สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

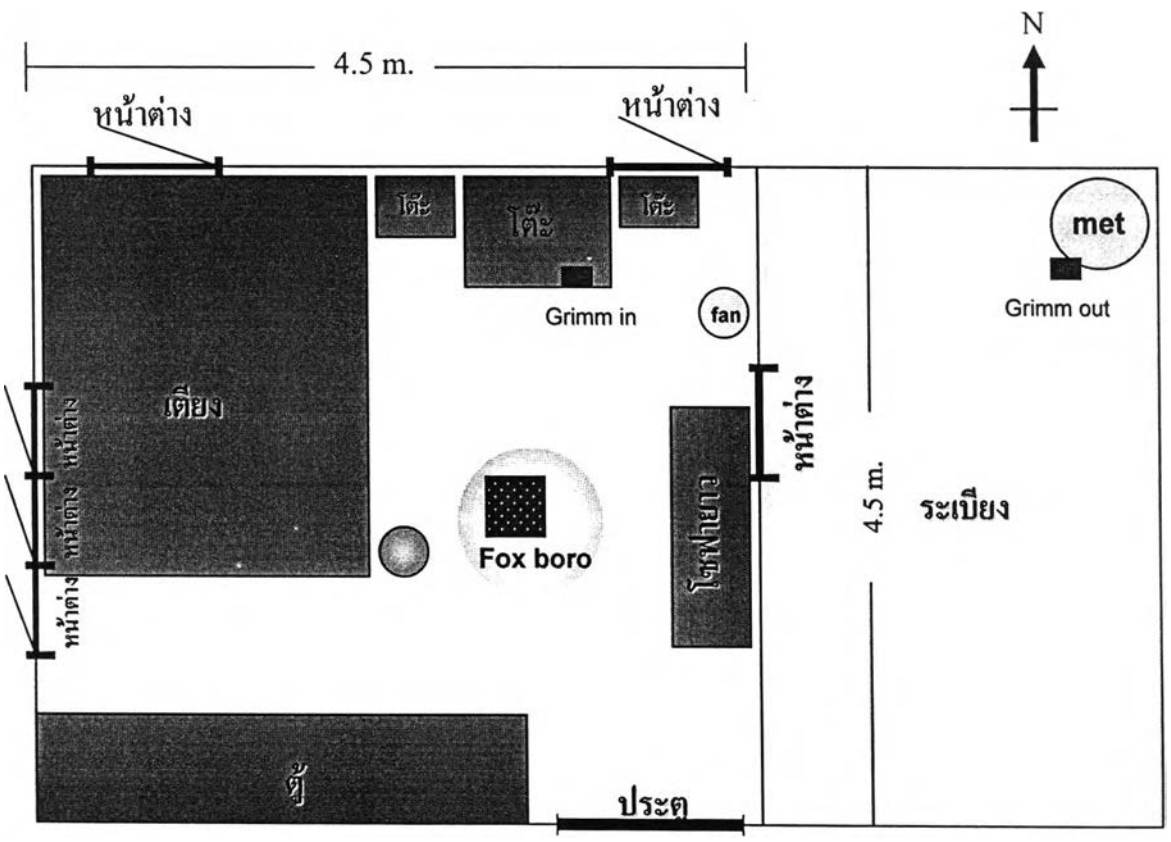
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการวิจัย

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

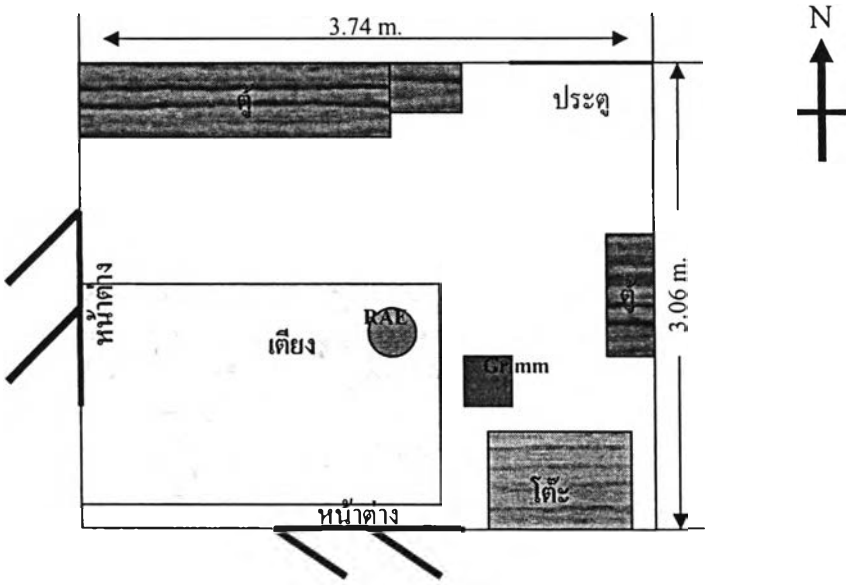
พื้นที่ศึกษา ได้แก่ ห้องขนาด 4.5 x 4.5 x 2.5 ลูกบาศก์เมตร มีหน้าต่าง 3 ด้านที่เปิดสู่นอกอาคาร จำนวน 6 บาน แบ่งชนิดของหน้าต่างได้เป็น 2 แบบ คือแบบบานเปิด จำนวน 5 บาน (พื้นที่หน้าต่างขนาด 0.58 x 1.05 ตารางเมตร จำนวน 3 บาน และ 0.80 x 1.05 ตารางเมตร จำนวน 2 บาน) และแบบบานเกล็ด จำนวน 1 บาน (พื้นที่หน้าต่างมีขนาด 0.58 x 1.05 ตารางเมตร) โดยห้องที่ทำการศึกษาอยู่ชั้นที่สามของบ้านเดี่ยวที่มีผู้อยู่อาศัย ในหมู่บ้านเมืองทอง 2/1 ถ. พัฒนาการ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ซึ่งตัวบ้านอยู่ห่างจากถนนสายหลักประมาณ 400 เมตร แผนผังห้องที่ทำการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

3.1.2 พื้นที่ทดสอบสมการทำนายอัตราการระบายอากาศและแบบจำลองทำนายฝุ่นละออง

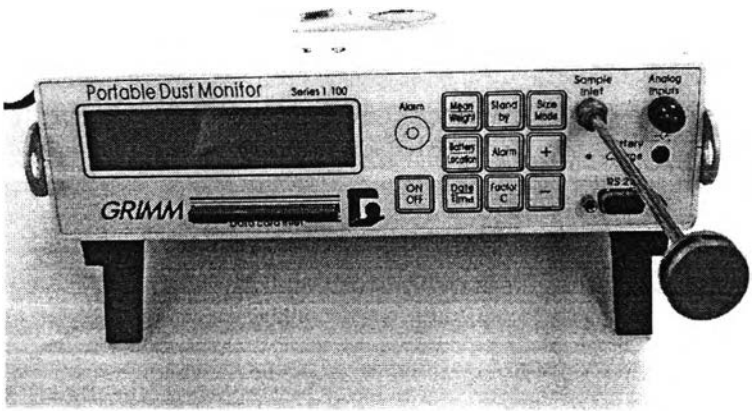
พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบสมการทำนายอัตราการระบายอากาศและแบบจำลองทำนายฝุ่นละออง ได้แก่ ห้องขนาด 3.06 x 3.74 x 2.68 ลูกบาศก์เมตร มีหน้าต่าง 2 ด้านที่เปิดสู่ภายนอกอาคาร จำนวน 4 บาน โดยหน้าต่างเป็นบานเปิดทั้งหมด (พื้นที่หน้าต่างขนาด 0.47 x 1.18 ตารางเมตร) ห้องที่ทำการศึกษาอยู่ชั้นที่สองของบ้านเดี่ยวที่มีผู้อยู่อาศัย ในหมู่บ้านปรีชา 1 ถ. พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร ซึ่งตัวบ้านอยู่ห่างจากถนนสายหลักประมาณ 300 เมตร แผนผังห้องที่ใช้ทดสอบแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาที่ใช้ทดสอบการทำนาย

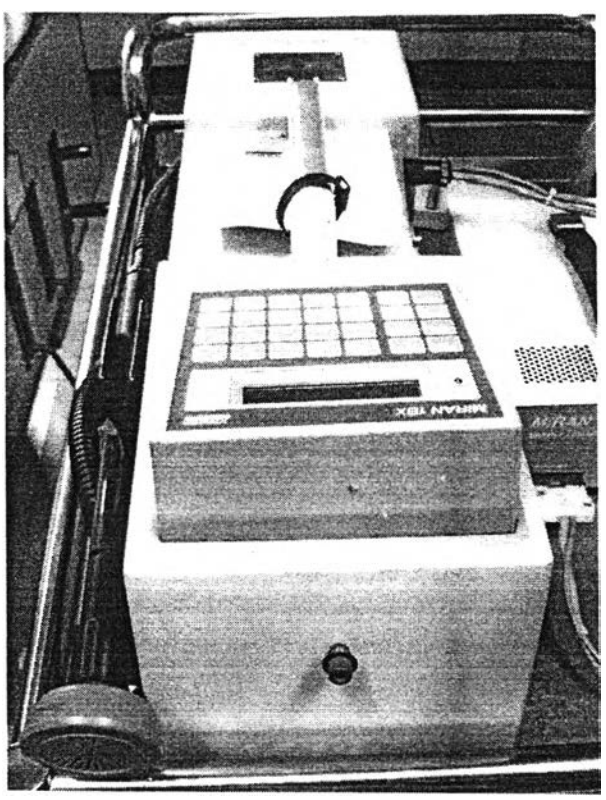
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบ Real Time : Portable Dust Monitor ของบริษัท GRIMM AEROSOL technik GmbH & Co KG รุ่น 1.104 ซึ่งเครื่องจะวัดขนาดและน้ำหนักของฝุ่นละออง โดยใช้หลักการกระเจิงแสง โดยปล่อยลำแสงซึ่งถูกตรวจจับด้วยเครื่องกลับกระแสความเร็วแสงที่มุม 90 องศา เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

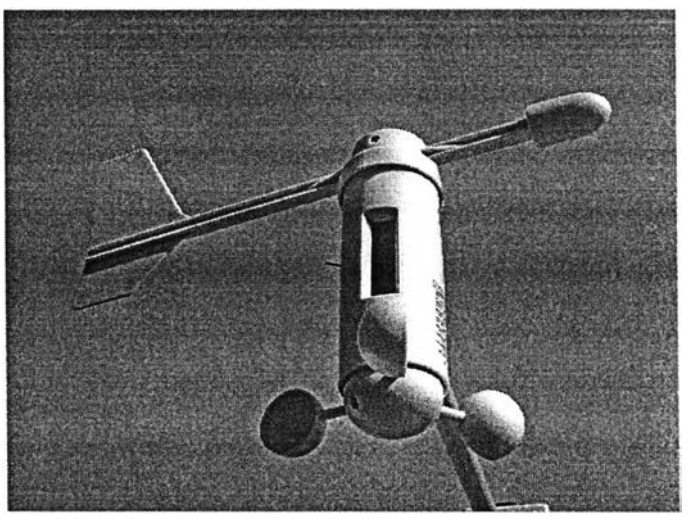
3.2.2 เครื่องเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่อง Miran 1 BX เป็นเครื่อง infrared spectrophotometer แบบลำแสงเดี่ยว โดยมี ไมโครโพเซสเซอร์ ควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ทำให้สามารถวิเคราะห์หรือคำนวณค่า absorbance แสดงผลเป็น ppm., AU หรือ bar graph ได้ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องมือเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.3 เครื่องมือตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา Professional Wireless Weather Station Operating ดังภาพที่ 3.5 เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศ โดยเครื่องมือตรวจวัดนี้สามารถตรวจวัดพารามิเตอร์ได้ ดังนี้

- ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
- ทิศทางลม (องศา)
- อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
- ความกดอากาศ (มิลลิเมตรปรอท)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)



ภาพที่ 3.5 เครื่องมือตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา

3.3 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน

3.3.1 ขั้นตอนการศึกษารวบรวมข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองภายในอาคาร

ตัวแปรที่สำคัญในสมการ คือ ความเข้มข้นฝุ่นละอองจากภายนอกที่แพร่เข้ามาภายในอาคาร (particle infiltration) ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (indoor particle generation) ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่มีอยู่แล้วในอาคาร ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่ถูกพัดออกไปภายนอกอาคาร (particle exfiltration) และความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตกลงสู่พื้น (particle deposition)

ข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เช่น การทำอาหาร การสูบบุหรี่ เป็นต้น และความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตกลงสู่พื้นนั้นจะนำข้อมูลมาจากการศึกษาของผู้ที่เคยศึกษามาแล้วรวบรวมไว้ในบทที่ 2

3.3.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

เพื่อให้ได้ข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองจากภายนอกที่แพร่เข้ามาภายในอาคาร ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่มีอยู่แล้วในอาคาร และความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ภายในอาคารที่ถูกพัดออกไปภายนอกอาคารนั้น เราจึงต้องทำการทดลองหาค่าอัตราการระบายอากาศและเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารไปพร้อมกัน

3.3.2.1 การหาค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองจากภายนอกที่พัดเข้ามาในอาคาร และหาความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่ถูกพัดออกไปนอกอาคาร ทำได้ด้วยการ

3.3.2.1.1 การหาอัตราการระบายอากาศ ด้วยวิธี tracer gas technique (Godish, 2001) โดยเริ่มจากการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ภายในห้องด้วยเครื่อง Miran 1 BX เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าคาร์บอนได้ออกไซด์พื้นฐาน (background) จากนั้นปิดหน้าต่างภายในห้องที่ทำการทดลอง แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กระจายทั่วทั้งห้องเป็นเวลาประมาณ 10 นาที แล้วเปิดหน้าต่างและวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ค่อยๆ ลดลงจนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ภายในห้องก่อนทำการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการระบายอากาศ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\lambda_v = \frac{1}{(t - t_0)} \ln\left(\frac{c}{c_0}\right) \qquad 3.1$$

เมื่อ λ_v คือ อัตราการระบายอากาศ (ต่อชั่วโมง)

c คือ ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาสุดท้าย

c_0 คือ ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาเริ่มต้น

t คือ เวลาสิ้นสุดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

t_0 คือ เวลาที่เริ่มปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทดลองหาค่าอัตราการระบายอากาศตามลักษณะภายในอาคาร แบ่งได้ดังต่อไปนี้

1) การมีมุ้งลวดที่หน้าต่าง
2) ทิศทางการเปิดหน้าต่าง
3) จำนวนหน้าต่าง

ตารางที่ 3.1 ลักษณะภายในอาคารที่ใช้ในการวัดอัตราการระบายอากาศ

การมีมุ้งลวด	ทิศทางหน้าต่าง	จำนวนหน้าต่าง (บาน)					
		1	2	3	4	5	6
มีมุ้งลวด	เปิดด้านเดียว	✓	✓	✓			
	เปิดเฉียงกัน		✓	✓	✓	✓	
	เปิดตรงข้าม		✓	✓	✓		
	เปิดทั้ง 3 ด้าน			✓	✓	✓	✓
ไม่มีมุ้งลวด	เปิดด้านเดียว	✓	✓	✓			
	เปิดเฉียงกัน		✓	✓	✓	✓	
	เปิดตรงข้าม		✓	✓	✓		
	เปิดทั้ง 3 ด้าน			✓	✓	✓	✓

3.3.2.1.2 การตรวจวัดความเร็วลม (wind speed) และทิศทางลม (wind direct) ด้วยการตั้งเครื่องมือตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการหาสมการทำนายอัตราการระบายอากาศ

3.3.2.1.3 การหาปริมาณฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคาร ใช้เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง (Grimm) ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจวัด ฝุ่นแบบ real time โดยทำการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (TSP) ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) และขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) ทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 17 วัน ด้วยการตั้งเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นภายในห้องที่ทำการศึกษา เพื่อหาปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคาร และตั้งเครื่องมืออีกเครื่องไว้ภายนอกอาคารเพื่อหาปริมาณฝุ่นละอองภายนอกอาคาร โดยทำการวัดปริมาณฝุ่นละอองทั้งภายในและภายนอกพร้อมกัน เพื่อหาค่าสัดส่วนฝุ่นละอองภายในต่อภายนอกอาคาร

ในการตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองภายนอกอาคาร จะตั้งห่างจากถนนสายหลักประมาณ 50 เมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์เดียวกับการตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

ก่อนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองและอัตราการระบายอากาศต้องทำการทำความสะอาดภายในห้องทดลอง และในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่างต้องทำความสะอาดห้องก่อนทุกครั้ง

3.3.2.2 การหาค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในที่มีอยู่แล้วในอาคาร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร ณ เวลาเริ่มต้น โดยการตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองภายในห้องทดลอง

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์และเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากสมการนำข้อมูลฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารและข้อมูลอัตราการระบายอากาศมาแทนค่าในสมการ

$$C_{in} = C_{out-in} + C_0 + C_{in\cdot source} - C_{in-out} - C_{dep} \quad 3.2$$

เมื่อ C_{in} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคาร

C_{out-in} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกอาคารที่พัดเข้ามาภายในอาคาร

C_0 = ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่มีอยู่แล้วภายในอาคาร

$C_{in\cdot source}$ = ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในอาคาร

C_{in-out} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองภายในอาคารที่ถูกพัดออกไปนอกอาคาร

C_{dep} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตกลงสู่พื้น

3.3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองภายในและภายนอกอาคารอัตราการระบายอากาศและค่าอุตุนิยมวิทยา (ความเร็วลมและทิศทางลม) ที่ห้องทดลองที่ใช้ทดสอบสมการ จากนั้น นำค่าที่ได้แทนลงในสมการที่ได้จาก หัวข้อ 3.3.3 ซึ่งในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองนี้ จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.3.4.1 การทดสอบความถูกต้องของสมการทางคณิตศาสตร์ในการประมาณค่าอัตราการระบายอากาศ ด้วยการใส่ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศและเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสมการกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

3.3.4.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการทำนายฝุ่นละอองขนาด 10 ไมโครเมตร ด้วยการใส่ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองภายนอกอาคารและค่าอัตราการระบายอากาศ แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการทำนายฝุ่นละอองนี้จะมีการเปรียบเทียบทั้งหมด 4 แบบ คือ

3.3.4.2.1 การใส่ค่าฝุ่นละอองภายในอาคารที่เวลาเริ่มต้นและค่าอัตราการระบายอากาศจากการตรวจวัด (measurement PM and measurement ventilation)

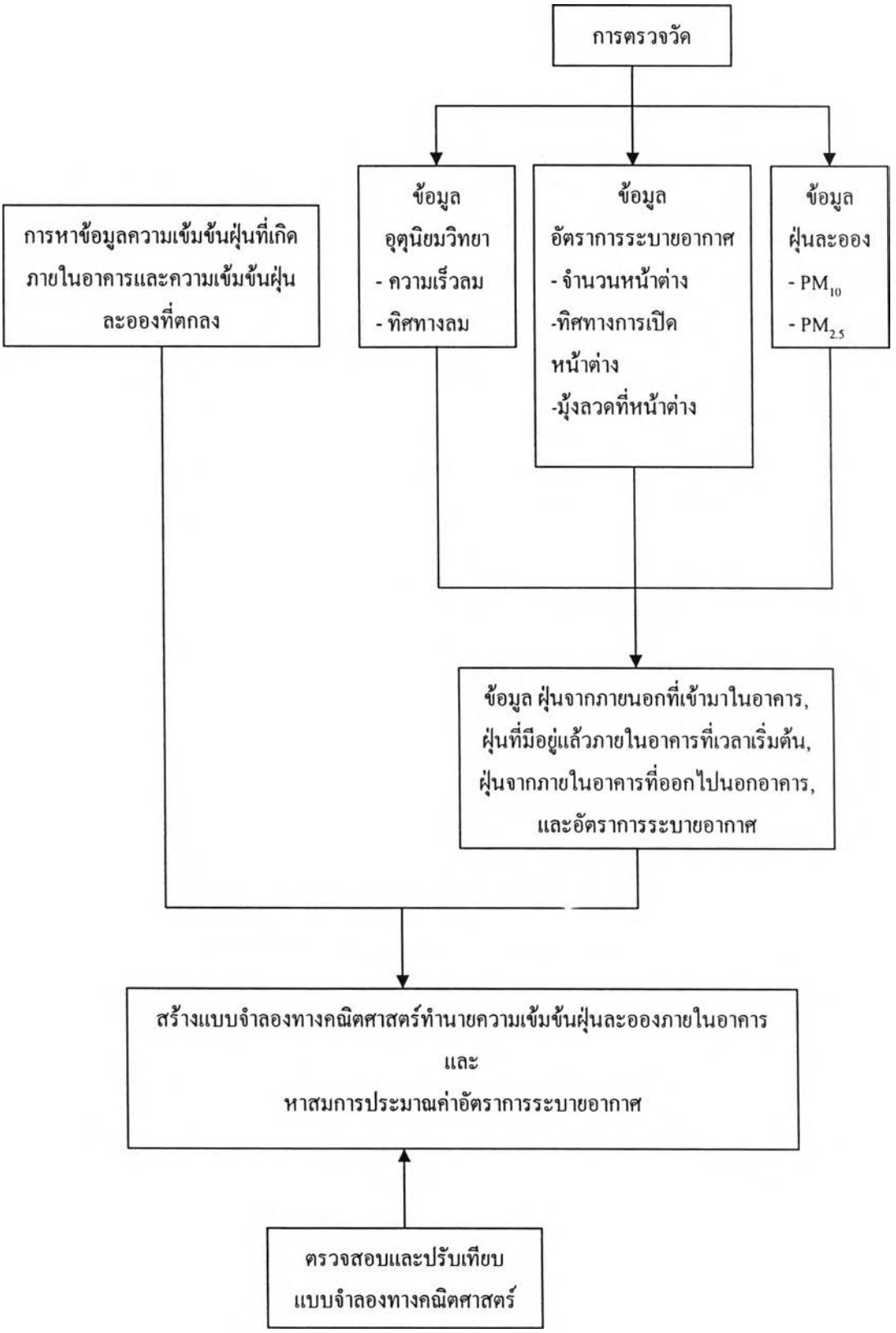
3.3.4.2.2 การใส่ค่าฝุ่นละอองภายในอาคารที่เวลาเริ่มต้นจากการตรวจวัดและค่าอัตราอัตราการระบายอากาศจากสมการทำนายค่าอัตราการระบายอากาศ (measurement PM and prediction ventilation)

3.3.4.2.3 การใส่ค่าฝุ่นละอองภายในอาคารที่เวลาเริ่มต้นจากการคำนวณ I/O และค่าอัตราการระบายอากาศจากการตรวจวัด (prediction PM and measurement ventilation)

3.3.4.2.4 การใส่ค่าฝุ่นละอองภายในอาคารที่เวลาเริ่มต้นจากการคำนวณ I/O และค่าอัตราการระบายอากาศจากสมการทำนายค่าอัตราการระบายอากาศ (prediction PM and prediction ventilation)

3.3.5 สรุปและรายงานผล

ขั้นตอนในการดำเนินการที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 แผนผังสรุปขั้นตอนการศึกษาวิจัย