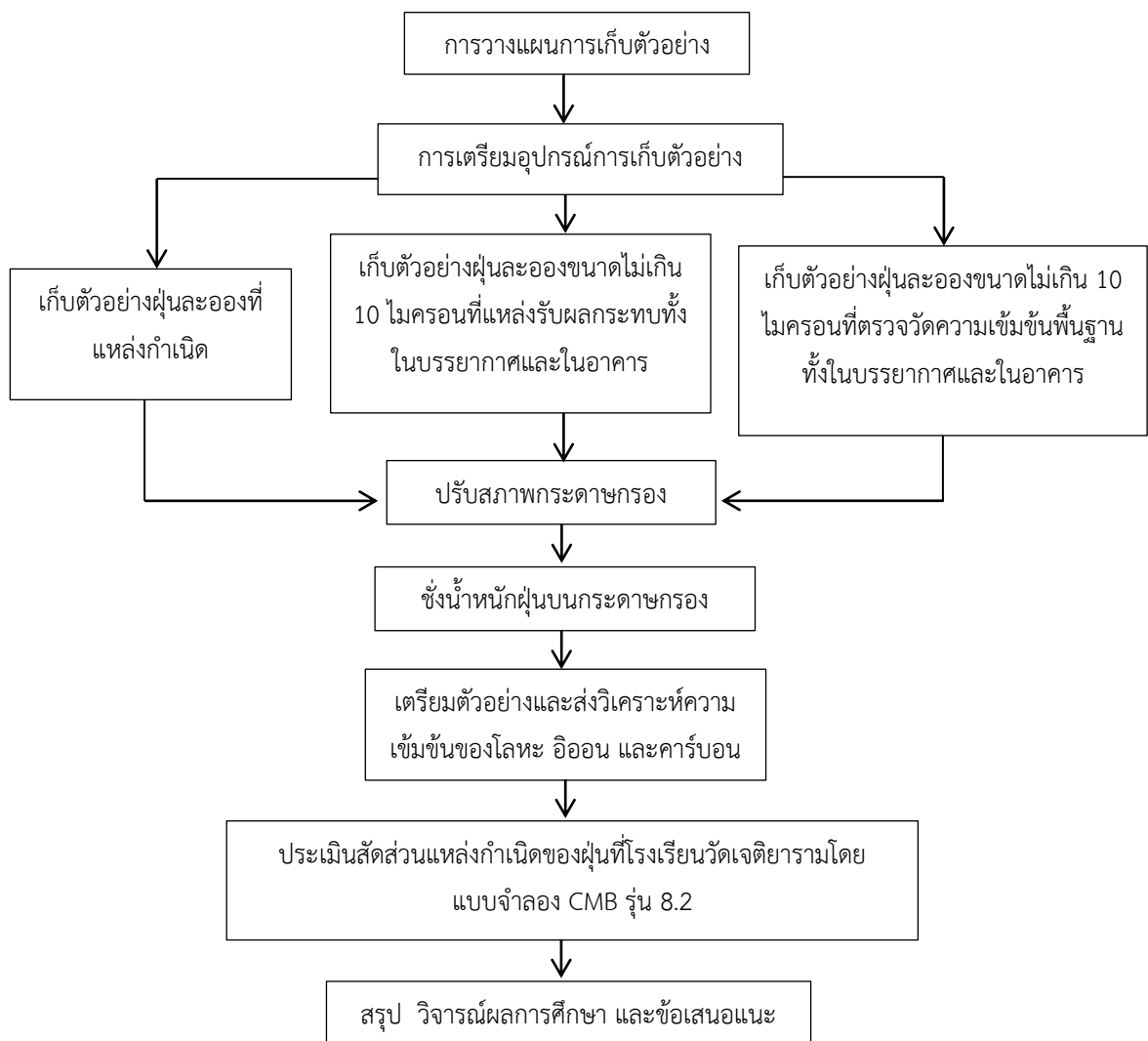


บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการศึกษาโดยเริ่มต้นจากการวางแผนการเก็บตัวอย่าง และคัดเลือกพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง การเตรียมอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างทั้งที่แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง แหล่งรับสัมผัสฝุ่น และพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดความเข้มข้นพื้นฐานซึ่งที่แหล่งรับสัมผัสฝุ่น และพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดความเข้มข้นพื้นฐาน ได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งที่อยู่ในบรรยากาศ (Ambient) และในอาคาร (Indoor) การปรับสภาพกระดาศกรอง การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ อีออนที่ละลายน้ำ และคาร์บอน จากนั้นทำการประเมินสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นที่โรงเรียนวัดเจติยาราม การสรุปผลการศึกษา ตลอดจนการวิจารณ์ผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ ดังรูปที่ 3.1



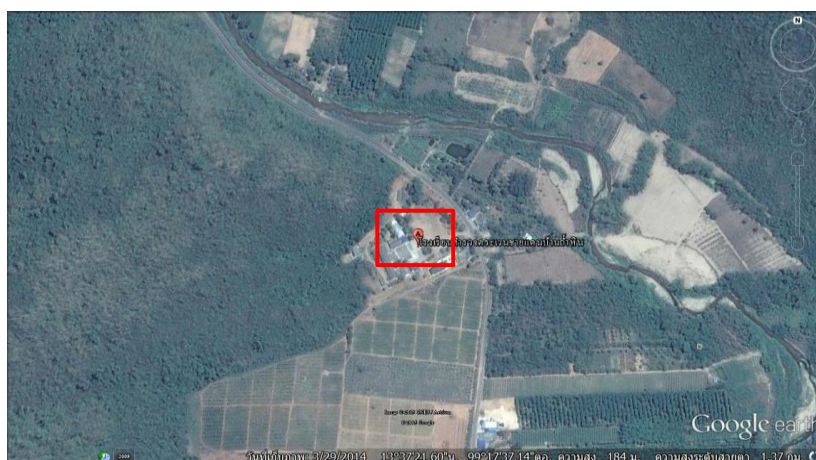
รูปที่ 3.1 แผนการศึกษา

3.2 พื้นที่เก็บตัวอย่าง

การศึกษาในครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งหมด 6 แห่ง ประกอบด้วย 1) โรงงานเครื่องปั้นดินเผา (พิกัด N 13°33'02.79" E 99°47'21.35") 2) โรงงานอิฐมอญ (พิกัด N 13°32'51.76" E 99°47'30.71") 3) โรงงานปูนขาว (พิกัด N 13°33'43.00" E 99°46'49.14") 4) โรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป (พิกัด N 13°33'31.17" E 99°47'00.66") 5) ฝุ่นถนนทางหลวงหมายเลข 3291 และ 6) ฝุ่นจากการก่อสร้างสะพานข้ามทางแยกทางหลวงหมายเลข 4 (แยกเจดีย์หัก) ซึ่งทั้งหมดจะอยู่ในเขตตำบลเจดีย์หักและตำบลเกาะพลับพลา อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี และได้กำหนดตำแหน่งผู้รับฝุ่นละออง (Receptor point) ได้แก่ โรงเรียนวัดเจดีย์าราม (พิกัด N 13°33'02.79" E 99°47'21.35") ซึ่งอยู่ในตำบลเจดีย์หัก อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ดังรูปที่ 3.2 โดยกำหนดให้โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (พิกัด N 13°33'02.79" E 99°47'21.35") (ดังรูปที่ 3.3) ตั้งอยู่ที่ตำบลสวนผึ้ง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ห่างไกลจากมลพิษในเขตเมือง (Remote site) เป็นพื้นที่เปรียบเทียบ



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนวัดเจดีย์าราม



รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน

3.3 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างฝุ่น แบ่งออกเป็น 3 สถานที่ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิด การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศและการเก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร

3.3.1 การเก็บที่แหล่งกำเนิดของฝุ่น ได้ทำการเก็บในช่วงที่มีการผลิต โดยเก็บในขั้นตอนที่มีการเผาและครอบคลุมทั้งกระบวนการตั้งแต่เริ่มเผาจนสิ้นสุดการเผาในแหล่งกำเนิดที่มีการเผา ซึ่งจุดที่เก็บตัวอย่างอยู่บริเวณปากปล่องระบายควัน ดังรูปที่ 3.4 (อนึ่งโรงงานอิฐมอญไม่มีการระบายควันในลักษณะที่มีปล่องระบาย จึงเก็บตัวอย่างบริเวณด้านบนของพื้นที่เผาอิฐ) โดยช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างจะแบ่งตามระยะเวลาของขั้นตอนการเผา ซึ่งที่โรงงานเครื่องปั้นดินเผาและโรงงานอิฐมอญ แบ่งเป็น 4 ช่วง ส่วนที่แบ่งเป็น 2 ช่วง แต่ละช่วงจะเก็บตัวอย่าง 5 ชั่วโมงแต่ละชั่วโมงจะเก็บนาน 3 นาที โดยทำการปรับเทียบอัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศที่ 4 ลิตรต่อนาที



ก. โรงงานปูนขาว



ข. โรงงานเครื่องปั้นดินเผา



ค. โรงอิฐมอญ

รูปที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิดที่มีการเผา

ส่วนแหล่งกำเนิดที่ไม่มีการปลดปล่อยฝุ่นจากการเผาซึ่งได้แก่ การก่อสร้างสะพานข้ามทางแยกทางหลวงหมายเลข 4 (แยกเจดีย์หัก) ฝุ่นถนนทางหลวงหมายเลข 3291 และโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป ได้ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างตามวิธีการตามการทดลองของ Judith. C. Chow (1994) โดยทำการเก็บตัวอย่างโดยการกวาดหรือตักฝุ่นบริเวณผิวหน้า (ดังรูปที่ 3.5) จากนั้นนำฝุ่นมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 อาทิตย์ (จนกระทั่งมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 20) เมื่อตัวอย่างแห้งแล้วนำมาผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูพรุน 0.075 ไมครอน ได้ตัวอย่างดังรูปที่ 3.6 ก. จากนั้นทำการจำลองการฟุ้งกระจายของฝุ่นโดยนำตัวอย่างฝุ่นที่ได้มาเป่าให้เกิดการฟุ้งกระจายภายในกล่อง ดังรูป 3.6 ข. ใช้อัตราการเป่าลมประมาณ 45 ลิตรต่อนาที โดยแต่ละครั้งใช้น้ำหนักฝุ่น 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (ดังรูป 3.6 ค.) ทำการเป่าเป็นเวลา 5 วินาที เว้น 4 นาที (กรณีการวิเคราะห์โลหะกับอ๊อน ทำการเป่า 20 ครั้ง ส่วนคาร์บอน 10 ครั้ง) ระหว่างการเป่าฝุ่นจะถูกเก็บโดยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นที่อยู่อีกด้านหนึ่งของกล่องซึ่งมีหัวเก็บฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ต่อยู่กับปั๊มดูดอากาศ (อัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเท่ากับ 1.7 ลิตรต่อนาที)



รูปที่ 3.5 การกวาดหรือตักฝุ่นบริเวณผิวหน้า



ก. ตัวอย่างที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรง



ข. การต่อชุดอุปกรณ์ที่ทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย



ค. ฝุ่นที่อยู่ในขวดที่รอการเป่า

รูปที่ 3.6 การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิดที่ไม่มีการเผา

3.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ ทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง (High-volume air sampler) บริเวณด้านข้างของสนามกลางแจ้งของโรงเรียนทั้งสองแห่ง (ดังรูปที่ 3.7) ครอบคลุมทั้งในช่วงวันทำงานและวันหยุดเสาร์อาทิตย์ ในฤดูฝน (ระหว่างวันที่ 10 สิงหาคม 2557 ถึง วันที่ 12 ตุลาคม 2557) และฤดูแล้ง (ระหว่างวันที่ 23 มกราคม ถึง 14 มีนาคม 2558) จำนวนครั้งของการเก็บตัวอย่าง คือ โรงเรียนละ 29 ครั้ง (อยู่ในช่วงฤดูฝน 14 ครั้ง และฤดูแล้ง 15 ครั้ง) ในแต่ละครั้งได้ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิและความดันบรรยากาศก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง ก่อนการเก็บตัวอย่างได้ปรับเทียบอัตราการดูดอากาศที่ 40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที



ก. โรงเรียนวัดเจติยาราม



ข. โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน

รูปที่ 3.7 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ

3.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร ได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในอาคารเรียนของทั้ง 2 โรงเรียน ให้อยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร (ดังรูปที่ 3.8) เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ครอบคลุมทั้งในวันทำงานและวันหยุด โดยปรับเทียบอัตราการดูดอากาศที่ 1.7 ลิตรต่อนาที (เป็นอัตราการหายใจเฉลี่ยของคนปกติ) เพื่อเป็นตัวแทนความเข้มข้นของฝุ่นที่ประชาชนในบริเวณนั้นได้รับ



ก. โรงเรียนวัดเจติยาราม



ข. โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน

รูปที่ 3.8 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร

3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

ภายหลังเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง ตัวอย่างได้ถูกส่งมายังภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เพื่อทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและองค์ประกอบทางเคมี โดยมีพารามิเตอร์ที่ศึกษาแตกต่างกันในแต่ละสถานที่เก็บตัวอย่าง โดยแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ศึกษาและวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ในแต่ละสถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่าง	พารามิเตอร์	วัตถุประสงค์
ที่แหล่งกำเนิด	- ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน - ธาตุโลหะและอโลหะ 15 ชนิด - อีออนละลายน้ำ 8 ชนิด - ปริมาณคาร์บอน 2 ชนิด	เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง แหล่งรับเพื่อประเมิน แหล่งที่มาของแหล่งกำเนิด ฝุ่น
ในบรรยากาศ	เหมือนที่แหล่งกำเนิด	เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง แหล่งรับเพื่อประเมิน แหล่งที่มาของแหล่งกำเนิด ฝุ่น
ในอาคาร	- ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน - ธาตุโลหะและอโลหะ 15 ชนิด	เป็นข้อมูลประเมินความเสี่ยง ต่อสุขภาพ

ธาตุโลหะและอโลหะ 15 ชนิดที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb Zn และ V อีออนละลายน้ำ 8 ชนิด ได้แก่ Na^+ NH_4^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Cl^- NO_3^- และ SO_4^{2-} และ คาร์บอน 2 ชนิด ประกอบด้วย อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) และอนินทรีย์คาร์บอน (Elementary Carbon)

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามสถานที่เก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย 1) การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิด 2) การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ และ 3) การเก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด ประกอบด้วย บั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ยี่ห้อ Gilian รุ่น GilAir 5 หัวเก็บตัวอย่างฝุ่น (ดังรูปที่ 3.9) ท่อ

พลาสติกอ่อนความยาวประมาณ 2 เมตร ต่อระหว่างปั๊มและหัวเก็บตัวอย่างฝุ่น และกระดาดกรองวงกลมชนิดควอทซ์ (Quartz fiber filter) รุ่น QR-100 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร มีขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน ของบริษัท ADVANTEC ซึ่งบรรจุอยู่ในหัวเก็บตัวอย่างฝุ่น



ก. ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล

ข. หัวเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิด

เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ ประกอบด้วย เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนชนิดแรงดูดสูง (High volume air sampler) ยี่ห้อ Tish environmental รุ่น TE-5070X และยี่ห้อ Thermo scientific (ดังรูปที่ 3.9) และกระดาดกรองชนิดควอทซ์ (Quartz fiber filter) รุ่น QR-100 ขนาดกว้าง 8 นิ้ว ยาว 10 นิ้ว มีขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน ของบริษัท ADVANTEC

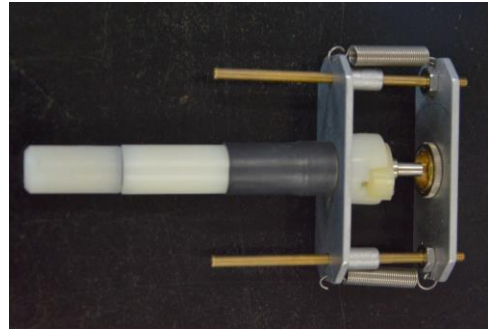


รูปที่ 3.10 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนชนิดแรงดูดสูง

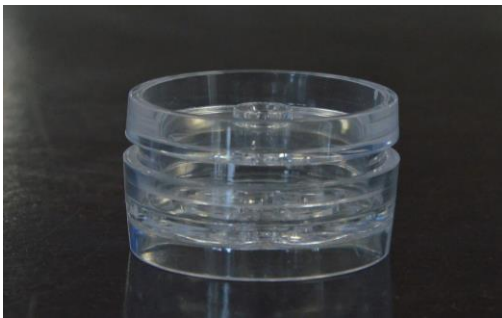
เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร ประกอบด้วย ปัมอากาศ ยี่ห้อ YAMANO รุ่น AP-10 ไชโคลน (Cyclone) ตลับกระดาชกรอง (Filter cassette) สายยาง ข้อต่อ ตัวปรับเทียบอัตราการไหล (ดังรูปที่ 3.11) กระดาชกรองวงกลมชนิดควอทซ์ (Quartz fiber filter) รุ่น QR-100 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร มีขนาดรูพรุน 0.3 ไมครอน ของบริษัท ADVANTEC และแผ่นพยุงกระดาชกรอง (Supporting pad)



ก. ปัมอากาศ



ข. ไชโคลน



ค. ตลับกระดาชกรอง



ง. สายยางและข้อต่อ



จ. ตัวปรับอัตราการไหลอากาศ

รูปที่ 3.11 เครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในอาคาร

3.6 การตรวจวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

การตรวจวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่างจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ยี่ห้อ Extech instruments รุ่น SD 700

3.7 การคำนวณความเข้มข้นของฝุ่น

1) การหาน้ำหนักของฝุ่นที่เก็บได้บนกระดาศกรองหาได้จากการชั่งน้ำหนักกระดาศกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างผลต่างที่ได้คือน้ำหนักของอนุภาคแขวนลอยทั้งหมดที่อยู่บนกระดาศกรอง โดยกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่างต้องใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนัก เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วนำกระดาศกรองที่ได้มาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกับก่อนทำการเก็บตัวอย่างจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักที่ได้จำนวน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

2) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ คำนวณได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน} = \frac{\text{นน.กระดาศหลังเก็บ} - \text{นน.กระดาศก่อนเก็บ}}{\text{ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน}}$$

การเปลี่ยนเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ใช้สูตร

$$V_r = V_a \left(\frac{P_a}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_a} \right) / 35.31$$

เมื่อ

V_r = ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความกดอากาศ 1,013.25 มิลลิบาร์ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท (ลูกบาศก์เมตร)

V_a = ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์ฟุต)

P_a = ความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (มิลลิบาร์ หรือ มิลลิเมตรปรอท)

P_r = ความกดอากาศที่ 1,013.25 มิลลิบาร์ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท

T_r = อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส (เคลวิน, K)

T_a = อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (เคลวิน, K)

35.31 = ตัวเลขใช้แปลงหน่วยจาก ลูกบาศก์ฟุต เป็นลูกบาศก์เมตร

3) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในอาคาร คำนวณได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน} = \frac{\text{นน.กระดาศหลังเก็บ} - \text{นน.กระดาศก่อนเก็บ}}{\text{ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน}}$$

การเปลี่ยนเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ใช้สูตร

$$V_r = V_a \left(\frac{P_a}{P_r} \right) \left(\frac{T_r}{T_a} \right)$$

เมื่อ

V_r = ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความกดอากาศ 1,013.25 มิลลิบาร์ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท (ลูกบาศก์เมตร)

V_a = ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)

P_a = ความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง (มิลลิบาร์ หรือ มิลลิเมตรปรอท)

P_r = ความกดอากาศที่ 1,013.25 มิลลิบาร์ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท

T_r = อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส (เคลวิน, K)

T_a = อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง (เคลวิน, K)

ปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความกดอากาศขณะเก็บตัวอย่าง คำนวณได้จาก

V_a = อัตราการไหล (ลิตร/นาที่) × ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง (นาที่)

3.8 วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะ อีออนละลายน้ำ และคาร์บอน

3.8.1 วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะ

ได้ทำการเตรียมตัวอย่างตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละอองของ ASTM (2006) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะแสดงดังรูปที่ 3.11 โดยเริ่มจากการนำกระดาศกรองจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ที่แหล่งกำเนิด ในบรรยากาศ และภายในอาคาร ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองแล้วมาตัดกระดาศกรองให้มีขนาดเล็กใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้นให้ท่วมกระดาศกรอง ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-4 เม็ด ปิดด้วยกระดากนาฬิกา นำไปตั้งบนแผ่นทำความร้อนประมาณ 30-60 นาที่ เพื่อย่อยฝุ่นละอองออกจากกระดาศกรองจนหมด จากนั้นนำลงมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาศกรองชนิด Whatman เบอร์ 42 และกรองอีกครั้งด้วยกระดาศกรองชนิดไนลอน ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำปราศจากอีออน เก็บสารละลายที่ได้ในขวดพลาสติก ปิดฝาให้สนิท และนำส่งวิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะด้วยเครื่อง Inductively coupled

plasma (ICP-OES) ณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งค่าต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Detection limit) แสดงในตารางที่ 3.2

3.8.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นไอออนละลายน้ำ

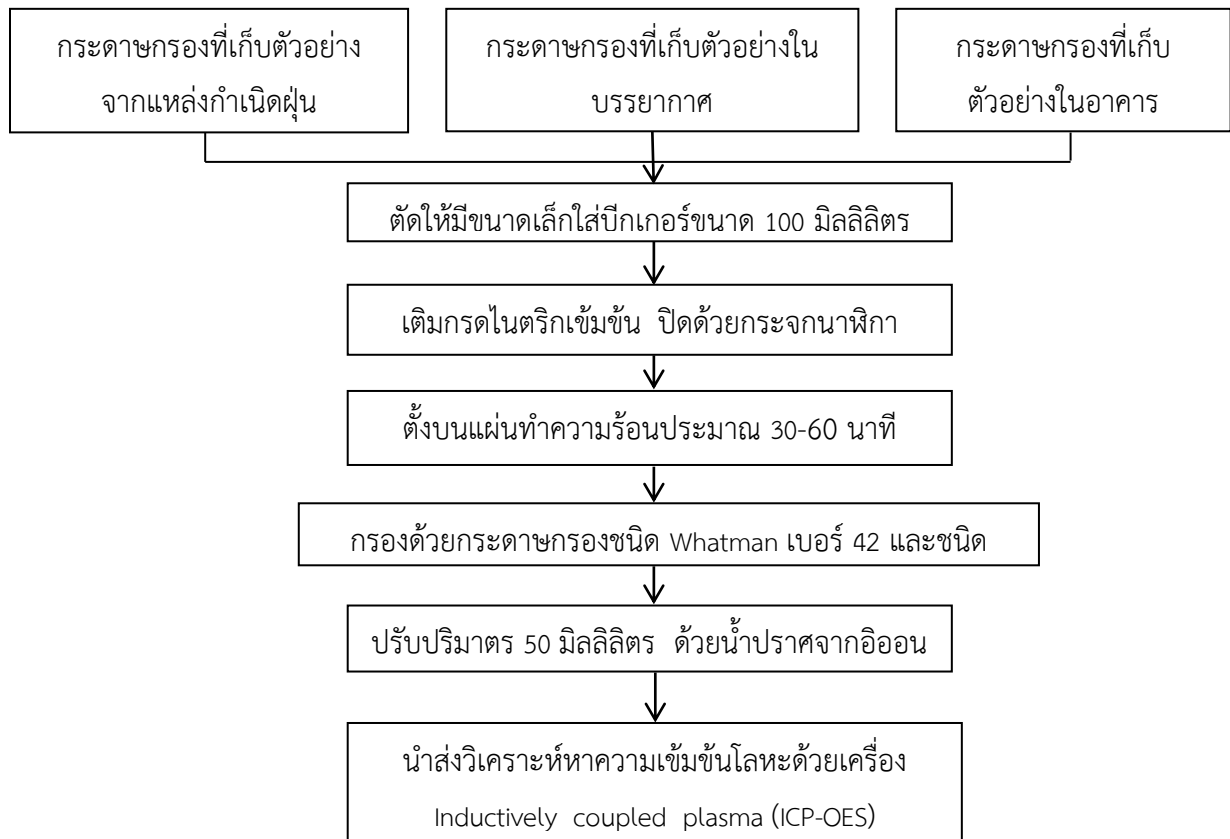
ได้ทำการเตรียมตัวอย่างตามวิธีการวิเคราะห์หาไอออนของ EANET (2003) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ไอออนละลายน้ำแสดงดังรูปที่ 3.12 โดยเริ่มจากการนำกระดาศกรองแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ บริเวณแหล่งกำเนิด และในบรรยากาศที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองแล้วมาตัดกระดาศกรองให้มีขนาดเล็กใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน 25 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-4 เม็ด ปิดด้วยพาราฟิล์ม นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Ultrasonicator เป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้ฝุ่นละอองหลุดออกจากกระดาศกรองจนหมด จากนั้นนำมารองด้วยกระดาศกรอง Membrane filter ขนาดรูกรอง 0.45 ไมโครเมตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตรโดยใช้น้ำปราศจากไอออน สารละลายที่ได้เก็บลงขวดพลาสติก ปิดฝาให้สนิท และนำส่งวิเคราะห์หาความเข้มข้นไอออนด้วยเครื่อง Ion chromatograph (IC) ยี่ห้อ Metrohm รุ่น Compact 761 ณ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งค่าต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Detection limit) แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Detection limit) ของการวิเคราะห์โลหะ

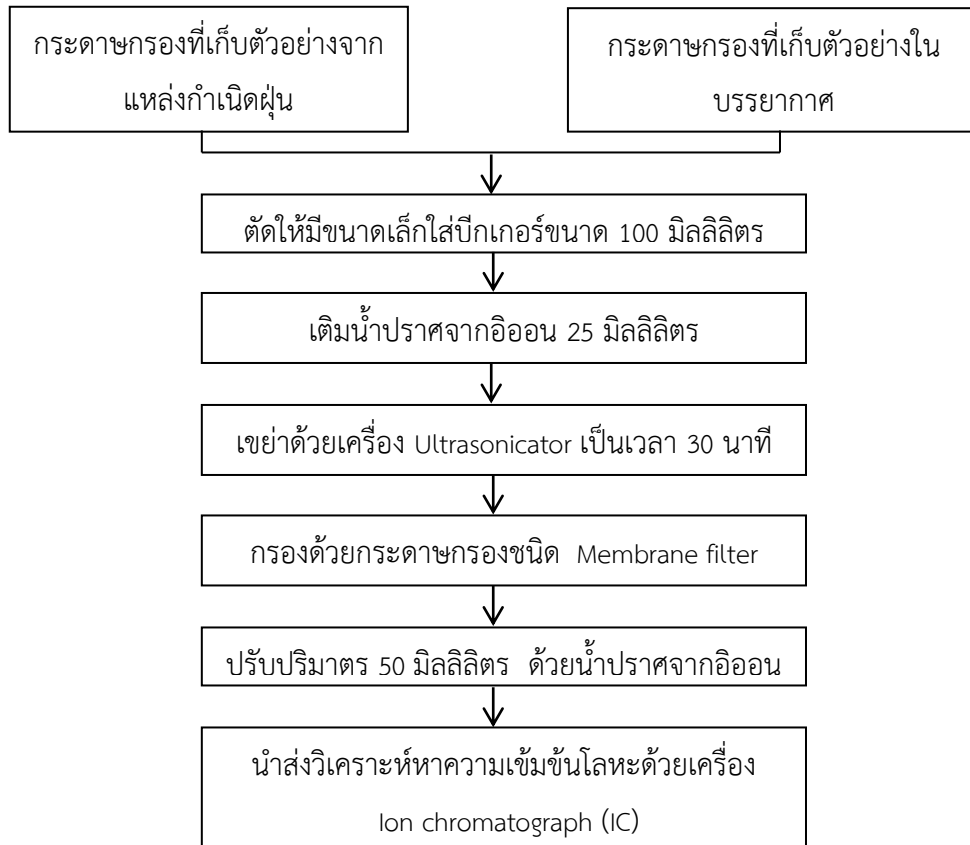
	ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบ (mg/l)														
	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn	V
Detection limit	0.01	0.05	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.05	0.002	0.005	0.005	0.05	0.05	0.005	0.005

ตารางที่ 3.3 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Detection limit) ของการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายน้ำ

	ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจพบ (mg/l)							
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Detection limit	1	5	5	5	5	1	1	1



รูปที่ 3.12 การเตรียมและวิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน



รูปที่ 3.13 การเตรียมและวิเคราะห์หาความเข้มข้นอามอนในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

3.8.3 วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอน

ได้ทำการเตรียมตัวอย่างโดยเริ่มจากการนำกระดาศกรองแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ บริเวณแหล่งกำเนิด และในบรรยากาศที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองแล้วมาตัดกระดาศกรองให้มีขนาดประมาณ 0.5×0.5 เซนติเมตร ใส่ลงโถดูดความชื้นเพื่อรอการวิเคราะห์โดยจะทำการวิเคราะห์หาทั้ง TC (Total Carbon) และ OC (Organic Carbon) ซึ่งจะทำเผาที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียสโดยใช้เครื่อง TOC Analyzer รุ่น PHOENIX 8000 ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยผลต่างระหว่างค่า TC กับ OC คือปริมาณของ EC (Elemental Carbon) ซึ่งค่าต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Detection limit) คือ ช่วง 0.5-160 ไมโครกรัมคาร์บอน

3.9 การหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะในอาคารและในบรรยากาศ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะ โดยนำผลที่มามีค่าคำนวณหาอัตราส่วนในอาคารกับในบรรยากาศ หากค่าที่ได้มีน้อยกว่า 1 แสดงว่าความเข้มข้นความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะในบรรยากาศมีมากกว่าใน

อาคารและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อความเข้มข้นความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะในอาคารได้ โดยอัตราส่วนจะคำนวณจากสมการ

$$\text{อัตราส่วนในอาคารกับในบรรยากาศ} = \frac{\text{ความเข้มข้นฝุ่นละออง หรือ ความเข้มข้นโลหะในอาคาร}}{\text{ความเข้มข้นฝุ่นละออง หรือ ความเข้มข้นโลหะในบรรยากาศ}}$$

3.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.10.1 สถิติเชิงพรรณนา

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ พิสัย ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel version 2010

3.10.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างและความสัมพันธ์

ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นที่พบบริเวณโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหินและที่โรงเรียนวัดเจติยารามจะใช้สถิติในการทดสอบคือ Independent t-test ด้วยโปรแกรม Microsoft excel version 2010 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ (กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05) ส่วนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับโลหะ อีออนที่ละลายน้ำและคาร์บอนที่พบในบรรยากาศ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอุณหภูมิตามความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและองค์ประกอบของฝุ่นดังกล่าวใช้สถิติ Spearman correlation (กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 18 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.11 การประเมินความเสี่ยง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงตามวิธีการของ US EPA (1989) โดยได้ปรับปรุงค่าคงที่สำหรับประเมินความเสี่ยง (ตารางที่ 2.4) ของ US EPA มาใช้ค่าที่เหมาะสมกับกรณีของประเทศไทยดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่าคงที่สำหรับการประเมินความเสี่ยงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่
น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยของผู้ใหญ่	BW	55 กิโลกรัม*
น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยของเด็ก		16.67 กิโลกรัม*
ปริมาณอากาศที่ผู้ใหญ่หายใจในแต่ละวัน	IR	20 ลูกบาศก์เมตร*
ปริมาณอากาศที่เด็กหายใจในแต่ละวัน		5 ลูกบาศก์เมตร*
ช่วงเวลาสัมผัสตลอดชีวิต	ED	70 ปี
ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส	ET	24 ชั่วโมง/วัน
ระยะเฉลี่ย	AT	ED x 365 วัน/ปี
ความถี่ในการรับสัมผัส	EF	7 วัน/สัปดาห์

หมายเหตุ: * ข้อมูลประชากรไทย อ้างจาก จรรยา (2552)

3.12 การวิเคราะห์ที่มาของแหล่งกำเนิดของฝุ่น

ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นที่แหล่งกำเนิดและในบรรยากาศได้นำมาใช้ในแบบจำลองสมดุลมวลเคมี (Chemical Mass Balance หรือ CMB) ซึ่งเป็นแบบจำลองในกลุ่มของแบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model) ที่พัฒนาโดย US EPA โดยที่ปัจจุบันเป็นรุ่นที่ 8.2 วิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CMB มีขั้นตอนดังนี้

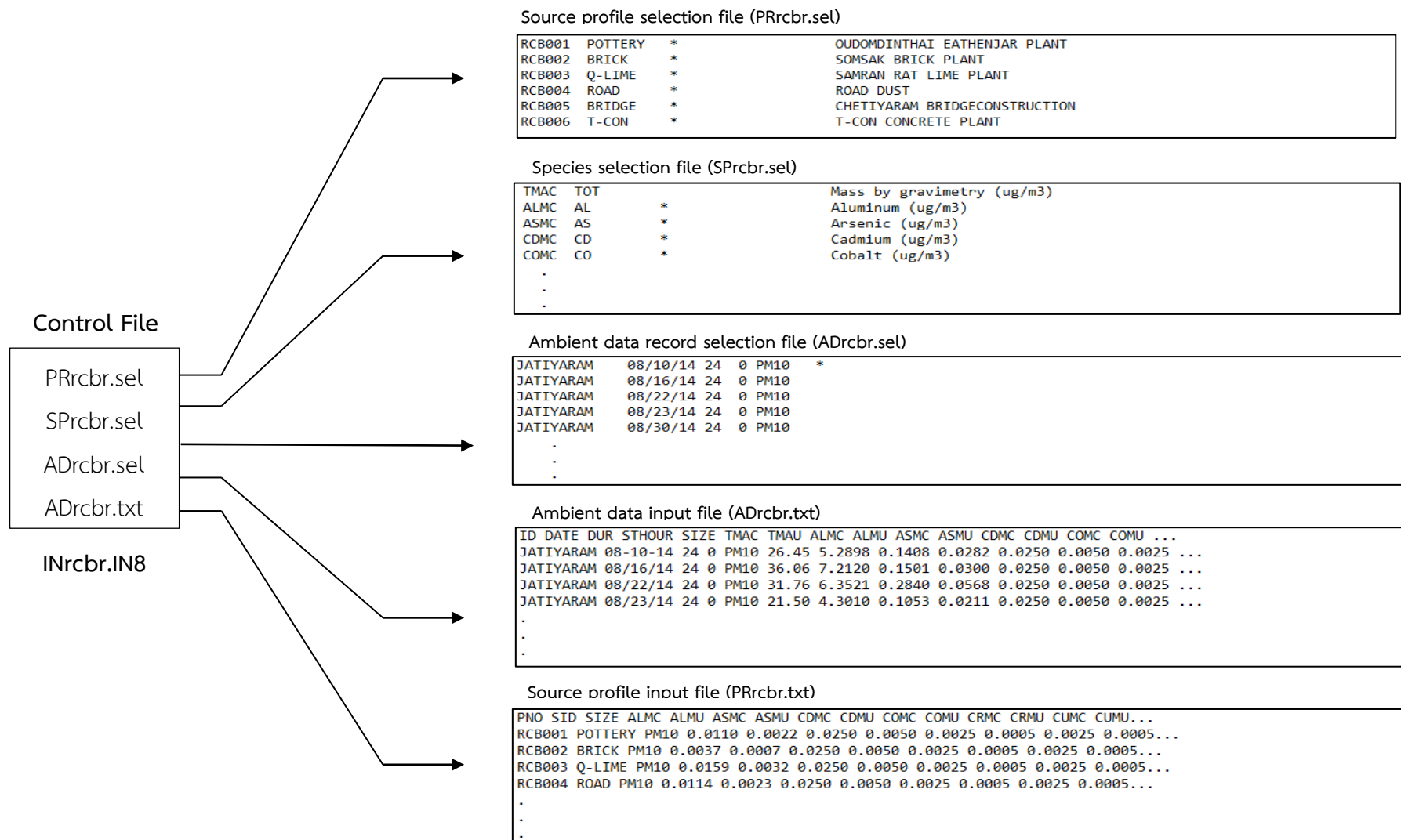
3.12.1 ข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลที่ต้องจัดเตรียมเพื่อใส่เข้าไปในโปรแกรมแบบจำลอง CMB รุ่น 8.2 นั้นจะประกอบไปด้วย 5 ไฟล์ข้อมูล ได้แก่

- 1) ข้อมูลตัวอักษรย่อของแหล่งกำเนิดที่ต่างๆที่นำมาใส่ในแบบจำลอง (Source profile selection file) ซึ่งจะมีนามสกุลเป็น .sel โดยมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็น PRrcbr.sel
- 2) ข้อมูลตัวอักษรย่อขององค์ประกอบทางเคมีที่นำมาใส่ในแบบจำลอง (Species selection file) ซึ่งจะมีนามสกุลเป็น .sel โดยมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็น SPrcbr.sel
- 3) ข้อมูลตัวอักษรย่อของบรรยากาศที่ทำการตรวจวัด (Ambient data record selection file) ซึ่งจะมีนามสกุลเป็น .sel โดยมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็น ADrcbr.sel
- 4) ข้อมูลความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีในบรรยากาศรายวันที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่าง (Ambient data input file) ซึ่งจะมีนามสกุลเป็น .txt โดยมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็น ADrcbr.txt

5) ข้อมูลความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดต่างๆ (Source profile input file) ซึ่งจะมีนามสกุลเป็น .txt โดยมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็น PRrcbr.txt

โดยจะมีการสร้างไฟล์ที่ชื่อว่า INrcbr.IN8 ซึ่งเป็นไฟล์ที่จะใช้ในการควบคุมการนำเข้าข้อมูลของทั้ง 5 ไฟล์นี้ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 รูปแบบของข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง CMB

3.12.2 การประมวลผล

เมื่อเตรียมข้อมูลนำเข้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลที่เตรียมไว้ในโปรแกรมแบบจำลอง CMB ดังรูป 3.15 จากนั้นเลื่อนหน้าต่างไปเรื่อยๆ เพื่อเช็คดูข้อมูลที่ใส่ไว้ เมื่อหน้าจอขึ้นดังรูป 3.16 ก็สามารถกดปุ่ม RUN ได้

รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการใส่ข้อมูลลงในแบบจำลอง CMB

รูปที่ 3.16 จอแสดงผลก่อนการเริ่มคำนวณผลโดยแบบจำลอง CMB

3.12.3 การแสดงผล

เมื่อแบบจำลองทำการประมวลผลเสร็จสิ้นก็จะแสดงผลออกมาดังรูป 3.17 ซึ่งค่าที่แสดงประกอบไปด้วย R-Square Percent Mass Chi-Square ค่าความเข้มข้นของฝุ่นที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ณ แหล่งรับ และค่า Tstat

The screenshot displays the 'Results' tab of a software interface. It includes a menu bar (File, Help), a toolbar, and a status bar. The main window is divided into several sections:

- Header Information:** Control File: INrchr.INI, Samples: 42, Species: 25, Sources: 6, Output Format: ASCII (.txt) -> Defau.
- Navigation Tabs:** Input File, Options, Samples, Species, Sources, Results.
- Sample Information:**
 - SAMPLE Site: JATIYARAM Date: 02/27/15 Duration: 24 Start Hour: 0 Size: PM10
 - OPTIONS Iteration Delta: 20 Britt-Luecke Best Fit
 - Maximum Source Uncertainty (%): 20 Source Elimination
 - Minimum Source Projection: 0.95
 - Decimal Places Displayed: 5 Species Fit Array: 1
 - Units: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Sources Fit Array: 1
 - Fit Measure Weights: Chi Square 1, R Square 1, % Mass 1, Fraction Estimate 1
- Report Tabs:** Main Report, Contributions by Species, MPIN Matrix.
- FITTING STATISTICS:**

	R SQUARE	CHI SQUARE	% MASS	DEGREES FREEDOM
	0.41	8.10	14.3	19
- SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:**

SOURCE EST CODE	NAME	SCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Std Err	Tstat
YES RCB001	POTTERY	-2.56793	2.33189	-1.10122
YES RCB002	BRICK	-3.09125	4.90678	-0.62999
YES RCB003	O-LIME	20.69835	4.73529	4.37108
YES RCB004	ROAD	2.75012	3.78621	0.72635
YES RCB005	BRIDGE	2.05009	4.00788	0.51151
YES RCB006	T-CON	-14.73117	4.78489	-3.07868

5.10821
- MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: PM10**
35.7+- 7.1
- Buttons:** Result 18 of 42, Delete Current, Delete All, Run.

รูปที่ 3.17 การแสดงผลของแบบจำลอง CMB