

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๔๒๘ (พ.ศ. ๒๕๕๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๕๗๔ - ๒๕๗๕ ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๕

หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศ

ในสภาวะแวดล้อมการทำงาน

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดเป็นแนวปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน ทั้งนี้ อนุภาคตามมาตรฐานนี้คือ อนุภาคที่ไม่ละลายในน้ำหรือละลายได้น้อย และมีความเป็นพิษต่ำ นั่นคือไม่เป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxic) ไม่เป็นพิษต่อยีน (genotoxic) หรือไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเนื้อเยื่อปอด หรือทำให้เกิดภูมิไวรับ (sensitization) โดยเก็บตัวอย่างด้วยการดูดอากาศผ่านกระดวยกรองและวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคด้วยการชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของอนุภาคในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ การเก็บตัวอย่างอนุภาคในสภาวะแวดล้อมการทำงานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามขนาดของอนุภาค คือ การเก็บตัวอย่างอนุภาคทุกขนาดที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (inhalable dust หรือ total dust) และการเก็บตัวอย่างอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (respirable dust)
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้สามารถใช้ได้กับองค์กรทั่วไป ทุกขนาด และทุกสาขาอาชีพ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 การสอบเทียบ (calibration) หมายถึง ชุดของการดำเนินการซึ่งสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอก โดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดง โดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมมุติฐานที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้สภาวะที่บ่งไว้
- 2.2 การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ (air flow calibration) หมายถึง การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์เก็บอนุภาค ด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศชนิดปฐมภูมิ (primary standards flow meter) หรือเทียบเท่า หรือที่ผ่านการสอบเทียบกับเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศชนิดปฐมภูมิ
- 2.3 ขนาดอนุภาค (aerodynamic diameter ; D_{ae}) หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสมมติของอนุภาคใด ๆ ซึ่งเทียบเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคทรงกลมที่มีความหนาแน่น 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ที่มีความเร็วปลาย (terminal velocity) เท่ากับอนุภาคนั้น

- 2.4 ความแม่นยำ (accuracy) หมายถึง ความถูกต้องใกล้เคียงกันระหว่างผลของการวัดกับค่าจริง (สัจนิยม) ของปริมาณที่วัด
- 2.5 ไซโคลน (cyclone) หมายถึง อุปกรณ์สำหรับคัดแยกอนุภาคนขนาดเล็กออกจากอนุภาคนขนาดใหญ่กว่าด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) และแรงโน้มถ่วง (gravity)
- 2.6 ดิห้าสิบ ลี ($D_{50,4}$) ซึ่งต่อไปนีในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า $D_{50,4}$ หมายถึง สมบัติของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศในการคัดขนาดอนุภาค โดย 50 % ของอนุภาคที่เก็บได้ด้วยอุปกรณ์นั้น มีขนาดอนุภาค เล็กกว่าหรือเท่ากับ 4 ไมโครเมตร (μm)
- 2.7 ที่ระดับหายใจ (breathing zone) หมายถึง ระยะห่างจากจมูกของผู้ปฏิบัติงานในรัศมี 30 เซนติเมตร (cm)
- 2.8 สภาพไว (sensitivity) หมายถึง ค่าน้อยที่สุดที่เครื่องมือสามารถอ่านได้
- 2.9 อนุภาคนขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (respirable dust) หมายถึง อนุภาคนขนาดเล็กแขวนลอยในอากาศที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสามารถเข้าถึงและสะสมในบริเวณพื้นที่แลกเปลี่ยนอากาศของปอด
- 2.10 อนุภาคทุกขนาดที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (inhalable dust หรือ total dust) หมายถึง อนุภาคแขวนลอยในอากาศที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้
- 2.11 อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาค (sampler) หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วยตลับกระดาษกรอง (filter cassette) แผ่นรองกระดาษกรอง (supported pad) และกระดาษกรอง (filter) ประกอบเข้าด้วยกันและผนึกป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้
- 2.12 อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนาม (field blank sampler) หมายถึง อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคที่เตรียมและผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เช่นเดียวกับอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคที่ใช้เก็บตัวอย่างทุกประการ และนำไปยังพื้นที่เก็บตัวอย่างอากาศด้วย แต่ไม่ได้ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ใช้เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนจากแหล่งอื่น นอกเหนือจากการเก็บตัวอย่างอากาศ

3. หลักการ

3.1 หลักการ

- 3.1.1 อนุภาคต่าง ๆ ที่แขวนลอยในอากาศสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจ และตกค้างสะสมในส่วนต่าง ๆ ของทางเดินหายใจตามขนาดอนุภาค กล่าวคือ อนุภาคนขนาดใหญ่ (มากกว่า $100 \mu\text{m}$) ส่วนใหญ่ตกค้างสะสมในทางเดินหายใจส่วนต้น อนุภาคนขนาดกลาง ($20\text{-}100 \mu\text{m}$) ส่วนใหญ่ตกค้างสะสมในทางเดินหายใจส่วนกลาง และอนุภาคนขนาดเล็ก (น้อยกว่า $20 \mu\text{m}$) ส่วนใหญ่ตกค้างสะสมในทางเดินหายใจส่วนปลาย จึงทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ต่างกันด้วย ระดับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับ

ร่างกายนั้นขึ้นกับปริมาณของอนุภาคที่เข้าสู่ร่างกาย ในลักษณะแปรผันตามความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศ กล่าวคือ เมื่อปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคมีมากขึ้น ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากขึ้นไปด้วย การประเมินความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศทำได้โดยการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ

- 3.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างอนุภาคในอากาศ แบ่งออกเป็น 2 วิธี ตามขนาดของอนุภาคที่ต้องการประเมินได้แก่ อนุภาคทุกขนาดที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้และอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ การเก็บตัวอย่างอากาศทำโดยใช้เครื่องดูดอากาศผ่านกระดวยกรอง อนุภาคจะถูกกักเก็บไว้บนกระดวยกรอง จากนั้นนำกระดวยกรองมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณความเข้มข้นของอนุภาคในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงหรือค่ามาตรฐาน หากค่าที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าค่าอ้างอิงหรือค่ามาตรฐาน ต้องดำเนินการเพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมการทำงานตามหลักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดอนุภาค การควบคุมที่ทางผ่าน และการควบคุมที่ตัวบุคคล

3.2 เครื่องมือ มีดังนี้

- 3.2.1 เครื่องดูดอากาศ ควรมีลักษณะเฉพาะ (specification) ดังนี้

- 3.2.1.1 ทำงานด้วยอัตราการไหลอากาศคงที่ แปรผันในขณะเก็บตัวอย่างไม่เกิน $\pm 5\%$
- 3.2.1.2 สามารถชดเชยอัตราการไหลอากาศ (back compensation) ได้เมื่อความต้านทานในระบบเพิ่มขึ้น และหยุดทำงานเมื่ออัตราการไหลอากาศลดลงมากกว่าหรือเท่ากับ 5%
- 3.2.1.3 มีระบบบอกสถานะการทำงานที่ผิดปกติ เช่น แสงไฟกะพริบ หรือข้อความแสดง

หมายเหตุ ในกรณีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการระเบิด เครื่องดูดอากาศควรเป็นชนิดป้องกันการระเบิด (explosion proof)

- 3.2.2 อุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคและไซโคลน

- 3.2.2.1 อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคสำหรับอนุภาคทุกขนาด ประกอบด้วย ตลับกระดวยกรอง (filter cassette) ชนิด 3 ตอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร (mm) หรืออุปกรณ์อื่นที่ให้ผลลัพธ์เทียบเท่า กระดวยกรองชนิดพีวีซีที่มีขนาดรู (pore size) ขนาด $5\ \mu\text{m}$ หรือไฟเบอร์กลาส และแผ่นรองกระดวยกรอง
- 3.2.2.2 อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคสำหรับอนุภาคขนาดเล็กได้ประกอบด้วย ตลับกระดวยกรองชนิด 3 ตอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 mm และไซโคลน (cyclone) ที่มีค่าประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างตามนิยามของ ACGIH/ISO/CEN นั่นคือ D_{50} เท่ากับ $4\ \mu\text{m}$ ($D_{50,4}$) หรืออุปกรณ์อื่นที่ให้ผลลัพธ์เทียบเท่า

3.2.3 เครื่องมือวัดอัตราการไหลอากาศ ที่มีความแม่นยำ $\pm 0.5\%$ เช่น เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ ซึ่งประกอบด้วยบิวเรต ขาดัง แก้วใส่น้ำสบู่ และนาฬิกาจับเวลา หรือเครื่องมืออื่นที่มีความแม่นยำเทียบเท่า

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับชุดเก็บตัวอย่างอากาศ

ชุดเก็บตัวอย่างอากาศประกอบด้วยอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างอากาศและเครื่องดูดอากาศ อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับชุดเก็บตัวอย่างอากาศ มีดังนี้

3.2.4.1 สายนำอากาศ (flexible tube)

3.2.4.2 อุปกรณ์ยึดอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคและไซโคลนให้มั่นคงและอยู่ในทิศทางที่เหมาะสม

3.2.4.3 ตัวหนีบยึดอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับอุปกรณ์ปฏิบัติงานหรือขาดัง

3.2.4.4 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่เพิ่มความสะดวกในการเก็บตัวอย่างอากาศ เช่น สายคาดเอวหรือเข็มขัด ขาดัง เครื่องดูดอากาศ

3.2.5 เครื่องชั่ง

3.2.5.1 เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งกระดาศกรองต้องมีความไว 0.01 มิลลิกรัม (mg)

3.2.5.2 เครื่องชั่งต้องได้รับการสอบเทียบและควบคุมคุณภาพในการชั่งตามมาตรฐานที่สากลยอมรับ

3.2.5.3 เพื่อการควบคุมคุณภาพ สถานที่ตั้งเครื่องชั่งต้องมีความมั่นคง สามารถป้องกันการสั่นสะเทือน และควบคุมสภาวะแวดล้อมตามมาตรฐานของผู้ผลิต

3.2.6 อุปกรณ์ดูดความชื้น (desiccator) เพื่อป้องกันความชื้นจากสิ่งแวดล้อมขณะวัด

3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างอนุภาคทุกขนาดที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้

3.3.1 วิธีการเตรียมกระดาศกรองก่อนการเก็บตัวอย่างอากาศ

3.3.1.1 เก็บกระดาศกรองไว้ในอุปกรณ์ดูดความชื้นอย่างน้อย 2 ชั่วโมง (h) เพื่อให้ความชื้นคงที่

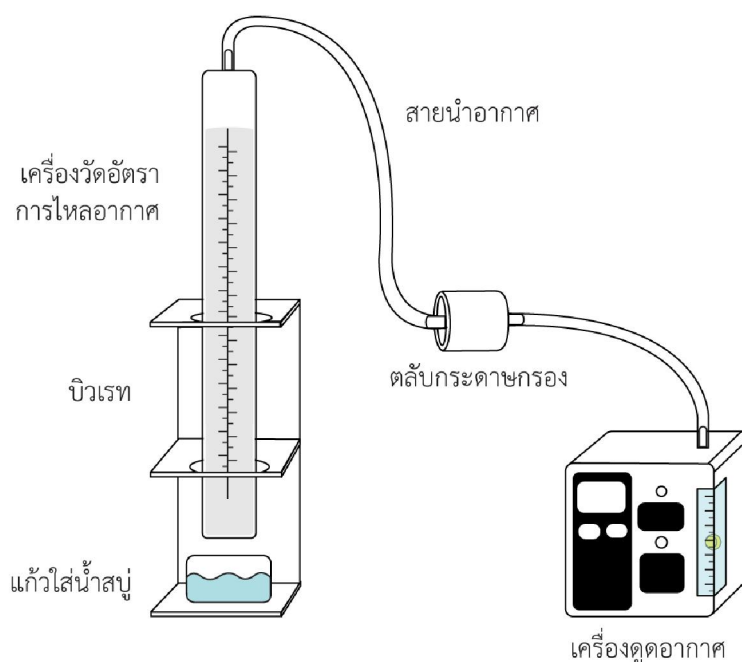
3.3.1.2 การชั่งกระดาศกรอง ให้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) เปิดเครื่องชั่งเพื่ออุ่นเครื่องตามคู่มือผู้ผลิต ปรับเครื่องชั่งให้อ่านค่าที่ศูนย์

(2) ชั่งกระดาศกรองทันที เมื่อนำกระดาศกรองออกจากอุปกรณ์ดูดความชื้น โดยใช้ปากคีบ (forceps) คีบกระดาศกรองวางลงบนจานเครื่องชั่ง

(3) อ่านค่าน้ำหนักและจดบันทึก

- (4) การชั่งน้ำหนักกระดาศกรอง ควรชั่งซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วคำนวณค่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักกระดาศกรองเฉลี่ยสำหรับการเก็บตัวอย่างให้บันทึกค่าเป็น m_1 ส่วนกระดาศกรองที่ไม่ได้ผ่านการเก็บอนุภาคให้บันทึกค่าเป็น m_{b1}
- 3.3.1.3 คีบกระดาศกรองจากเครื่องซึ่งวางลงในตลับกระดาศกรอง ซึ่งมีแผ่นรองกระดาศกรองวางไว้แล้ว
- 3.3.1.4 ประกอบตลับกระดาศกรองทั้ง 3 ชิ้นเข้าด้วยกัน กดให้แน่นสนิท และพันกระดาศกราวหรือเทปรัดตลับกระดาศกรอง
- 3.3.1.5 ปิดจุดด้านบนและล่างของตลับกระดาศกรอง
- 3.3.1.6 เขียนหรือติดหมายเลขรหัสตัวอย่างบนตลับกระดาศกรอง
- 3.3.2 วิธีการสอบเทียบอัตราการไหลอากาศของเครื่องดูดอากาศ
- 3.3.2.1 ประกอบตลับกระดาศกรอง เครื่องดูดอากาศ และเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ ดังรูปที่ 1



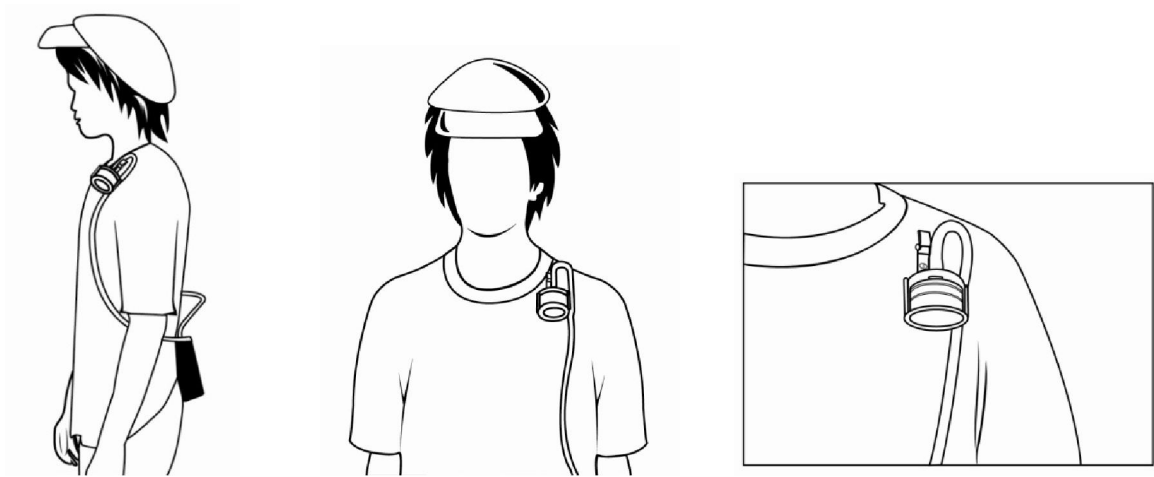
รูปที่ 1 การสอบเทียบอัตราการไหลอากาศสำหรับเก็บตัวอย่างอนุภาคทุกขนาด

(ข้อ 3.3.2.1)

- 3.3.2.2 เปิดเครื่องดูดอากาศ แล้วอ่านค่าที่เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ
- 3.3.2.3 ปรับอัตราการไหลของเครื่องดูดอากาศเพื่อให้ค่าอยู่ระหว่าง 1 ลิตรต่อนาที (l/min) ถึง 2 l/min
- 3.3.2.4 วัดอัตราการไหลอากาศทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง แล้วบันทึกอัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่าง (F_1)

3.3.3 วิธีการเตรียมและเก็บตัวอย่างอากาศ

- 3.3.3.1 ติดตั้งอุปกรณ์ที่ตัวบุคคลยึดเครื่องดูดอากาศกับเข็มขัดหรือสายคาดเอวของผู้ปฏิบัติงาน และหนีบอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับเสื้อให้อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอยู่ที่ระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยไม่มีสิ่งปิดบังทางเข้าของอากาศและสายนำอากาศเชื่อมต่ออุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคและเครื่องดูดอากาศไม่เกะกะขัดขวางการทำงานของตัวปฏิบัติงาน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล
(ข้อ 3.3.3.1)

- 3.3.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคแบบพื้นที่ วางขาตั้งสามขาหรือขาตั้งที่มั่นคงและไม่กีดขวางการทำงานของตัวปฏิบัติงาน ยึดอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับขาตั้งให้มั่นคง โดยให้อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอยู่ในระดับเดียวกับหรือใกล้เคียงกับระดับจมูกของผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้น
- 3.3.3.3 เปิดเครื่องดูดอากาศและเก็บตัวอย่างให้ได้ปริมาตรอากาศ 7 ลิตร (l) ถึง 133 l ทั้งนี้ ให้พิจารณาจากความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศโดยการสังเกตหรือจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ ปริมาตรอากาศ 7 l เป็นปริมาตรต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคได้ และ 133 l เป็นปริมาตรอากาศสูงสุดที่อนุภาคสะสมบนกระดาษกรองโดยไม่ทำให้กระดาษกรองอุดตันหรือล้นจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เมื่อความเข้มข้นอนุภาคในอากาศประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) (ค่ามาตรฐานสำหรับอนุภาคที่อาจถูกสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้)
- 3.3.3.4 ชักตัวอย่างอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง ถึง 4 ตัวอย่าง ต่อการเตรียมและเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง เพื่อเป็นอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนาม และให้ปฏิบัติกับอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนามเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการ ยกเว้นไม่ดูดอากาศผ่านกระดาษกรองและไม่เปิดจุกตลับกระดาษกรองไว้ขณะเก็บตัวอย่างอากาศ

3.3.3.5 บันทึกข้อมูลก่อนการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

- (1) หมายเลขรหัสตัวอย่าง
- (2) ชื่อบุคคลที่ถูกติดตั้งอุปกรณ์ และ/หรือพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์
- (3) อัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (F_1)
- (4) เวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_1)
- (5) ข้อมูลอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์

3.3.3.6 ปิดเครื่องดูดอากาศ เมื่อการเก็บตัวอย่างสิ้นสุด ปิดจุกทางอากาศเข้าของตลับกระดาศกรองทันที ทำความสะอาดภายนอกตลับกระดาศกรองหากมีอนุภาคเกาะอยู่ด้วยแปรงขนอ่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนตัวอย่าง

3.3.3.7 สอบเทียบอัตราการไหลอากาศอีกครั้ง ด้วยวิธีการเดียวกับการสอบเทียบก่อนการเก็บตัวอย่าง (ดูข้อ 3.3.2) ในบริเวณที่สะอาด

3.3.3.8 ถอดตลับกระดาศกรองออกจากเครื่องดูดอากาศ ปิดจุกทางอากาศเข้าของตลับกระดาศกรองทันที ทำความสะอาดภายนอกตลับกระดาศกรองหากมีอนุภาคเกาะติดอยู่ด้านนอกตลับกระดาศกรอง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของตัวอย่าง

3.3.3.9 ถอดตลับกระดาศกรองออกจากสายนำอากาศและปิดจุกทางออกอากาศ นำอุปกรณ์ดังกล่าวเก็บอนุภาคออกจากพื้นที่และตรวจสอบอัตราการไหลอากาศหลังการเก็บตัวอย่างอีกครั้ง

3.3.3.10 บันทึกข้อมูลหลังการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

- (1) อัตราการไหลอากาศหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (F_2)
- (2) เวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_2) บันทึกระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ($t = t_2 - t_1$)
- (3) ข้อมูลอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์

3.3.4 วิธีการขนส่งตัวอย่างไปห้องปฏิบัติการ

3.3.4.1 บรรจุตลับกระดาศกรองในภาชนะที่เหมาะสมป้องกันการขยับเขยื้อนขณะขนส่งซึ่งอาจทำให้อนุภาคหลุดออกจากกระดาศกรอง ทั้งนี้ กล่องบรรจุตัวอย่างควรทำด้วยไม้หรือวัสดุซึ่งไม่เหนียวนำไฟฟ้าสถิต

3.3.4.2 บันทึกข้อมูลสำหรับการส่งตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) ชื่อสถานประกอบการ/หน่วยงาน/โรงงานที่เก็บตัวอย่าง
- (2) ที่อยู่

- (3) ผู้เก็บตัวอย่าง
 - (4) วันที่เก็บตัวอย่าง
 - (5) ชนิดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง
 - (6) จำนวนตัวอย่าง
- ตัวอย่างภาคผนวก ก.

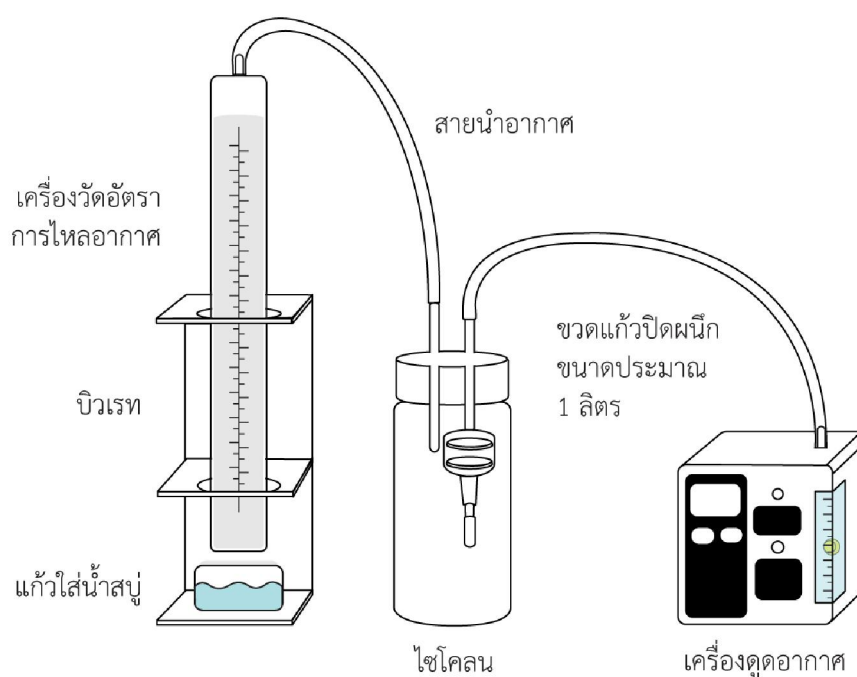
3.3.4.3 ไม่บรรจุตัวอย่างชนิดอื่น ๆ ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในภาชนะนำส่งเดียวกัน

3.3.5 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 3.3.5.1 ถอดจุกปิดดัดับกระดษกรองส่วนบนและล่างออก วางดัดับกระดษกรองไว้ในอุปกรณ์ดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 2 h
- 3.3.5.2 เปิดดัดับกระดษกรอง และใช้ปากคีบหยิบกระดษกรองออกจากดัดับกระดษกรองโดยไม่ให้อนุภาคหลุดออกจากกระดษกรอง
- 3.3.5.3 ชั่งกระดษกรองตามข้อ 3.3.1.2 โดยใช้เครื่องชั่งเครื่องเดียวกันกับการชั่งน้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง แล้วคำนวณค่าน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักกระดษกรองเฉลี่ยสำหรับการเก็บตัวอย่างให้บันทึกค่าเป็น m_2 ส่วนกระดษกรองเปล่าภาคสนามให้บันทึกค่าเป็น m_{b2}
- 3.3.5.4 จดบันทึกสภาพของกระดษกรองที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ฉีกขาด เปียก หรือมีฝุ่นล้นกระดษกรอง (overload)

3.4 วิธีการเก็บตัวอย่างอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้

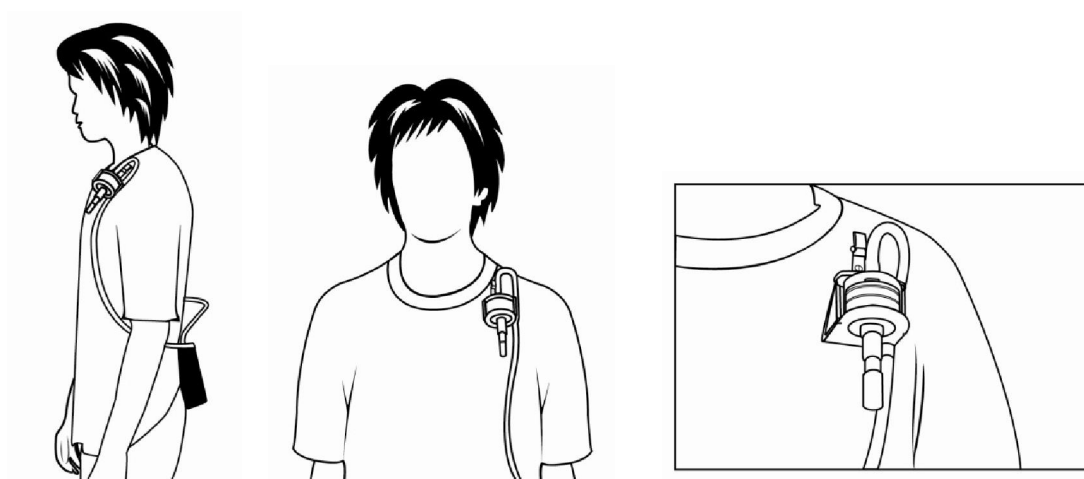
- 3.4.1 วิธีการเตรียมกระดษกรองก่อนการเก็บตัวอย่างอากาศ ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1
- 3.4.2 วิธีการสอบเทียบอัตราการไหลอากาศของเครื่องดูดอากาศ
 - 3.4.2.1 ตรวจสอบสภาพภายในไซโคลน หากพบรอยขีดข่วนนำไปใช้งาน เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกขนาดอนุภาคเปลี่ยนไป
 - 3.4.2.2 ทำความสะอาดที่รองรับอนุภาคขนาดใหญ่
 - 3.4.2.3 ประกอบดัดับกระดษกรองเข้ากับไซโคลน เครื่องดูดอากาศ และเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ ดังรูปที่ 3 หรือตามวิธีที่ผู้ผลิตไซโคลนแนะนำ
 - 3.4.2.4 เปิดเครื่องดูดอากาศ และปรับอัตราการไหลอากาศให้ได้ค่าตามที่ผู้ผลิตไซโคลนกำหนด



รูปที่ 3 การสอบเทียบอัตราการไหลอากาศสำหรับเก็บตัวอย่างอนุภาคขนาดเล็ก
(ข้อ 3.4.2.3)

3.4.3 วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ

3.4.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ตัวบุคคล ชีตเครื่องดูดอากาศกับเข็มขัดหรือสายคาดเอวผู้ปฏิบัติงาน และหนีบอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับเสื้อให้อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอยู่ที่ระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยไม่มีสิ่งปิดบังทางเข้าของอากาศ และสายยางเชื่อมต่ออุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคและเครื่องดูดอากาศไม่เกะกะขัดขวางการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคลด้วยไซโคลน
(ข้อ 3.4.3.1)

- 3.4.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ในพื้นที่ที่ต้องการเก็บตัวอย่างอากาศ ปฏิบัติเช่นเดียวกับ 3.3.3.2
- 3.4.3.3 เปิดเครื่องดูดอากาศและเก็บตัวอย่างให้ได้ปริมาตร 20 l ถึง 400 l ทั้งนี้ ให้พิจารณาจากความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศโดยการสังเกตหรือจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ ปริมาตรอากาศ 20 l เป็นปริมาตรต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคได้ และ 400 l เป็นปริมาตรอากาศสูงสุดที่อนุภาคสะสมบนกระดาษกรองโดยไม่ทำให้กระดาษกรองอุดตันหรือล้นจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เมื่อความเข้มข้นอนุภาคในอากาศประมาณ 5 mg/m^3 (ค่ามาตรฐานสำหรับอนุภาคขนาดเล็กที่อาจถูกสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้)
- 3.4.3.4 ชักตัวอย่างอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง ถึง 4 ตัวอย่าง ต่อการเตรียมและเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง เพื่อเป็นอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนาม และให้ปฏิบัติกับอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนามเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการ ยกเว้น ไม่ดูดอากาศผ่านกระดาษกรองและไม่เปิดจุกตลับกระดาษกรองไว้ขณะเก็บตัวอย่างอากาศ
- 3.4.3.5 บันทึกข้อมูลก่อนการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้
- (1) หมายเลขหีตัวอย่าง
 - (2) ชื่อบุคคลที่ถูกติดตั้งอุปกรณ์ และ/หรือพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์
 - (3) อัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (F_1)
 - (4) เวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_1)
 - (5) ข้อมูลอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์
- 3.4.3.6 ปิดเครื่องดูดอากาศ เมื่อการเก็บตัวอย่างสิ้นสุด ทำความสะอาดภายนอกตลับกระดาษกรองหากมีอนุภาคเกาะอยู่ด้วยแปรงขนอ่อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนตัวอย่าง
- 3.4.3.7 สอบเทียบอัตราการไหลอากาศอีกครั้ง ด้วยวิธีการเดียวกับการสอบเทียบก่อนการเก็บตัวอย่าง (ดูข้อ 3.4.2) ในบริเวณที่สะอาด
- 3.4.3.8 ถอดตลับกระดาษกรองออกจากไซโคลน โดยระวังไม่คว่ำไซโคลนซึ่งจะทำให้อนุภาคขนาดใหญ่ตกลงบนกระดาษกรอง ปิดตลับกระดาษกรองชั้นบนและจุกทั้งด้านบนและด้านล่าง
- 3.4.3.9 บันทึกข้อมูลหลังการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้
- (1) อัตราการไหลอากาศหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (F_2)
 - (2) เวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_2) บันทึกระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ($t = t_2 - t_1$)
 - (3) ข้อมูลอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์

3.4.4 วิธีขนส่งตัวอย่างไปห้องปฏิบัติการ

ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4

3.4.5 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับ 3.3.5

3.5 การคำนวณค่าความเข้มข้นของอนุภาค

3.5.1 ค่าปริมาตรอากาศที่เก็บได้ คำนวณด้วยสูตร

$$V = \frac{((F_1 + F_2) / 2) \times t}{1\,000}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรอากาศที่เก็บได้ เป็น m^3

F_1 คือ อัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น l/min

F_2 คือ อัตราการไหลอากาศหลังเก็บตัวอย่าง เป็น l/min

t คือ ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ($t = t_2 - t_1$) เป็น min

t_1 คือ เวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่างอากาศ

t_2 คือ เวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอากาศ

3.5.2 ค่าความเข้มข้นของอนุภาค คำนวณด้วยสูตร

$$c = \frac{(m_2 - m_1) - (m_{b2} - m_{b1})}{V}$$

เมื่อ c คือ ความเข้มข้นของอนุภาค เป็น mg/m^3

m_1 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_2 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองหลังเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_{b1} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองตัวอย่างเปล่าภาคสนามก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_{b2} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาศกรองตัวอย่างเปล่าภาคสนามหลังเก็บตัวอย่าง เป็น mg

V คือ ปริมาตรอากาศที่เก็บได้ เป็น m^3 (คำนวณได้จากข้อ 3.5.1)

ดูตัวอย่างภาคผนวก ก.

3.6 การรายงานผลการตรวจวัดอนุภาค

ควรระบุข้อมูลต่อไปนี้

- 3.6.1 ชื่อสถานประกอบการ/สถานที่ตรวจวัด เช่น โรงงาน โรงซ่อม สถานที่ทำงาน แพนก ฝ้าย ฯลฯ โดยแนบผังแสดงจุดเก็บตัวอย่าง
- 3.6.2 วัน เดือน ปี และเวลาที่เก็บตัวอย่าง
- 3.6.3 ผู้เก็บตัวอย่าง
- 3.6.4 ยี่ห้อ รุ่น และหมายเลขเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง
- 3.6.5 วิธีการเก็บและวิเคราะห์
- 3.6.6 อัตราการไหลอากาศของเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้
- 3.6.7 ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง
- 3.6.8 ความเข้มข้นของอนุภาคที่ตรวจวัดได้
- 3.6.9 แปลผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ
- 3.6.10 ข้อมูลประกอบอื่น ๆ ได้แก่ สภาพสถานที่/บริเวณขณะตรวจวัด งานที่ทำการตรวจวัด ลักษณะของอนุภาค รวมถึงรูปแบบการเกิดของอนุภาค

ดูตัวอย่างภาคผนวก ข.

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลและส่งตัวอย่าง

(ข้อ 3.3.4.2 และข้อ 3.5)

ก.1 ชื่อสถานประกอบการ.....
 ที่อยู่.....
 โทรศัพท์..... โทรสาร.....
 วันที่เก็บตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.
 ชนิดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง.....
 อุณหภูมิ..... °C ความดันบรรยากาศ.....Pa

ตารางที่ ก.1 การบันทึกข้อมูลการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

(ข้อ ก.1)

หมายเลข ตัวอย่าง	ชื่อ-สกุล/ บริเวณที่ทำงาน	ลักษณะงาน	น้ำหนัก กระดวยกรอง (mg)		น้ำหนัก อนุภาค (m)* (mg)	อัตราการ ไหลอากาศ (F)** (l/min)	ระยะเวลาการเก็บ ตัวอย่าง (t)*** (min)	ปริมาตรอากาศ ที่เก็บได้ (V)**** (m ³)	ความเข้มข้นของ อนุภาค (c)***** (mg/m ³)
			ก่อน (m ₁)	หลัง (m ₂)					
ตัวอย่างเปล่าภาคสนาม 1			(m _{b1}) ₁	(m _{b2}) ₁	m' _{b1}				
ตัวอย่างเปล่าภาคสนาม 2			(m _{b1}) ₂	(m _{b2}) ₂	m' _{b2}				

หมายเหตุ 1. * $m = (m_2 - m_1) - (m'_b)$
 $m'_b = (m'_{b2} + m'_{b1})/2$
 $m'_{b1} = ((m_{b1})_1 - (m_{b1})_2)/2$
 $m'_{b2} = ((m_{b2})_1 - (m_{b2})_2)/2$

2. ** $F = (F_1 + F_2)/2$

3. *** $t = t_2 - t_1$

4. **** $V = (F \times t)/1,000$

5. ***** $c = m/V$

ลงชื่อ ผู้วิเคราะห์

(.....)

วันที่.....

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการรายงานผลการตรวจวัดอนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน

(ข้อ 3.6)

ข.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อสถานประกอบการ.....

ที่อยู่.....

.....

โทรศัพท์..... โทรสาร.....

สภาพอากาศ.....

วันที่เก็บตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.เวลา.....ถึง.....

จำนวนกะ.....กะ ช่วงเวลาแต่ละกะ.....

สถานประกอบกิจการแบ่งการทำงานออกเป็น.....แผนก ดังนี้

ชื่อแผนก	จำนวนพนักงานของบริษัท (คน)		จำนวนพนักงานของผู้รับเหมา (คน)	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1.				
2.				
3.				
4.				
รวม				

ข.2. สภาพทั่วไป

ข.2.1 ลักษณะอาคาร (เช่น อาคารคอนกรีตชั้นเดียว โถงไม่แบ่งกันห้อง ขนาด – กว้าง ยาว สูง)

.....

.....

.....

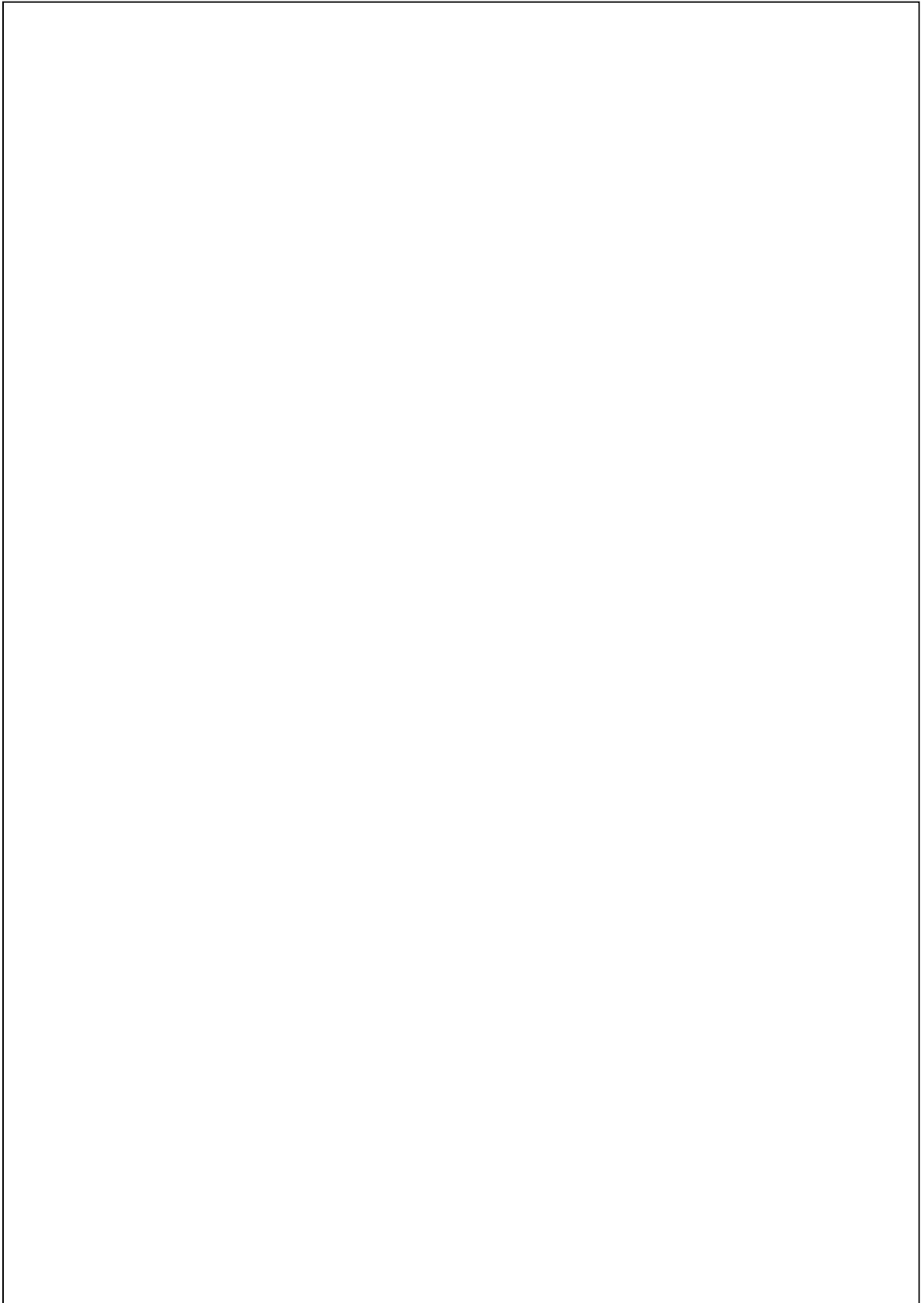
ข.2.2 การระบายอากาศภายในอาคาร (การระบายอากาศแบบธรรมชาติ มีระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในกระบวนการผลิตที่มีสารเคมีฟุ้งกระจาย มีระบบทำความเย็น ฯลฯ)

.....

.....

.....

ข.3. แผนผังแสดงบริเวณการเก็บตัวอย่าง



ข.4. ผลการตรวจวิเคราะห์

- ข.4.1 อนุภาคทุกขนาดที่อาจถูกสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (inhalable dust หรือ total dust)
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เก็บตัวอย่าง (ระบุชื่อ/รุ่น/หมายเลขเครื่องมือ.....
.....
.....
วันที่สอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์.....เดือน.....พ.ศ.....
วันที่เตรียมตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....
จำนวนกระดาศกรองที่ไม่ได้ผ่านการเก็บอนุภาค.....
อัตราการไหลอากาศ.....l/min ชื่อผู้เก็บตัวอย่าง
วันที่เก็บตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....ถึง.....
วันที่วิเคราะห์ตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....
เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานที่ใช้เปรียบเทียบ (ระบุหน่วยงาน).....
.....
ค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ.....

ตารางที่ ข.1 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคทุกขนาดที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้
(inhalable dust หรือ total dust)
(ข้อ ข.4.1)

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	บริเวณที่ทำงาน/ หน้าที่	ความเข้มข้นของ อนุภาค (mg/m ³)	ผลการประเมิน	หมายเหตุ

ข้อเสนอแนะ
.....
.....

ลงชื่อ ผู้ทำรายงาน
(.....)
วันที่.....

ข.4.2 อนุภาคนขนาดเล็กที่อาจถูกสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (respirable dust)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เก็บตัวอย่าง (ระบุยี่ห้อ/รุ่น/หมายเลขเครื่องมือ.....

.....

วันที่สอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์.....เดือน.....พ.ศ.....

วันที่เตรียมตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....

จำนวนกระดาศกรองที่ไม่ได้ผ่านการเก็บอนุภาค.....

อัตราการไหลอากาศ.....l/min ชื่อผู้เก็บตัวอย่าง

วันที่เก็บตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....ถึง.....

วันที่วิเคราะห์ตัวอย่าง.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานที่ใช้เปรียบเทียบ (ระบุหน่วยงาน).....

.....

ค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ.....

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคนขนาดเล็กที่อาจถูกสูดเข้าสู่

ระบบทางเดินหายใจได้ (respirable dust)

(ข้อ ข.4.2.)

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	บริเวณที่ทำงาน/ หน้าที่	ความเข้มข้นของ อนุภาค (mg/m ³)	ผลการประเมิน	หมายเหตุ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ทำรายงาน

(.....)

วันที่.....
