

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	จ
สารบัญเรื่อง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
สารบัญตาราง	ญ
1. บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1-2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
2. การตรวจสอบเอกสาร	
2.1 ระบบมลพิษอากาศ (Air pollution system)	2-1
2.2 ศัพท์เกี่ยวกับฝุ่นละออง	2-2
2.3 ฝุ่นละออง (Particulate matter)	2-4
2.4 แหล่งกำเนิดของฝุ่น	2-6
2.5 องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละออง	2-7
2.6 ผลกระทบจากฝุ่นละออง	2-8
2.7 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ	2-9
2.8 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง	2-10
2.9 ขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา	2-12
2.10 ขั้นตอนการผลิตอิฐมอญ	2-17
2.11 ขั้นตอนการผลิตปูนขาว	2-19
2.12 ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป	2-21
2.13 แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model)	2-22
2.14 แบบจำลองสมดุลมวลเคมี (Chemical Mass Balance Receptor Model หรือ CMB)	2-23
2.15 การประเมินความเสี่ยง	2-26
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-31
3. วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 แผนการศึกษา	3-1
3.2 พื้นที่เก็บตัวอย่าง	3-2
3.3 การเก็บตัวอย่าง	3-3
3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา	3-7
3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง	3-7
3.6 การตรวจวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ	3-9
3.7 การคำนวณความเข้มข้นของฝุ่น	3-10
3.8 วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะ อีออนละลายน้ำ และคาร์บอน	3-11
3.9 การหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะในอากาศและในบรรยากาศ	3-14

3.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ	3-15
3.11 การประเมินความเสี่ยง	3-15
3.12 การวิเคราะห์ที่มาของแหล่งกำเนิดของฝุ่น	3-16
4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล	
4.1 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	4-1
4.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ	4-8
4.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอออนที่ละลายน้ำ	4-32
4.4 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์และธาตุคาร์บอน	4-40
4.5 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ธาตุโลหะ ไอออนที่ละลายน้ำ อินทรีย์คาร์บอนและธาตุคาร์บอนในบรรยากาศ	4-45
4.6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นและองค์ประกอบของฝุ่นกับตัวแปรอุตุนิยมวิทยา	4-56
4.7 อัตราส่วนความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะระหว่างในอาคารและในบรรยากาศ	4-59
4.8 การวิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่นจากแหล่งกำเนิด	4-66
4.9 การเปรียบเทียบสัดส่วนของโลหะ ไอออน และคาร์บอนที่แหล่งกำเนิด	4-70
4.10 การวิเคราะห์องค์ประกอบของโลหะในฝุ่นดินที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน	4-71
4.11 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	4-73
4.12 การประเมินสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่นโดยแบบจำลองสมดุลมวลเคมี (CMB)	4-84
5. สรุป	
5.1 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	5-1
5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่น	5-1
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น องค์ประกอบฝุ่นและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา	5-1
5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่นจากแหล่งกำเนิด	5-2
5.5 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	5-2
5.6 การประเมินสัดส่วนแหล่งกำเนิดของฝุ่น	5-3
5.7 ข้อเสนอแนะ	5-3
6. การเผยแพร่ผลงานสู่ชุมชน	
6.1 ชื่อโครงการ	6-1
6.2 หน่วยงานที่รับผิดชอบ	6-1
6.3 หลักการและเหตุผล	6-1
6.4 วัตถุประสงค์	6-2
6.5 ระยะเวลาและสถานที่	6-2
6.6 วิธีการดำเนินการสัมมนา	6-2
6.7 ผู้เข้ารับการสัมมนา	6-2
6.8 งบประมาณ	6-2
6.9 คณะกรรมการดำเนินการ	6-2
6.10 กำหนดการ	6-3
6.11 ดัชนีชี้วัดความสำเร็จและหน่วยนับ	6-3
6.12 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6-3
6.13 ผลการดำเนินโครงการ	6-4

เอกสารอ้างอิง

ประวัติผู้วิจัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศ	2-2
2.2 รูปร่างต่างๆ ของอนุภาคฝุ่น	2-4
2.3 การเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม	2-5
2.4 ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ	2-9
2.5 ผลของอุณหภูมิต่อการแพร่กระจายฝุ่นละออง	2-11
2.6 บ่อหมักดิน	2-12
2.7 การกวนและการนวดดิน	2-13
2.8 การขึ้นรูป	2-14
2.9 ส่วนประกอบของเตาเผาเครื่องดินเผา	2-16
2.10 แม่แบบขึ้นรูปและการใส่ดินลงแม่แบบ	2-18
2.11 การตั้งโปรง	2-18
2.12 การตั้งกองอิฐเพื่อรอการเผา	2-19
2.13 การเติมเชื้อเพลิงและการชักขึ้นถ่านออก	2-20
2.14 เตาเผาหินปูน	2-20
2.15 กิจกรรมการผลิตของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ	2-21
2.16 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ	2-22
2.17 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานของแบบจำลองสมดุลมวลเคมี	2-26
2.18 เส้นทางการสัมผัส	2-28
3.1 แผนการศึกษา	3-1
3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม	3-2
3.3 พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน	3-2
3.4 การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิดที่มีการเผา	3-3
3.5 การกวาดหรือตักฝุ่นบริเวณผิวหน้า	3-4
3.6 การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิดที่ไม่มีการเผา	3-5
3.7 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศ	3-6
3.8 การเก็บตัวอย่างฝุ่นในอาคาร	3-6
3.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นที่แหล่งกำเนิด	3-8
3.10 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนชนิดแรงดูดสูง	3-8
3.11 เครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในอาคาร	3-9
3.12 การเตรียมและวิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	3-13
3.13 การเตรียมและวิเคราะห์หาความเข้มข้นไอออนในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	3-14
3.14 รูปแบบของข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง CMB	3-18
3.15 ขั้นตอนการใส่ข้อมูลลงในแบบจำลอง CMB	3-19
3.16 จอแสดงผลก่อนการเริ่มคำนวณโดยแบบจำลอง CMB	3-19
3.17 การแสดงผลของแบบจำลอง CMB	3-20
4.1 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ	4-6
4.2 เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในอาคาร	4-7
4.3 เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในบรรยากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-18
4.4 เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในอาคาร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-19

4.5	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในบรรยากาศทั้งสองฤดู ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-20
4.6	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในอาคารทั้งสองฤดู ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-20
4.7	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในบรรยากาศ (mg/kg)	4-29
4.8	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในอาคาร (mg/kg)	4-30
4.9	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในบรรยากาศทั้งสองฤดู (mg/kg)	4-31
4.10	เปรียบเทียบความเข้มข้นโลหะที่พบในอาคารทั้งสองฤดู (mg/kg)	4-31
4.11	เปรียบเทียบความเข้มข้นไอออนที่พบในบรรยากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-35
4.12	เปรียบเทียบความเข้มข้นไอออนที่พบในบรรยากาศรวมทั้งสองฤดู ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-35
4.13	เปรียบเทียบความเข้มข้นไอออนที่พบในบรรยากาศ (mg/kg)	4-39
4.14	เปรียบเทียบความเข้มข้นไอออนที่พบในบรรยากาศรวมทั้งสองฤดู (mg/kg)	4-39
4.15	เปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอนที่พบในบรรยากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-42
4.16	เปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอนที่พบในบรรยากาศรวมทั้งสองฤดู ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4-42
4.17	เปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอนที่พบในบรรยากาศ (mg/kg)	4-44
4.18	เปรียบเทียบความเข้มข้นของคาร์บอนที่พบในบรรยากาศรวมทั้งสองฤดู (mg/kg)	4-45
4.19	ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนวัดเจติยารามและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรม ควบคุมมลพิษ (ตั้งอยู่ภายในสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8)	4-57
4.20	ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณ เขตเมืองและเขตชนบทในจังหวัดราชบุรี	4-79
4.21	ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของการสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณเขตเมืองและเขตชนบทในจังหวัดราชบุรี	4-83
4.22	สัดส่วนที่มาของแหล่งกำเนิดฝุ่นที่โรงเรียนวัดเจติยาราม	4-85
4.23	สัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นผันแปรตามเวลาของแต่ละแหล่งกำเนิดที่โรงเรียนวัดเจติยาราม	4-86
4.24	ดัชนีที่อธิบายความน่าเชื่อถือผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง	4-87
4.25	ความเข้มข้นของไอออนที่ได้จากการตรวจวัดและการคำนวณด้วยแบบจำลอง	4-89
4.26	เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของไอออนที่ได้จากการตรวจวัดและการคำนวณด้วยแบบจำลอง	4-89
6.1	กิจกรรมการสัมมนา	6-7

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ	2-7
2.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป	2-10
2.3 สูตรการคำนวณการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านเส้นทางต่าง ๆ	2-29
2.4 ค่าคงที่สำหรับประเมินความเสี่ยง	2-30
3.1 พารามิเตอร์ที่ศึกษาและวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ในแต่ละสถานที่เก็บตัวอย่าง	3-7
3.2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Detection limit) ของการวิเคราะห์โลหะ	3-12
3.3 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Detection limit) ของการวิเคราะห์ไอออนที่ละลายน้ำ	3-12
3.4 ค่าคงที่สำหรับการประเมินความเสี่ยงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	3-16
4.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศในช่วงฤดูฝน	4-2
4.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศในช่วงฤดูแล้ง	4-3
4.3 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศรวมทั้งสองฤดู	4-3
4.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในอาคารช่วงฤดูฝน	4-4
4.5 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในอาคารช่วงฤดูแล้ง	4-5
4.6 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในอาคารทั้งสองฤดู	4-6
4.7 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินช่วงฤดูฝน	4-9
4.8 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามช่วงฤดูฝน	4-10
4.9 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินช่วงฤดูแล้ง	4-11
4.10 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามช่วงฤดูแล้ง	4-12
4.11 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินทั้งสองฤดู	4-13
4.12 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามทั้งสองฤดู	4-14
4.13 สัดส่วนโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินช่วงฤดูฝน	4-22
4.14 สัดส่วนโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามช่วงฤดูฝน	4-23
4.15 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินช่วงฤดูแล้ง	4-24
4.16 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามช่วงฤดูแล้ง	4-25
4.17 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินรวมทั้งสองฤดู	4-26
4.18 ความเข้มข้นโลหะที่พบในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยารามรวมทั้งสองฤดู	4-27
4.19 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูฝน	4-32
4.20 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูแล้ง	4-33
4.21 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษารวมทั้งสองฤดู	4-33
4.22 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูฝน	4-36
4.23 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูแล้ง	4-37
4.24 ความเข้มข้นไอออนที่ละลายน้ำที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษารวมทั้งสองฤดู	4-37
4.25 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูฝน	4-40
4.26 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูแล้ง	4-40
4.27 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาทั้งสองฤดู	4-41
4.28 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูฝน	4-43
4.29 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูแล้ง	4-43
4.30 ความเข้มข้นคาร์บอนที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษาในทั้งสองฤดู	4-44
4.31 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและโลหะที่พบในบรรยากาศบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินช่วงฤดูฝน	4-46

[illegible]

4.54	อัตราส่วนระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะหนักในอาคารและในบรรยากาศบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามช่วงฤดูแล้ง	4-63
4.55	อัตราส่วนระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะหนักในอาคารและในบรรยากาศบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินรวมทั้งสองฤดู	4-64
4.56	อัตราส่วนระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และโลหะหนักในอาคารและในบรรยากาศบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามรวมทั้งสองฤดู	4-65
4.57	ความเข้มข้นของธาตุที่แหล่งกำเนิดและกิจกรรมต่างๆ ในช่วงฤดูฝน	4-67
4.58	ความเข้มข้นของธาตุที่แหล่งกำเนิดและกิจกรรมต่างๆ ในช่วงฤดูแล้ง	4-68
4.59	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุที่แหล่งกำเนิดและกิจกรรมต่างๆ ทั้งสองฤดู	4-69
4.60	เปรียบเทียบร้อยละของโลหะ และอ็อกไซด์จากมากไปน้อย	4-70
4.61	องค์ประกอบของโลหะในฝุ่นดินที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน	4-72
4.62	การคำนวณการสัมผัสสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน โดยเส้นทางการหายใจ	4-74
4.63	การคำนวณการสัมผัสสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่โรงเรียนวัดเจติยารามโดยเส้นทางการหายใจ	4-75
4.64	การประเมินความเสี่ยงในการก่อมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน	4-77
4.65	การประเมินความเสี่ยงในการก่อมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจที่โรงเรียนวัดเจติยาราม	4-78
4.66	การคำนวณการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจที่โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน	4-80
4.67	การคำนวณการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม	4-82
4.68	ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของแหล่งกำเนิดของฝุ่นที่โรงเรียนวัดเจติยาราม	4-84
4.69	ความเข้มข้นฝุ่นจากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง ณ โรงเรียนวัดเจติยาราม	4-88
6.1	กำหนดการจัดสัมมนา	6-3
6.2	รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนา	6-4
6.3	ผลการประเมินโครงการ	6-5