต่ละประเภทต่างกัน เช่น อาการหนาวสั่น, เหงื่อออก, ระคายเคืองนัยน์ตา, ผื่นคัน, ภูมิแพ้, ไอ, คัดจมูก, คลื่นไส้อาเจียน, บวมอักเสบ, จาม จนในที่สุดอาจเกิดอาการหมดสติ หากรับมลพิษเกินกว่าที่ร่างกายจะทนได้

ประเภทของมลพิษ

มลพิษในอากาศที่กระทบต่อคุณภาพอากาศในอาคาร ประกอบด้วย

- เกิดจากชีววัตถุ (Biological) เช่น แบคทีเรีย, เชื้อรา, ไวรัส, เกสรดอกไม้, ขนสัตว์, ของเสียจากคน เช่น น้ำมูกจากการจาม, เสมหะจากการไอ เป็นต้น ล้วนมีผลต่อคุณภาพอากาศ
- เกิดจากสารเคมี (Chemical) เช่น น้ำยาทำความสะอาด, สารทำละลาย, เชื้อเพลิง, กาว, การเผาไหม้, ไอระเหยจากเฟอร์นิเจอร์, สีทาผนัง เป็นต้น เป็นส่วนหนึ่งของสารเคมีในอากาศ
- ฝุ่นละออง (Particle and Aerosol) มีทั้งที่เป็นรูปแบบของแข็งหรือละอองน้ำที่มีมวลเบา และแขวนลอยอยู่ในอากาศ มีทั้งขนาดหยาบ (10 ถึง 100 ไมครอน) ขนาดกลาง (0.3 ถึง 10 ไมครอน) หรือละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 0.3 ไมครอนลงมา) ซึ่งเกิดจากฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง, การพิมพ์, การถ่ายเอกสาร, กระบวนการผลิต, การสูบบุหรี่, การเผาไหม้, การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้ไอระเหยกลั่นตัวเป็นอนุภาคฝุ่น ซึ่งสามารถจัดแบ่งประเภทได้ เช่น ฝุ่น, ควัน, หมอก, ไอระเหย เป็นต้น

การควบคุมต้นกำเนิดของมลพิษ

มลพิษในอาคารมีแหล่งกำเนิดหลักอยู่ 2 ทาง คือ จากภายนอกอาคารและจากภายในอาคารเอง ตัวอย่างของมลพิษภายนอกอาคาร เช่น ควันเสียรถยนต์, โครงการก่อสร้าง, มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมใกล้เคียง, ไอเสียที่ดูดออกจากภายในอาคารเองที่แขวนลอยใกล้กับช่องอากาศเข้า ส่วนมลพิษที่เกิดจากภายในอาคารเอง เช่น น้ำยาทำความสะอาด, การซ่อมแซมอาคาร, สารทำละลาย, เครื่องเฟอร์นิเจอร์ใหม่, เครื่องถ่ายเอกสาร, หมึกพิมพ์, เครื่องใช้สำนักงานบางประเภท, การสูบบุหรี่, การทำอาหาร เป็นต้น

ควรจะต้องทำการกำหนดที่ตั้งที่เหมาะสมของแหล่งกำเนิดมลพิษ และควบคุมการกระจายตัวของมลพิษที่มีต้นเหตุอยู่ทั้งภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งสามารถทำได้โดย การปิดรอยรั่วของอาคารให้เล็ก หรือการทำให้อาคารมีความดันสัมพัทธ์สูงกว่าความดันภายนอกเพื่อป้องกันการรั่วซึมของมลพิษเข้าสู่อาคาร โดยอาศัยความดันต่างสัมพัทธ์ รวมทั้งการกรองอากาศใหม่ที่จะเข้าสู่อาคาร วิธีการในการควบคุมมลพิษในอากาศหลังจากที่มีการระบุแหล่งกำเนิดของมลพิษในอากาศ เช่น

- ย้ายสิ่งที่ทำให้เกิดมลพิษ ให้ไกลจากที่มีคนหนาแน่น

• ซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดมลพิษเพื่อให้สามารถควบคุมได้

• ทำแผงกั้นแหล่งกำเนิดมลพิษ

• ใช้ความดันต่างสัมพัทธ์เพื่อแยกแหล่งกำเนิดมลพิษ

• ลดเวลาที่คนงานต้องสัมผัสกับมลพิษ

• ใช้ปล่องดูดควันพิษจากเครื่องจักรพร้อมบำบัดก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

• เจือจางมลพิษและขจัดมลพิษจากอาคารโดยเพิ่มการระบายอากาศ

• เพิ่มระบบกรองอากาศและเครื่องดูดซับมลพิษ เช่น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Filter) เพื่อบำบัดอากาศเข้าให้สะอาดและดูดมลพิษจากอาคาร

การตรวจสอบคุณภาพอากาศในอาคาร

ขั้นตอนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศในอาคารมีดังต่อไปนี้

• ขั้นการวางแผน

- รวบรวมประวัติข้อมูลเกี่ยวกับอาคารและระบบ

- สัมภาษณ์บุคคลที่ได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศของอาคาร ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับคำร้องและอาการป่วย และตรวจสอบถึงสถานที่และเวลาที่เกิดขึ้น

- กำหนดวัตถุประสงค์

- กำหนดกลยุทธ์ที่จะใช้

• รวบรวมข้อมูล – ทำการวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นรอบๆ อาคาร เช่น อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, คาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, ปริมาณฝุ่น, ไอระเหยสารอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds), สารเคมี, สารชีวภาพ

• วิเคราะห์ข้อมูล – ตรวจสอบมาตรการที่ยอมรับได้ที่จะขจัดต้นเหตุที่น่าสงสัยว่าก่อให้เกิดปัญหาตลอดจนถึงสิ่งผิดปรกติที่ทำให้ต้องขยายความสนใจเพิ่มขึ้น ที่สำคัญคือ อาจมีหลายสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา

• ทำรายงานเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ – รายงานถึงผลที่บ่งชี้เพื่อให้มีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขควรต้องจัดทำเป็นรายงาน

• ให้ความช่วยเหลือ – จัดเตรียมแผนการจัดการเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วยการกำหนดนโยบายและการตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดความมั่นใจเกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคาร

เพื่อความกระชับ – คำถามในการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารที่ได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศในอาคารอาจใช้ตัวอย่างคำถามดังต่อไปนี้

1) มีอาการไม่สบายอย่างไร?

2) เมื่อไรที่เกิดอาการไม่สบาย?

3) อาการไม่สบายเกิดขึ้นตอนไหน? ตลอดเวลา, เฉพาะเวลา หรือบางเวลา (เช่น เป็นชั่วโมง, ช่วงเช้า-เย็น, ตามฤดูกาล ฯลฯ)

4) มักเกิดอาการไม่สบายเกิดขึ้นที่ส่วนไหนของอาคาร?

5) อาการไม่สบายลดลงเมื่อออกจากบริเวณที่ส่งผลกระทบหรือไม่? เร็วแค่ไหน?

6) อาการเปลี่ยนไปตามสถานที่หรือไม่? เฟอร์นิเจอร์ใหม่, พรม, สี, การจัดห้องใหม่ หรือโครงการก่อสร้างใหม่

7) อยู่ใกล้สถานที่สูบหรี่หรือที่จอดรถหรือไม่?

8) มีการย้ายที่อยู่ใหม่หรือไม่?

9) มีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมหรือพฤติกรรมเดิมหรือไม่?

10) มีคนอื่นอีกหรือไม่ที่มีอาการแบบเดียวกันเมื่ออยู่ในที่เดียวกัน?

การวัดเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศ

มีตัวแปรหลายอย่างที่ต้องตรวจวัดและวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพของอากาศในอาคาร เพื่อตัดสินว่าสมควรจะมีการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมอย่างไรที่สำคัญคือ เมื่อมีการพบต้นตอของปัญหาจนนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแล้ว ควรจะมีการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำซาก และยังเป็นการเตือนปัญหาฉุกเฉินตั้งแต่เนิ่นๆก่อนที่ปัญหาจะลุกลามและยากต่อการจัดการ

หลักเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของอากาศในอาคารขั้นต้นมีอยู่ 2 เรื่อง คือ ตัวแปรที่มีผลต่อความสบายและสุขภาพ ซึ่งความแตกต่างอยู่ที่หนทางที่บุคคลได้รับผลกระทบ และมีตัวแปรบางอย่างมีผลทั้งต่อความสบายและสุขภาพ ซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีการวัดในลำดับต่อไป

ความสบายและผลการทำงาน

ความสบาย เป็นแนวทางหนึ่งในการวัดความพอใจของผู้ใช้อาคาร ซึ่งสามารถส่งผลโดยตรงต่อสมาธิและผลการทำงาน จนกระทบต่อต้นทุนของธุรกิจ ความสบาย เกิดจากสภาพทั้งทางด้านจิตใจและทางกายภาพ และแตกต่างกันตามแต่ละบุคคล ความสบายขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น เสื้อผ้าที่สวมใส่, ระดับของกิจกรรมและสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งมีทั้งผู้คนรอบข้าง, เฟอร์นิเจอร์, และพื้นที่โดยรอบ การที่จะทำให้เกิดความสบายสูงสุดนั้น ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ตามหลักทั่วไปที่จะสามารถทำให้ดีที่สุด คือ สร้างความพอใจของผู้ใช้อาคารอยู่ที่ประมาณ 80% ตัวแปรที่พอจะวัดได้ถึงความสบาย เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลม, การระบายอากาศ, การสั่นสะเทือน และเสียง เป็นต้น ส่วนตัวแปรอื่นที่มีผลต่อความสบายแต่ยากในการวัดเชิงปริมาณ เช่น ความสกาวของแสง, กลิ่น, แผนผังทางกายภาพของพื้นที่, บริเวณพื้นที่รอบข้าง, เสื้อผ้าที่สวมใส่ หรือกิจกรรมที่ทำ เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นด้านอารมณ์หรือความกดดันทางด้านกายภาพ ทั้งที่บ้านและที่ทำงาน ล้วนมีผลต่อ ความรู้สึกสบายของผู้ใช้อาคาร ซึ่งต่อไปนี้จะอธิบายถึงวิธีการวัดแบบต่างๆ ที่มักจะนำมาใช้เป็นตัวแปรในการวัดระดับของความสบาย ในขณะทำการวัดควรจะมีเวลาเพียงพอที่จะให้เครื่องสามารถอ่านค่าได้อยู่ในระดับคงที่ (Stable) เช่น หากใช้เครื่องวัดอุณหภูมิในบริเวณที่มีอากาศร้อนจัด แล้วเปลี่ยนไปวัดบริเวณที่มีอุณหภูมิเย็นโดยทันที จะทำความเที่ยงตรงของค่าที่วัดได้เกิดปัญหา

1. การวัดอุณหภูมิ

สาเหตุที่ต้องวัด

อุณหภูมิเป็นตัวแปรพื้นฐานของคุณภาพอากาศในอาคารที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความรู้สึกสบายและมีผลต่อสมาธิในการทำงานและผลการทำงาน ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ช่วงของอุณหภูมิที่ถือว่า "สบาย" คือ ระหว่าง 73°F ถึง 79°F (22°C ถึง 26.1°C) ในฤดูร้อน และ 68°F ถึง 74.5°F (20.0°C ถึง 23.6°C) ในฤดูหนาว

วิธีการวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิควรจะทำเป็นระยะในจุดต่างๆ ของอาคาร เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าอากาศกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและคงที่ เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น Thermohygrometers หรือพวก Multi-parameter ventilation meters เป็นต้น

2. การวัดความชื้น

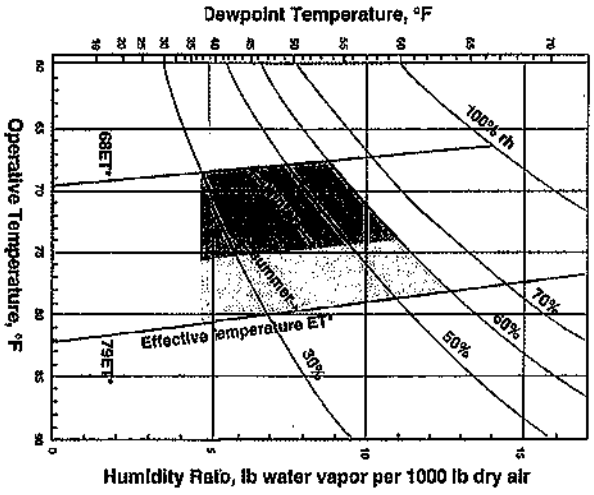
สาเหตุที่ต้องวัด

เนื่องจากว่า หากระดับความชื้นต่ำ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิต และคนจะรู้สึกว่าผิวแห้ง ในทางตรงกันข้าม หากความชื้นสูงเกินไป คนจะรู้สึกเหนียวตัว ตามมาตรฐาน ASHRAE 55 ระดับความชื้นที่เหมาะสมในอาคารควรจะรักษาไว้ให้อยู่ระหว่าง 30 เปอร์เซ็นต์ ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มีความสบายสูง

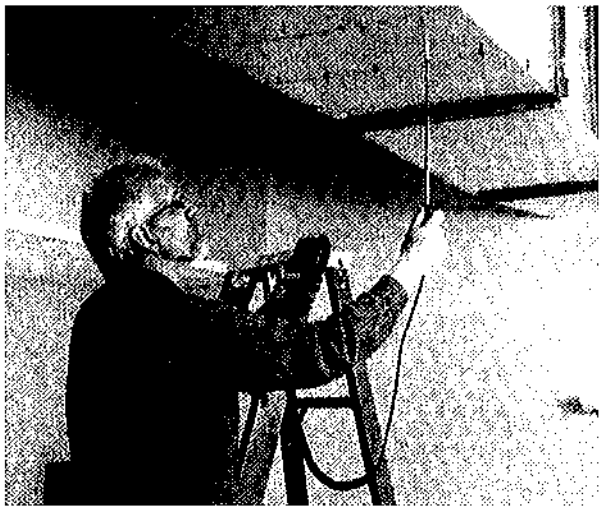
วิธีการวัด

ความชื้นสามารถวัดได้หลายรูปแบบ ทั้งในรูปของการเทียบเคียง เช่น ความชื้นสัมพัทธ์, กระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง, อัตราส่วนความชื้น และความชื้นสัมบูรณ์ เป็นต้น และไม่ว่าจะใช้วิธีการใดก็ตาม ควรจะทำการวัดเป็นระยะและกระจายให้ทั่วอาคาร เพื่อที่จะให้เกิดความมั่นใจว่าอากาศกระจายอย่างสม่ำเสมอและความชื้นอยู่ในระดับคงที่ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งก็มีอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัด คือ Thermohygrometer หรือพวก Multi-parameter ventilation meters เป็นต้น

มาตรฐาน ASHRAE 55 ได้เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นเข้าด้วยกัน เพื่อจะทำการวัดอุณหภูมิที่สบาย (Thermal Comfort) เป้าหมายหลักก็คือ การกำหนด ระดับของอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้อาคารให้เกิดความสบายสูงสุด (Maximize occupant comfort) ในขณะเดียวกันก็ควบคุมการใช้พลังงาน เขตสบาย (Comfort Zone) เป็นไปตามกราฟที่แนบ ซึ่งได้มาจากการสำรวจในเชิงนามธรรม โดยทดสอบคนในสภาวะต่างๆ และแสดงความรู้สึกออกมาในรูปแบบของความสบายหรืออึดอัด ให้ทำการเทียบอุณหภูมิและความชื้นที่ทำการวัดได้กับกราฟ ว่าอยู่ในเขตสบายหรือไม่



ภาพแสดงระดับของความสบายตามความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้น



ภาพแสดงการวัดความเร็วลมในท่อลม โดยใช้ Hot Wire Anemometer

3. การวัดการเคลื่อนตัวและกระแสลม (Air Movement and Flow)

3 V's-Velocity (ความเร็ว), Volume (ปริมาณ), Ventilation (การระบาย)

ความเร็ว-เหตุที่ต้องวัด

เป็นการตรวจวัดเพื่อให้ทราบถึงความเร็วในการถ่ายเทอากาศ ให้เกิดความมั่นใจว่ามีการถ่ายเทของอากาศเข้ามาสู่อาคาร เพราะการถ่ายเทอากาศเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้รู้สึกสบาย หากลมแรงเกินไปอาจทำให้เกิดอาการ "หนาว" หรือรู้สึกมีลมกรรโชก แต่ถ้าหากการถ่ายเทอากาศน้อยไป ก็ทำให้เกิด "อบอ้าว หรืออึดอัด"

วิธีการวัด

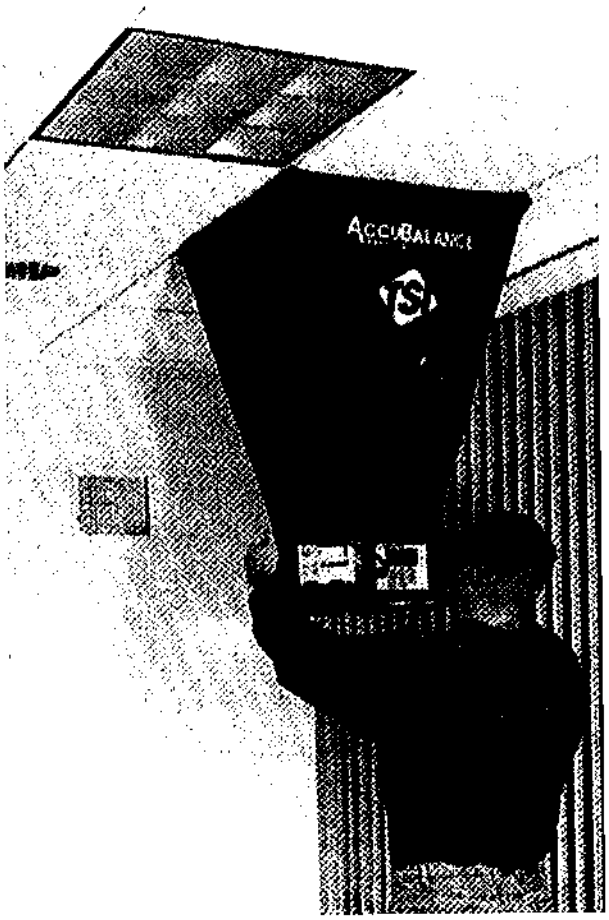
การวัดเฉพาะจุดแบบคร่าวๆ และเร็ว ก็คือวัดที่หัวลมจ่าย เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า มีลมเพียงพอในห้องหรือไม่ และยังชี้ให้เห็นว่า กระแสลมไม่ถูกกีดขวาง หรือใบบังลม (Damper) ถูกปิด และความเร็วลมยังแสดงให้เห็นว่า ลมนั้นถูกจ่ายเข้าสู่ห้องอย่างเท่าเทียมกันในจุดต่างๆ และมีการปรับดุลตลอดทั้งอาคาร ควรจะทำการวัดในเขตที่มีผู้ใช้งาน เพื่อประเมินถึงผลกระทบของความเร็วลมต่อแต่ละบุคคล เครื่องมือวัดความเร็วลมมีทั้งแบบ ใช้ใบพัด (Rotary Vane Anemometer) หรือแบบ Hot Wire Anemometer ซึ่งจะมีข้อจำกัดเรื่องความแม่นยำ หรือความเที่ยงตรงและความสามารถในการเข้าวัดหน้างานต่างกัน จึงจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ปริมาณลม-เหตุที่ต้องวัด

มาตรฐาน ASHRAE 62 ได้กำหนดปริมาณของอากาศภายนอกอาคารที่จะต้องเติมเข้ามาในระบบในรูปแบบของปริมาณลมหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน ขึ้นอยู่กับลักษณะของห้องและกิจกรรมในห้อง อัตราส่วนของลมภายนอกสามารถคำนวณได้จากสูตรที่จะกล่าวถึงต่อไปในส่วนของการระบายอากาศ ปริมาณอากาศภายนอกคำนวณได้จากการคูณอัตราส่วนที่เหมาะสมกับปริมาณลมที่วัดได้ ปริมาณลมหรือกระแสลมจะกระทบกับอัตราการหมุนเวียนของอากาศในอาคารหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายในและภายนอกอาคาร และมีผลสืบเนื่องมาจากรอยรั่วและระบบระบายอากาศทางธรรมชาติหรือทางกล การหมุนเวียนของอากาศมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคาร เนื่องจากว่าหากมีการดึงอากาศจากภายนอกเข้ามามากอาจเป็นการเพิ่มมลพิษเข้าสู่อาคาร หรือในทางกลับกัน อาจช่วยเจือจางสิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษในอาคาร

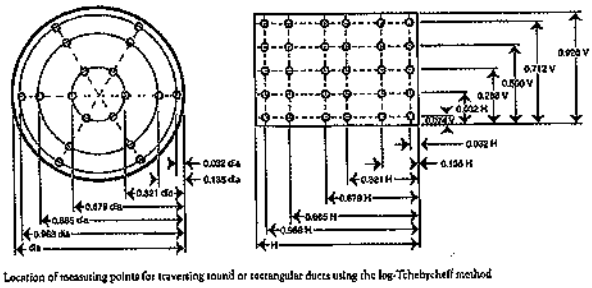
วิธีการวัด

ความเร็วลมมักจะไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของท่อลม เนื่องจากท่อลมรูปร่างต่างกัน ข้อต่อ ข้องอ ความโค้ง ท่อย่อย หรือแรงเสียดทานในท่อลม ล้วนมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลม โดยทั่วไปลมมักจะเคลื่อนที่ไปได้ช้าในส่วนที่ใกล้ขอบหรือมุมของท่อลม และจะเคลื่อนไปได้เร็วตรงส่วนกลางของ



ภาพแสดงการใช้ปล่องวัดปริมาณลม
(Air Capture Hood)

ท่อลม ความเร็วลมเฉลี่ยหาได้จากค่าเฉลี่ยตรงทั้งท่อกลมหรือท่อเหลี่ยมโดยใช้วิธีการ log-Tchebycheff ซึ่งเป็นวิธีการที่คำนึงถึงความเร็วที่สูญเสียไปเนื่องจากแรงเสียดทาน ภาพต่อไปนี้แสดงให้เห็นว่าการวัดค่าความเร็วลมสำหรับท่อเหลี่ยมนั้นต้องวัดอย่างน้อย 25 จุด ส่วนท่อกลมให้วัดในจุดที่สมมาตรกันของเส้นผ่าศูนย์กลาง ซึ่งต้องวัดอย่างน้อยคู่ละ 6 จุด



Location of measuring points for traversing round or rectangular ducts using the log-Tchebycheff method

เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัด ควรจะวัดห่างจากจุดที่ลมเกิดภาวะปั่นป่วน เช่น ท่องอ เวนจูรี่ เป็นต้น ประมาณ 7.5 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อลม ในกรณีที่วัดทางด้านใต้กระแสลม (Down Stream) หรือห่างจากจุดลมปั่นป่วน 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง หากทำการวัดที่ด้านเหนือลม (Up Stream) ซึ่งมาตรฐาน ASHRAE 111 ได้กำหนดรายละเอียดในการวัดในท่อลม

ในการคำนวณปริมาณลมให้คูณขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อลมกับความเร็วเฉลี่ยของท่อลม ตัวอย่างเช่น หากความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 150 ฟุตต่อนาที และพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 4 ตารางฟุต ปริมาณลมจะเท่ากับ 150 ฟุต/นาที x 4 ตร.ฟุต = 600 ลบ.ฟุต/นาที เครื่องวัด Multi-parameter ventilation meter สามารถคำนวณปริมาณลมเองได้ เมื่อป้อนข้อมูลของขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อลม

เครื่องวัดของบางโรงงานจะมีปล่องวัดลม (Capture Hood) ซึ่งสามารถวัดและให้ค่าของปริมาณลมจากหน้ากากกระจายลม หรือเวนจูรี่ ได้โดยตรงและทันที นอกจากนั้นแล้วยังสามารถใช้เก็บข้อมูล และวัดแบบต่อเนื่องตามจริง (Real Time) สะดวกต่อการปรับแต่งลมให้ได้ดุลในระบบ เพื่อให้มีปริมาณลมที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

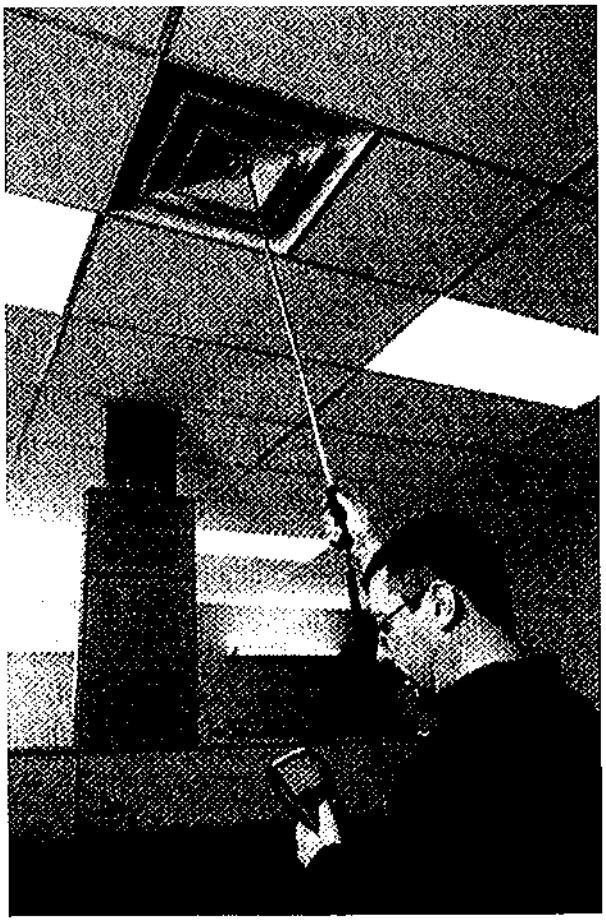
การระบายอากาศ-สาเหตุที่ต้องวัด

การเติมอากาศภายนอกอาคารเข้ามาเพื่อเจือจางอากาศเสียภายในอาคาร ในขณะเดียวกันก็ดูดอากาศเสียภายในอาคารสู่ภายนอก มาตรฐาน ASHRAE 62 ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการระบายอากาศโดยกำหนดเป็นค่าของอัตราส่วนอากาศภายนอกที่จะต้องดึงเข้าสู่อาคาร และคำนวณเป็นปริมาณลมต่ำสุดต่อคนต่อเวลา ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่และกิจกรรมที่ทำ โดยแสดงเป็นค่าของลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน

วิธีการวัด

เครื่องบ่งชี้ที่ดีที่แสดงให้เห็นว่ามีการระบายอากาศที่ดี คือ ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่นั้นๆ หากพื้นที่ใดมี CO_2 สูง แสดงว่าพื้นที่นั้นจำเป็นต้องเพิ่มการระบายอากาศ มาตรฐาน

ASHRAE 62 กำหนดให้ค่า CO_2 ในอาคารไม่ควรเกินกว่า 700 ppm ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าระดับของ CO_2 ที่มีอยู่ในอากาศภายนอกอาคารที่มีปริมาณ 300-400 ppm ในสภาวการณ์ปรกติ CO_2 ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคน แม้ว่าจะมีความเข้มข้นสูงถึง 10,000 ppm แต่ก็อาจไม่กระทบต่อผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง



ภาพแสดงการวัด CO_2 โดยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ

ควรทำการวัดค่า CO_2 ในพื้นที่ต่างๆ ที่ลมกระจายไปถึง และวัดในระดับความสูงจากพื้นต่างๆ กัน รวมทั้งวัดปริมาณทั้งภายในและภายนอกอาคาร

ปริมาณของอากาศภายนอกอาคารที่ควรจะเติมเข้ามาในอากาศสามารถคำนวณเป็นอัตราส่วนของปริมาณลมทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณจากอุณหภูมิหรือ CO_2 และจะต้องทำการวัดค่า 3 อย่าง คือ ปริมาณลมกลับ ปริมาณลมจ่าย และปริมาณลมจากภายนอก

$$\text{ร้อยละของอากาศจากภายนอก} = \frac{\text{RAM} - \text{SAM}}{\text{RAM} - \text{OAM}} \times 100$$

เมื่อ: RAM = ค่าของลมกลับที่วัดได้ (Return air measure)

SAM = ค่าของลมจ่ายที่วัดได้ (Supply air measure)

OAM = ค่าอากาศภายนอกที่วัดได้ (Outdoor air measure)

เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารสามารถใช้วัดทั้งอุณหภูมิและ CO_2 พร้อมกัน และมีโปรแกรมคำนวณอัตราอากาศภายนอกอย่างอัตโนมัติเมื่อทำการป้อนข้อมูลที่วัดได้ทั้ง 3 ค่า คือ ลมกลับ, ลมจ่าย และลมภายนอก เครื่องตรวจวัดส่วนใหญ่จะมีหน่วยความจำเพื่อเก็บข้อมูลที่วัดได้ เพื่อใช้ประเมินถึงความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบหรือปริมาณในการระบายอากาศ

เมื่อสามารถกำหนดค่าของปริมาณลม (CFM) ก็จะสามารถคำนวณค่าของปริมาณของอากาศภายนอกที่ต้องเติมเข้าสู่อาคาร โดยการคูณปริมาณลมกับร้อยละของอากาศจากภายนอก

ปริมาณลม (CFM) X ร้อยละของอากาศจากภายนอก
= ปริมาณอากาศภายนอก (CFM)

ขั้นต่อไปคือ คำนวณค่าของปริมาณอากาศภายนอกต่อคน

ปริมาณลมภายนอก (CFM) ÷ จำนวนคน
= ปริมาณของอากาศภายนอกต่อคน (CFM)

หลังจากนั้นก็นำค่าที่ได้ไปเทียบกับตารางมาตรฐานของ ASHRAE 62 เพื่อประเมินว่า ปริมาณอากาศภายนอกอาคารเพียงพอจำนวนคนตามลักษณะของพื้นที่ใช้งานหรือไม่ ตารางข้างใต้เป็นตัวอย่างที่ได้จากมาตรฐาน

ตารางตัวอย่างค่ามาตรฐานอากาศภายนอกที่ต้องเติมสู่อาคารของมาตรฐาน ASHRAE 62

ลักษณะการใช้งาน	CFM/คน (อากาศภายนอกอาคาร)
ห้องทานอาหาร	20
ห้องครัว	15
ห้องพักในโรงแรม	15
โรงรถ	1.5 cfm/ft^2
ส่วนสำนักงาน	20
ห้องประชุม	20
ห้องพักสาธารณะ	50
ที่สูบบุหรี่	60
ร้านค้าปลีกแบบตั้งเดิม	15
โรงยิม	20
ห้องเรียน	15
ห้องทดลองในโรงเรียน	20
โรงละคร/โรงภาพยนตร์	15
ห้องสมุด	15
ห้องผู้ป่วย	25
ห้องพักฟื้น/ฟื้นฟูสุขภาพ	15
ห้องผ่าตัด	30
ห้องพักอาศัย	15
ห้องทำครัวของที่พัก	25
ห้องน้ำ	20
ที่จอดรถในบ้าน	100 cfm/คัน

สุขภาพและความปลอดภัย

ความสบายจะมีผลต่อผลการทำงานและสมาธิ แต่ก็มีสิ่งปนเปื้อนปลายชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ คุณภาพของอากาศภายในอาคารที่ไม่ดีเกิดจากไอระเหย ก๊าซ หรืออนุภาคฝุ่นที่มีความเข้มข้นในระดับที่ส่งผลเสียต่อผู้ใช้อาคารคนใดคนหนึ่ง

ที่จริงแล้วพวกมลพิษ สิ่งที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ, ทำให้เกิดภูมิแพ้, ก่อความระคายเคืองต่อร่างกาย หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพล้วนอยู่โดยรอบมนุษย์ แต่อยู่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าที่จะกระตุ้นให้เกิดความรู้สึก (Threshold) และได้รับความสนในน้อย แต่เมื่อไรก็ตามที่มีค่าอยู่ในระดับที่รับรู้ได้ก็จะเกิดปัญหา บางคนก็มีความรู้สึกไวต่อสารบางอย่างในขณะคนที่อยู่ในบริเวณเดียวกันไม่รู้สึก แต่บางครั้งเมื่อความเข้มข้นสูงจนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยโดยรวม และบางครั้งอาจสูงจนเป็นอันตรายถึงชีวิตของผู้ที่อยู่ในที่นั้น จึงจำเป็นต้องคอยตรวจวัดค่าของสารพิษก่อนที่จะอันตรายจะลุกลาม และทำการแก้ไขอย่างทุกต้องและมีประสิทธิผล

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

สาเหตุที่ต้องวัด

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไร้กลิ่นสี แต่เป็นพิษ เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อหายใจเข้าไป CO จะไปจับกับเม็ดเลือดแดงแทนที่ออกซิเจนและขัดขวางการถ่ายเทออกซิเจนในเซลต่างๆ ของร่างกาย เมื่อเข้าสู่รางกายแล้วก็ไม่สามารถขับออกจากร่างกายได้โดยง่าย จนบางครั้งอาจถึงกับต้องถ่ายเลือด การได้รับ CO ในระดับที่สูงเกินไปอาจส่งผลให้ร่างกายบางส่วนเป็นอัมพาต อาจถึงขั้นตายได้ แม้ว่าจะมีปริมาณแค่ระดับหนึ่งในล้านก็ควรทำการวัดเพื่อป้องกันปัญหาภายในอาคาร หน่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมในอเมริกา (U.S. EPA) ได้กำหนดค่าของอากาศภายนอกอาคารที่จะต้องเติมในอาคารเพื่อระบายอากาศเสียในอาคาร โดยกำหนดเวลาจำกัดของคนในการสูด CO ไว้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงต่อครั้งตลอดระยะเวลา 1 ปีเมื่อค่าความเข้มข้นของ CO มีระดับเฉลี่ยที่ 35 ส่วนในล้าน (ppm) และก็มีหน่วยงานอื่นๆ ในอเมริกาที่ได้กำหนดปริมาณของ CO ในที่ทำงานโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการวัด

ควรทำการตรวจวัดค่า CO เป็นระยะและทั่วอาคาร โดยเฉพาะจุดที่ใกล้กับที่จอดรถ หรือที่ที่มีการเผาไหม้ เช่น เตาเผาขยะ หม้อต้ม ที่สูบบุหรี่ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าการระบายอากาศเป็นไปอย่างทั่วถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด เช่น เครื่องวัดคุณภาพอากาศ หรือเครื่องวัดการเผาไหม้ ซึ่งมีทั้งแบบเคลื่อนที่และติดตั้งคงที่

ภาพการตรวจวัด CO ด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ

2. ฝุ่น (Airborne Particle)

สาเหตุที่ต้องวัด

การหายใจเอาฝุ่นเข้าไปสู่ร่างกายจะไปกระตุ้นกลไกการขับของอวัยวะภายในร่างกาย และถ้าหากสูดเอาฝุ่นเกินกำหนด อาจทำให้อวัยวะส่วนนั้นเกิดอาการตึงหรือหยุดทำงาน ขนาดของฝุ่นที่แขวนลอยในอากาศมักจะมีขนาด 10 ไมครอนหรือเล็กกว่า โดยได้มีการกำหนดไว้เป็นค่าอ้างอิงที่ PM10 ฝุ่นที่สามารถเล็ดลอดเข้าสู่ปอดคนเรานั้นมีขนาดเล็กกว่า 4 ไมครอน ซึ่งมักมีแหล่งมาจาก ฝุ่นละออง หมอกควัน ควันบุหรี่ แม้กระทั่งฝุ่นผงจากการเผาไหม้ ตามมาตรฐาน ASHRAE 62 ได้จำกัดเวลานานสุดที่คนจะได้รับฝุ่นขนาด PM10 ไม่เกิน 24 ชั่วโมงสำหรับความเข้มข้นของ PM10 ที่ 0.15 มก./ลบ.ม. และ 0.05 มก./ลบ.ม. สำหรับการสูดเข้าตลอดปี ในส่วนของอุตสาหกรรมจะเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับฝุ่นละเอียด เนื่องจากสามารถเล็ดลอดกลไกการป้องกันตนเองของอวัยวะภายในแล้วเข้าสู่ปอด

วิธีการวัด

ในเบื้องต้นจำเป็นต้องลดปริมาณของฝุ่นให้เหลือน้อยที่สุดโดยวิธีพื้นฐาน เช่น การรักษาทำความสะอาดให้ถี่ขึ้น กำหนดข้อปฏิบัติเกี่ยวการทำความสะอาด การเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศ การรักษาระดับความดันสัมพัทธ์ภายในห้องให้เป็นบวก เมื่อเทียบกับภายนอก ตลอดจนถึงการออกแบบที่เหมาะสม

การวัดสามารถทำได้ 2 แบบ คือ การสุ่มตัวอย่างวัดเป็นระยะ และการวัดแบบแสดงค่าจริงตามเวลา (Real-Time Monitoring) โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดฝุ่นอยู่ 3 ประเภท คือ

1. เครื่องวัดอาศัยหลักความเข้มแสง (Photometer) เหมาะสำหรับวัดฝุ่นขนาด 0.1 ถึง 10.0 ไมครอน วัดปริมาณฝุ่นในรูปของความเข้มข้นระหว่าง 0.01 ถึง 100.0 มก./ลบ.เมตร เหมาะในการวัดการรั่วของเครื่องกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ไม่เหมาะในการวัดระดับความสะอาดของห้อง แต่เหมาะสำหรับการวัดในโรงงาน

2. เครื่องวัดฝุ่นอาศัยหลักการสะท้อนและการกระจายแสง (Optical Particle Counter) เหมาะสำหรับวัดฝุ่นขนาด 0.1 ถึง 20.0 ไมครอน มักใช้ในการวัดห้องสะอาดเพื่อรับรองระดับความสะอาดของห้อง สามารถวัดปริมาณฝุ่นตามแต่ละขนาดที่ได้กำหนดไว้หรือที่เครื่องสามารถกระทำได้ แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่ควรทำการวัดในบริเวณที่ปริมาณฝุ่นเกินกว่า 2×10^8 อนุภาค/ลบ.ฟุต หรือ 70 อนุภาค/ลบ.ซม. สามารถใช้ได้กับการวัดคุณภาพอากาศในอาคาร

3. เครื่องมือวัดโดยอาศัยหลักการกลั่นตัว (Condensation Particle Counter) เหมาะสำหรับการวัดฝุ่นขนาด 0.02 ถึง 1.0 ไมครอน เหมาะสมมากสำหรับการวัดฝุ่นเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศในอาคารถึงโรงงาน และมีช่วงกำหนดวัดฝุ่นได้ไม่เกิน 1.5×10^{10} อนุภาค/ลบ.ฟุต หรือ 500,000 อนุภาค/ลบ.ซม.

3. ฝุ่นละเอียดมาก (Ultrafine Particle)

สาเหตุที่ต้องวัด

ฝุ่นละเอียดมากหมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน ซึ่งมักจะเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ หรือปฏิกิริยาทางเคมี ฝุ่นขนาดละเอียดนี้สามารถผ่านกลไก

การป้องกันของร่างกายแล้วเข้าสู่ส่วนลึกที่สุดของปอด สำหรับบางคนแล้วจะมีความไวต่อฝุ่นที่ละเอียดมาก แม้ว่าจะไม่มีสารเคมีเข้าเกี่ยวข้องก็ตาม และเมื่อฝุ่นสะสมอยู่ในร่างกายจนกินพื้นที่ในร่างกายมากก็จะก่อผลเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

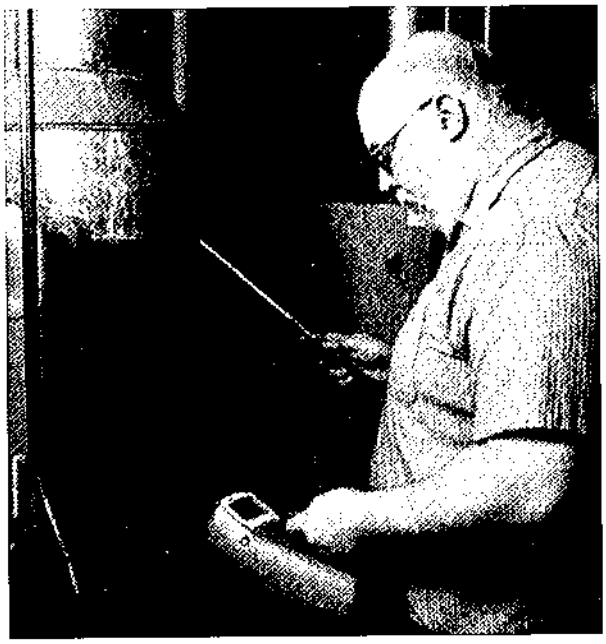
ในปัจจุบัน ยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนเกี่ยวกับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดละเอียดที่ยอมรับได้ในอาคาร แต่ก็มีผู้ป่วย ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละเอียดในปริมาณที่สูง สามารถลดอาการป่วยลงได้เมื่อย้ายไปอยู่ในที่อื่นสักพัก หรือมีการลดปริมาณฝุ่น โดยวิธีการทำความสะอาด หรือลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นลง

ฝุ่นขนาดละเอียดสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานโดยไม่ตกลงสู่พื้น และสามารถแทรกซึมเข้าสู่อาคารได้หลายทาง แม้ว่าจะมีการอุดรอยรั่วไว้อย่างแน่นหนา และฝุ่นเหล่านี้สามารถกระจายไปได้ทั่วตามกระแสลมทั้งจากการจ่ายลมตามท่อลม หรือความดันต่างระหว่างห้อง

วิธีการวัด

อุปกรณ์สำหรับวัดฝุ่นขนาดละเอียดในปัจจุบันนี้ คือ Condensation Particle Counter (CPC) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวัดฝุ่นละเอียดบริเวณโดยรอบอาคาร วิธีการในการตรวจหาแหล่งของฝุ่นละเอียด อาจกระทำได้โดยการคำนวณเบื้องต้นจากประสิทธิภาพของเครื่องกรองอากาศที่ติดตั้งที่ท่ออากาศที่นำอากาศเข้าอาคาร หรือกล่องผสมอากาศ เช่น เครื่องกรองอากาศมีประสิทธิภาพในการกรองที่ 75% หมายถึง สามารถให้ฝุ่นที่เหลืออีก 25% เข้าสู่อาคาร ตามแต่ละขนาดของฝุ่น ดังนั้นจึงสามารถคำนวณปริมาณฝุ่นแต่ละขนาดที่กระจายอยู่ในอาคาร ว่าควรอยู่ในระดับความเข้มข้นเท่าใด และเป็นไปตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้หรือไม่ หากสูงเกินกว่าที่คาดการณ์ไว้มาก ก็จำเป็นต้องลดหรือย้ายกิจกรรมที่คาดว่าจะก่อให้เกิดฝุ่น เมื่อสามารถหาต้นตอของแหล่งกำเนิดฝุ่นได้แล้ว ก็กำหนดมาตรการในการป้องกันหรือลดฝุ่นที่จะเกิดขึ้น และปัญหาของฝุ่นที่เกิดจากภายในอาคารเอง ก็อาจไม่ใช่มาจากสาเหตุเพียงอย่างเดียว แต่อาจมาจากหลายสาเหตุ และเมื่อค้นพบสาเหตุแรกก็อาจนำไปสู่การค้นพบเหตุอื่นๆ ต่อไป และการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นแต่เนิ่นๆ ก็จะช่วยให้ปัญหาไม่ลุกลาม

ปัจจัยอีกสิ่งหนึ่งที่อาจก่อให้เกิดการนำพาของฝุ่นเข้าสู่อาคาร คือ ความดันแตกต่าง แม้ว่าจะเกิดความดันแตกต่างเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้ฝุ่นขนาดละเอียดเข้าสู่อาคารได้เนื่องจากมีขนาดละเอียดมาก และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า



ภาพการตรวจวัดฝุ่นละเอียด
ด้วยเครื่อง Condensation Particle Counter

4. ฝุ่นชีวภาพ (Bioaerosol)

ทำไมจึงต้องวัด?

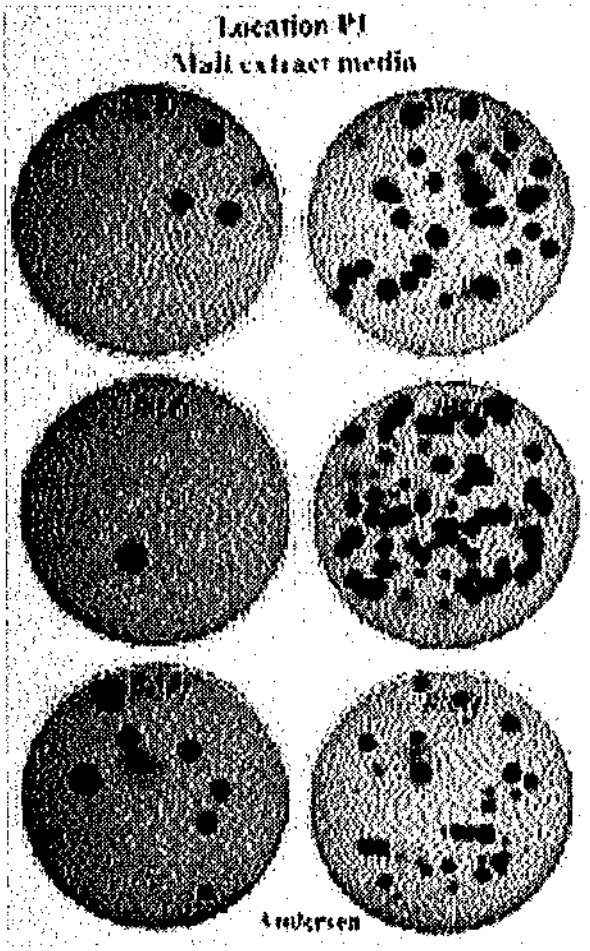
การประชุมร่วมของนักอนามัยอุตสาหกรรมและราชการของอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของฝุ่นชีวภาพไว้ว่า หมายถึง อนุภาคฝุ่น โมเลกุลขนาดใหญ่ หรือไอระเหย ที่มีชีวิต หรือออกจากอวัยวะของสิ่งมีชีวิต ในส่วนที่เกี่ยวกับคุณภาพของอากาศในอาคาร หมายถึง พืช รวมไปถึง เกสรดอกไม้ เชื้อรา ยีสต์ แบคทีเรีย ไวรัส อวัยวะสัตว์ เช่น ขนสัตว์ สารก่อให้เกิดภูมิแพ้ ฝุ่นชีวภาพมีขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอน จนถึง 100 ไมครอน

ฝุ่นชีวภาพบางประเภทมีพิษ หรือก่อให้เกิดพิษแก่ร่างกายจนอาจถึงขั้นเสียชีวิต กลไกของร่างกายในการขับฝุ่นชีวภาพ เช่น เกิดเป็นภูมิแพ้อย่างแรง อักเสบ เป็นต้น โรคที่เกิดจากฝุ่นชีวภาพ เช่น โรคเลจีโอเนลโลซิส วัณโรค โรคติดเชื้อในกระแสเลือด ผื่นแดง มะเร็ง เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว คนที่มีร่างกายแข็งแรงก็สามารถต่อสู้กับเชื้อโรคเหล่านี้ได้

นอกจากนั้นแล้ว ฝุ่นชีวภาพยังอาจก่อให้เกิดอาการภูมิแพ้ ปวดหัว ระคายเคืองนัยน์ตา เป็นต้น

วิธีการวัด

การเจริญเติบโตของฝุ่นชีวภาพ จำเป็นต้องอาศัยอาหารและน้ำ ดังนั้นจึงมักจะเกิดขึ้นบริเวณที่มีความชื้นหรือน้ำขัง ไม่ว่าจะเกิดจากการรั่วของอาคาร หรือการรั่วของระบบปั๊มน้ำ การวัดค่าของฝุ่นชีวภาพในอากาศทำได้โดยใช้เครื่องสุ่มอากาศ (Air Sampler) และแผ่นเพาะเชื้อที่มีอาหารของเชื้ออยู่ (Settle Plate) ซึ่งควรทำการวัดอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้เหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมอย่างมิดชิด ที่สำคัญ คือ ในปัจจุบันยังไม่มีการวัดแบบค่าจริงตามเวลา (Real Time Monitoring) สำหรับวัด และมีค่าใช้จ่ายในการวัดสูง



ภาพแผ่นเพาะเชื้อ

5. สารเคมี-ในรูปของฝุ่นในอากาศ

สาเหตุที่ต้องวัด

มีสารเคมีหลายประเภทอยู่ในรูปแบบของก๊าซ ซึ่งเป็นอันตรายต่อคน จนบางครั้งอาจต้องสวมอุปกรณ์ป้องกัน ไอระเหยสารเคมีที่ได้รับความสนใจและมีการกำหนดค่ามาตรฐานเช่น เรดอน ไอตะกั่ว ฟอร์มาลดีไฮด์ ควันบุหรี่ หรือไอระเหยสารอินทรีย์ (Volatile Organic Compound) ซึ่งมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ไอสารเคมีเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดจากจากภายในอาคารเอง และจากภายนอกอาคาร และหน่วยงานต่างๆ ทั่วโลกก็ได้ออกมาตรการต่างๆ เกี่ยวกับค่าของไอเคมีสูงสุดที่ยอมรับได้ในสถานที่ต่างๆ โดยเฉพาะในที่ทำงานหรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

วิธีการวัด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด ไอสารเคมี เช่น Electro-chemical and Infrared Gas Sensor (NDIR) เครื่องมือนี้ได้รับการออกแบบให้สามารถแยกประเภทของก๊าซที่เกิดจากอุตสาหกรรม เช่น การเผาไหม้ การปล่อยของเสีย หรือกิจกรรมอื่นที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ อุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องตรวจวัด Photo-Inonization หรือ Flame-Inonization สามารถใช้ในการแยกประเภทไอระเหยสารอินทรีย์ ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ

บทสรุป

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศในอาคารเป็นสิ่งที่ต้องทำตามความจำเป็น เพื่อทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความสบายและปลอดภัยต่อสุขภาพ ตลอดจนถึงสามารถป้องกันหรือขจัดปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนเพื่อป้องกันการลุกลามของปัญหา.

ตารางแสดงค่ามาตรฐานตัวแปรที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศในอาคาร

ตัวแปร	ข้อจำกัด (Limit)/ ช่วง (Range)		มาตรฐานอ้างอิง	เครื่องมือ
อุณหภูมิ	หน้าร้อน 73 ถึง 79°F หน้าหนาว 68 ถึง 74.5°F		ASHRAE55-1992 ISO7730	เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermoanemometer
ความชื้นสัมพัทธ์	30% ถึง 65%		ASHRAE55-1992 ISO7730	Thermohygrometer
การเคลื่อนที่ของลม (Air Movement)	0.8 ฟุต/วินาที หรือ 0.25 เมตร/วินาที		WHO ISO7730	Anemometer Velocity Meter
การระบายอากาศ (จากภายนอก)	ปริมาณลม/คน แบ่งประเภทตามพื้นที่ใช้งานและกิจกรรมที่ทำ		ASHRAE62-2003	Air Capture Hood Anemometer
การระบายอากาศ (CO_2)	ความเข้มข้นไม่เกิน 700 ppm		ASHRAE62-2003	Indoor Air Qualty Meter
ฝุ่นละเอียดเล็กกว่า 1.0 ไมครอน	ไม่มี		ไม่มี	Condensation Particle Counter
	ต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง	ต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง		
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	50 ppm	-	OSHA	Indoor Air Quality Meter Indoor Air Quality Monitoring
	35 ppm	-	NIOSH	
	9 ppm	35 ppm	EPA	
	9 ppm	-	ASHRAE	
	25 ppm	-	ACGIH	
	9 ppm	26 ppm	WHO	