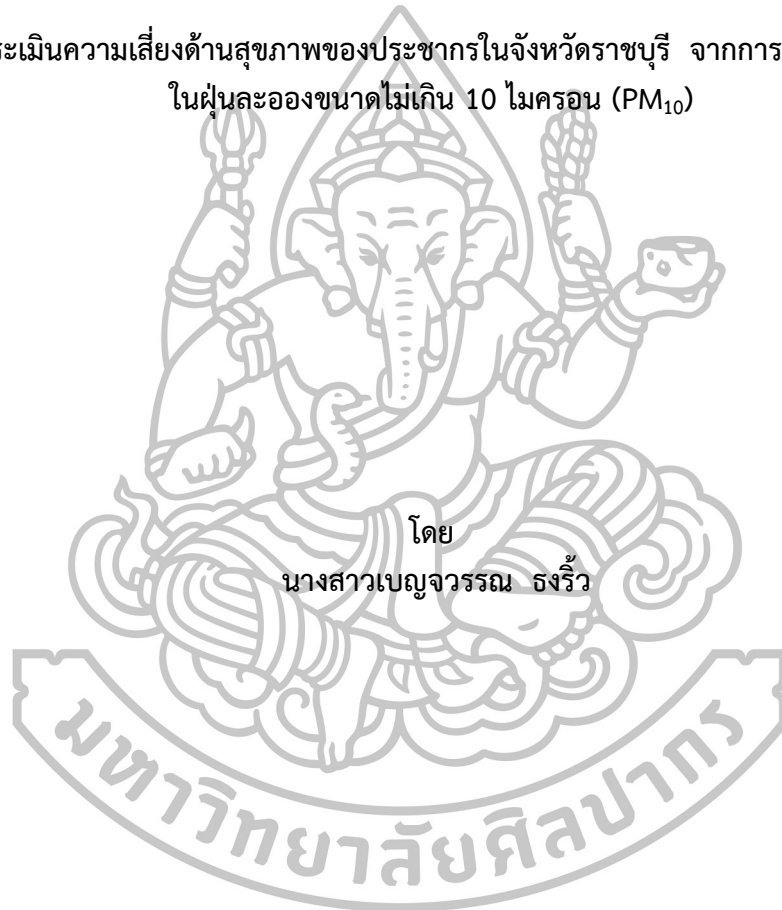




การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดราชบุรี จากการสัมผัสโลหะ
ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)



โดย
นางสาวเบญจวรรณ ธงรั้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดราชบุรี จากการสัมผัสโลหะ
ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)



โดย
นางสาวเบญจวรรณ ธงรั้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

HEALTH RISK ASSESSMENT OF METALS IN INHALABLE
PARTICULATES MATTER (PM₁₀) IN RATCHABURI PROVINCE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
Master of Science Program in Environmental Science
Department of Environmental Science
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2015
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ
ของประชากรในจังหวัดราชบุรี จากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ”
เสนอโดย นางสาวเบญจวรรณ ชงริ้ว เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศน์วงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง)

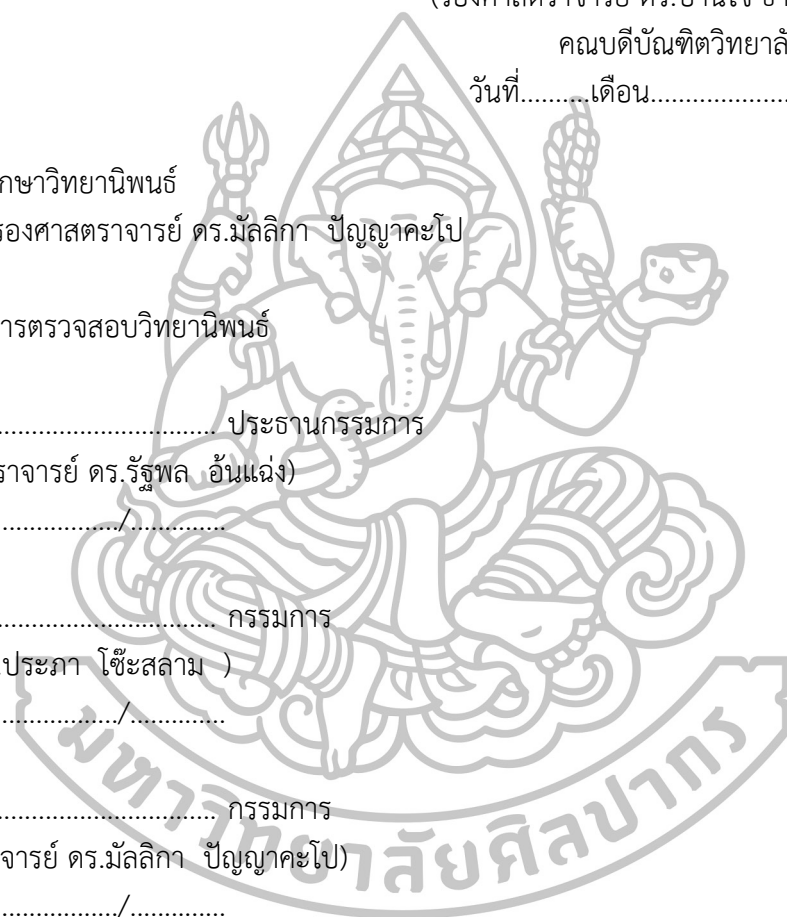
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประภา โช๊ะสลาม)

...../...../.....

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป)

...../...../.....



57311310 : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ/ โลหะ/ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)
/ จังหวัดราชบุรี

เบญจวรรณ ชงริ้ว : การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดราชบุรี
จากการสัมผัสฝุ่นโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀). อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
: รศ.ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป. 77 หน้า.

จังหวัดราชบุรีมีอัตราการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 5 ต่อปี โดยอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน และอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) ซึ่งอาจมีโลหะต่างๆปนเปื้อน งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ของประชากรในจังหวัดราชบุรี จากการสัมผัสฝุ่นชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารด้วยเส้นทางการหายใจ ตามวิธีการของ US-EPA โลหะที่วิเคราะห์มีจำนวน 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb Zn และ V โดยทำการเก็บตัวอย่างใน 2 บริเวณ ได้แก่ โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (โรงเรียน ตชด .บ้านถ้ำหิน) ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบท และโรงเรียนวัดเจติยารามซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ชุมชน ผลการวิจัยพบว่า โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินมีความเข้มข้นของ PM₁₀ ในฤดูฝนและฤดูแล้งเฉลี่ยเท่ากับ 20.24 และ 27.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ เฉลี่ยเท่ากับ 41.67 และ 42.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยโรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน ตรวจพบโลหะ 9 ชนิด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ Fe Zn Al Mg Ni Cr Cu Mn และ Cd และโรงเรียนวัดเจติยาราม ตรวจพบโลหะ 11 ชนิด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ Zn Mg Fe Ni Cr Cu Mn Cd Co Al As และ Pb ส่วนโลหะชนิดอื่นๆ ตรวจไม่พบ และเมื่อนำความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะทุกชนิดมาประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ พบว่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสโลหะทุกชนิดของผู้ใหญ่และเด็กโรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.71E-04 และ 5.54E-04 ตามลำดับ และโรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.65E-04 และ 5.54E-04 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า 1E-04 เป็นความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ตามวิธีการของ US-EPA สำหรับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการสัมผัสโลหะทุกชนิดของผู้ใหญ่และเด็ก โรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.689 และ 0.570 ตามลำดับ และโรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.817 และ 0.675 ตามลำดับ ซึ่ง ต่ำกว่า 1 เป็นความเสี่ยงที่สามารถยอมรับได้ตามวิธีการของ US-EPA

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

57311310 : MAJOR : ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : HEALTH RISKS ASSESSMENT, METALS, PARTICLES MATTER (PM₁₀),
RATCHABURI PROVINCE

BENJAWAN THONGRIW : HEALTH RISK ASSESSMENT OF METALS IN INHALABLE
PARTICLES MATTER (PM₁₀) IN RATCHABURI PROVINCE. THESIS ADVISOR : Mallika
Panyakapo. 77 pp.

The industrial sector in Rachaburi province is continuously growth by about 5 percent per year. The main industrial activities are limestone and pottery. All of which release inhalable particles matter (PM₁₀) contaminated with various kinds of metals. Objective of this research was to assess cancer risk and non-cancer risk of Ratchaburi Province's populations exposed to those metals contained in PM₁₀ at indoor environment via inhalation pathway. The US-EPA risk assessment method was used for this purpose. The metals analyzed were Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn and V. PM₁₀ were sampled at Ban Thumhin border patrol police school (TS) and Wat Jatiyaram school (WS), represented as rural and urban sites, respectively. The results showed that at TS, the average concentrations of PM₁₀ in wet and the dry seasons were 20.24 and 27.22 mg/m³, respectively; whereas those found at WS were 41.67 and 42.22 mg/m³, respectively. The descending of metal concentrations in indoor PM₁₀ found in TS was Fe, Zn, Al, Mg, Ni, Cr, Cu, Mn, and Cd, and that found in WS was Zn, Mg, Fe, Ni, Cr, Cu Mn, Cd, Co, Al, As and Pb. Other metals were non-detected. As calculated from the average concentrations of all metals, the total cancer risk of adults and children in TS were 6.71E-04 and 5.54E-04, respectively; while in WS were 6.65E-04 and 5.54E-04, respectively. These were in an unacceptable risk, as recommended by US-EPA. The total non-cancer risk of adults and children in TS were 0.689 and 0.570, respectively; whereas WS were 0.817 and 0.675, respectively. These were in an acceptable risk of USEPA's recommendation.

Department of Environmental Science

Graduate School, Silpakorn University

Student's signature

Academic Year 2015

Thesis Advisor's signature

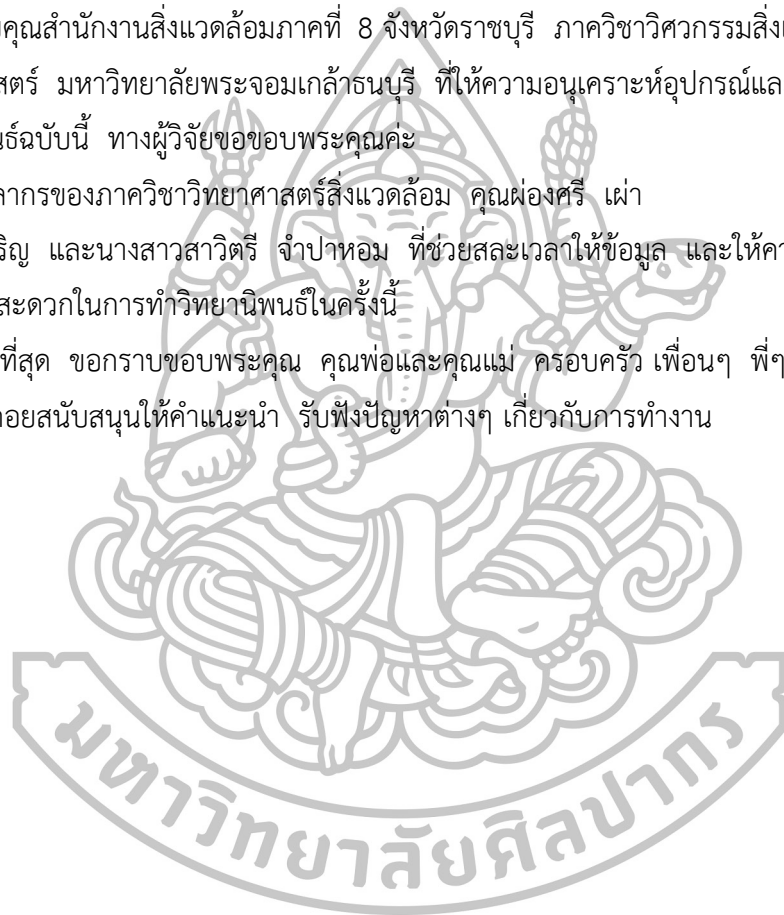
กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐพล อ้นแฉ่ง ในความเมตตา กรุณา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และความช่วยเหลือต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณอาจารย์ประภา โชะสลาม ที่ให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 จังหวัดราชบุรี ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

ขอบคุณบุคลากรของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คุณผ่องศรี เผ่า ภูรี นายทวีชัย ลิ้มปสัน-ติเจริญ และนางสาวสาวิตรี จำปาหอม ที่ช่วยสละเวลาให้ข้อมูล และให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ครอบครั้ว เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ คอยสนับสนุนให้คำแนะนำ รับฟังปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับการทำงาน



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มลพิษอากาศ.....	4
2.2 ฝุ่นละอองในอากาศ.....	4
2.2.1 การแบ่งขนาดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ.....	4
2.2.2 ลักษณะการเกิดของฝุ่นละออง.....	6
2.2.3 องค์ประกอบของฝุ่นละออง.....	6
2.2.4 การแพร่กระจายของฝุ่นละออง.....	7
2.2.5 ความเป็นอันตรายของฝุ่นละออง.....	7
2.3 ชนิดและความเป็นอันตรายของโลหะ.....	8
2.3.1 การจัดจำแนกของโลหะ.....	9
2.3.2 ชนิดและความเป็นอันตรายของโลหะ.....	10
2.4 โลหะหรือแร่ธาตุต่างๆ ในดิน.....	14
2.5 จังหวัดราชบุรีและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	14
2.5.1 ที่ตั้งและอาณาเขต.....	14
2.5.2 ลักษณะภูมิประเทศ.....	17
2.5.3 ลักษณะภูมิอากาศ.....	17
2.5.4 ทรัพยากรแร่ของจังหวัดราชบุรี.....	17
2.5.5 ประเภทของอุตสาหกรรมในจังหวัดราชบุรี.....	18
2.5.6 แหล่งที่มาของ PM ₁₀ ในจังหวัดราชบุรี.....	19
2.6 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment).....	20
2.6.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification).....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment).....	21
2.6.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment).....	24
2.6.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization).....	25
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของ PM ₁₀ บริเวณภายในอาคาร.....	25
2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของโลหะใน PM ₁₀ และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ.....	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 ภาพรวมของงานวิจัย.....	32
3.2 สถานที่ดำเนินงานวิจัย.....	34
3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง.....	34
3.2.3 สถานที่ซ้่งน้ำหนักตัวอย่าง.....	37
3.2.4 สถานที่เตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์.....	37
3.3 ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง.....	37
3.4 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์.....	37
3.4.1 สารเคมี.....	37
3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	37
3.5 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง.....	38
3.6 การเตรียมตัวอย่าง.....	38
3.7 การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละออง.....	38
3.8 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ.....	39
3.8.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification).....	39
3.8.2 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment).....	39
3.8.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment).....	39
3.8.4 การประเมินลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization).....	39
3.9 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคาร.....	40
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย.....	40
4.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ภายในอาคาร.....	40
4.1.1 ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในฤดูฝน.....	40
4.1.2 ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในฤดูแล้ง.....	41
4.1.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ PM ₁₀	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀	46
4.2.1 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/ กิโลกรัมฝุ่น.....	46
4.2.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/ ลูกบาศก์เมตร.....	50
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ.....	57
4.3.1 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง.....	57
4.3.2 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง.....	60
4.3.3 การเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพ.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	71
5.1 ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ภายในอาคาร.....	71
5.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀	71
5.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ.....	72
5.4 แนวทางการจัดการความเสี่ยง.....	73
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	73
รายการอ้างอิง.....	74
ประวัติผู้วิจัย.....	77



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมวลสารในอากาศ.....	5
2.2 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ.....	7
2.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุต่างๆ ที่พบในดิน.....	14
4 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละอำเภอของจังหวัดราชบุรี ประจำเดือนมกราคม พ.ศ.2559.....	19
2.5 ความเข้มข้นต่ำสุด-สูงสุดของ PM ₁₀ ภายนอกอาคารบริเวณตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรีระหว่าง พ.ศ. 2551-2558.....	20
2.6 ค่าคงที่สำหรับการประเมินความเสี่ยง.....	23
2.7 ค่าคงที่ต่างๆ สำหรับคนไทยในการประเมินความเสี่ยง.....	23
2.6 ค่า Slope Factor (SF) และค่า Reference Concentration (R _f C) ของโลหะชนิดต่างๆ โดยการสัมผัสด้วยเส้นทางการหายใจ.....	24
4.1 ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ระหว่างวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558	42
4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้น PM ₁₀ ภายในอาคารระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ.....	45
4.3 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝน ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น...	47
4.4 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูแล้ง ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น.	49
4.5 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝน ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร	51
4.6 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูแล้ง ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร.....	53
4.7 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ.....	56
4.8 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจภายในอาคารบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน.....	58
4.9 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจภายในอาคารบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม.....	59
4.10 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการหายใจภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน.....	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
4.11 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการ หายใจภายในอาคารบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม.....	63
4.12 ความสอดคล้องความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่น นอกจากมะเร็งระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัย อื่นๆ.....	69



สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
2.1 ผุ่นขนาดต่างๆ เข้าสู่ทางเดินหายใจในระดับความลึกแตกต่างกัน.....	8
2.2 ตารางธาตุแบบพีริออดิก.....	9
2.3 แผนที่จังหวัดราชบุรี.....	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	33
3.2 แผนที่โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี.....	35
3.3 จุดเก็บตัวอย่าง PM ₁₀ ในโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี.....	35
3.4 แผนที่โรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี.....	36
3.5 จุดเก็บตัวอย่าง PM ₁₀ ในโรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี.....	36
4.1 ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียน วัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี.....	43
4.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้าน ถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วยมิลลิกรัม/ กิโลกรัมฝุ่น.....	48
4.3 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้าน ถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วยมิลลิกรัม/ ลูกบาศก์เมตร.....	53
4.4 ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร.....	54
4.5 ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี.....	60
4.6 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะใน PM ₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี.....	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ประชากรส่วนใหญ่มีการใช้ชีวิตบริเวณภายในอาคารร้อยละ 80 ของเวลาทั้งหมด (สุธาสินี, 2553) ดังนั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารจึงเป็น ปัจจัยสำคัญมาก ในการส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งต่อระบบทางเดินหายใจ ประสิทธิภาพการทำงานของปอด หรือ แม้แต่การสะสมจนกระทั่งก่อให้เกิดอันตรายอื่นๆ ที่เกี่ยวกับสุขภาพ (สุธาสินี, 2553 อ้างถึง Kildeso *et al.*, 1999) และเนื่องจากจังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคตะวันตก โดยเป็นศูนย์กลางของธุรกิจสินค้าประเภทเกษตรกรรม อุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตร และ อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เป็นต้น โดยปัจจุบันจังหวัดราชบุรีมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องจาก 1,749 โรงงาน (ข้อมูล ณ 2 มิถุนายน 2555) เป็น 1,813 โรงงาน (ข้อมูล ณ 22 กันยายน 2557) (กรมโรงงาน อุตสาหกรรม, 2557) ซึ่งอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่อำเภอเมือง ไกล่เขตชุมชน และ เนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดราชบุรีมีลักษณะทางธรณีเป็นหินปูนและเป็นที่ราบลุ่มทำให้อุตสาหกรรมที่พบ แบ่งออก 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน และอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา โดย อุตสาหกรรมทั้ง 2 กลุ่มนี้ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากอุตสาหกรรมดังกล่าวเกิดจาก 3 สาเหตุ คือ การเทกอง การผลิต และการขนส่งวัสดุดิบและผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัญหาที่พบมากคือการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ในบรรยากาศ ฝุ่นละอองที่เกิดจากอุตสาหกรรมดังกล่าวประกอบด้วย ฝุ่นละอองทั้งหมด (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) โดย PM_{10} เป็นฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพของประชาชนในชุมชนอย่างมาก ทั้งในด้านเชิงปริมาณ และในด้านองค์ประกอบทางเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณโลหะ

การปนเปื้อนของโลหะลงสู่สิ่งแวดล้อมนั้น มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้โลหะเปลี่ยนรูปร่าง อยู่ในรูปที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิต โดยโลหะแต่ละชนิดจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่ แตกต่างกันไป เช่น ตะกั่วปรอท แคดเมียม จะก่อให้เกิดมะเร็ง ทองแดง ก่อให้เกิดการระคายเคือง อักเสบบริเวณทางเดินหายใจ เป็นต้น (ฐิตียา, 2551)

ปัจจุบันประเทศต่างๆ มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นของ PM_{10} และการศึกษา ความเข้มข้นของโลหะใน PM_{10} รวมทั้งการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและในการเกิด อันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ในการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองด้วยเส้นทางการกิน เส้นทางการสัมผัส ทางผิวหนัง และเส้นทางการหายใจสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจาก

บริเวณภายนอกอาคาร แต่การศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นโลหะใน PM_{10} บริเวณภายในอาคาร ยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเข้มข้นของโลหะใน PM_{10} และประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง สำหรับ เด็กและผู้ใหญ่ใน จังหวัดราชบุรี จากการรับสัมผัสโลหะใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจ โดยทำการเปรียบเทียบกัน ใน 2 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (โรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน) ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่อยู่ห่างจากการทำอุตสาหกรรม (พื้นที่ชนบท) และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่รับสัมผัสฝุ่นจากการทำอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน (พื้นที่ชุมชน) และศึกษาในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะคือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ และเพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณภายในอาคาร โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (โรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน) อำเภอสวนผึ้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของ พื้นที่ที่อยู่ห่างจากการทำอุตสาหกรรม (พื้นที่ชนบท) และโรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง ซึ่งเป็นตัวแทน พื้นที่รับสัมผัสฝุ่นจากการทำอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน (พื้นที่ชุมชน) ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

1. 2.2 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโลหะ ชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ภายในบริเวณอาคารใน 2 ฤดู คือฤดูฝน และฤดูแล้ง ของพื้นที่ศึกษา

1. 2.3 เพื่อประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จากการได้รับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจของประชากรในพื้นที่ศึกษา

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

1.3.1 ความเข้มข้นของ PM_{10} และความเข้มข้นของโลหะ PM_{10} ภายในอาคาร บริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรมมีความเข้มข้นที่สูงกว่าบริเวณที่อยู่ห่างไกลแหล่งอุตสาหกรรม

1.3.2 ฤดูกาลที่แตกต่างกัน (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของ PM_{10} และความเข้มข้นของโลหะ PM_{10} ภายในอาคาร มีค่าที่แตกต่างกัน

1.3.3 ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและ ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จากการรับสัมผัสโลหะใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจ ของเด็กและผู้ใหญ่มีค่าแตกต่างกัน และความเสี่ยงใน 2 พื้นที่ศึกษามีค่าความเสี่ยงที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 เก็บตัวอย่างในจังหวัดราชบุรี 2 พื้นที่ ได้แก่บริเวณโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน - บ้านถ้ำหิน (โรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน) ตำบลสวนผึ้ง อำเภอสวนผึ้ง และโรงเรียนวัดเจตยาราม ตำบลเจดีย์หัก อำเภอเมือง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างบริเวณภายในอาคารเรียน

1.4.2 เก็บตัวอย่าง PM_{10} ใน 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน ซึ่งมีความชื้นในอากาศสูง และฤดูแล้ง ซึ่งมีความชื้นในอากาศต่ำ

1.4.3 ติดตั้งปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal air sampler) สูง 150 เซนติเมตรจากพื้น ระบาย อัตราการไหล 1.7 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1.4.4 วิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะชนิดต่างๆ 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb V และ Zn ซึ่งประกอบอยู่ใน PM_{10} ด้วยวิธีการของ ASTM ปีค.ศ. 2006

1.4.5 ประเมินความเสี่ยงต่อด้านสุขภาพ ในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง จากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ในข้อ 1.4.4 ในเด็กและผู้ใหญ่ด้วยเส้นทางการหายใจ ตามวิธีการของ US-EPA ปีค.ศ. 1998

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบความเข้มข้นของ PM_{10} และความเข้มข้นของโลหะใน PM_{10} ในลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันและช่วงฤดูกาลที่แตกต่างกัน

1.5.2 สามารถทราบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของ ประชากรในจังหวัดราชบุรี จากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจ

1.5.3 สามารถหาแนวทางแก้ไข ลดการรับสัมผัส และอัตราการเกิด โรคมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองของประชาชนในจังหวัดราชบุรีได้

บทที่ 2 การตรวจสอบเอกสาร

2.1 มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ (Air pollution) หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและระยะเวลาานพอที่จะทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช และเกิดความเสียหายต่อวัสดุและสิ่งแวดล้อม (วนิดา , 2551) ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของก๊าซ ของเหลว หรืออนุภาคก็ได้ โดยมลสารที่สำคัญมลพิษอากาศจำแนกตามลักษณะทางกายภาพได้ 2 แบบ คือ แก๊ส และฝุ่นละออง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2 ฝุ่นละอองในอากาศ

ฝุ่นละอองในอากาศ หมายถึง อนุภาคของแข็งขนาดเล็ก หรือของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟ ฝุ่นละอองที่มากับลม เป็นต้น และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การจราจร การก่อสร้าง อุตสาหกรรม เป็นต้น (ฐิตียา , 2551) โดยฝุ่นละอองในอากาศจะมีลักษณะไม่เป็นทรงกลม มีลักษณะแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของอนุภาค (วนิดา, 2551)

2.2.1 การแบ่งขนาดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ

การแบ่งขนาดอนุภาคของฝุ่นละอองในอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ฝุ่นละอองทั้งหมด (Total Suspended Particulate, TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM₁₀) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter, PM_{2.5}) (วนิดา, 2551) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 ฝุ่นละอองแขวนลอย (Total Suspended Particulate, TSP) มีลักษณะอนุภาคเป็นของแข็งและกึ่งของแข็ง พบในอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.005 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิกา พบในบริเวณเขตเมืองโดยทั่วไปเป็นก ารแพร่กระจายแบบปฐุมภูมิจากการบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

2.2.1.2 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM₁₀) ลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งขนาดเล็ก สามารถลอยตัวให้อากาศได้นานกว่าฝุ่นละอองทั้งหมด และสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ในระดับที่ลึกกว่าฝุ่นละอองทั้งหมดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ได้ในระดับที่สูงกว่าฝุ่นละอองทั้งหมด เช่น ฟุม (Fume) เขม่า (Soot)

เป็นต้น ประกอบด้วยมลสารหลายตัวรวมกัน เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง เช่น ไอทะเล ฝุ่นดิน การเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น

2.2.1.3 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter, PM_{2.5}) หรือ Fine particle เป็นอนุภาคของแข็งหรือกึ่งของแข็งที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหย (Semi-volatile) สามารถลอยตัวในอากาศได้นานและพัดพาไปตามลมได้ไกลกว่าฝุ่นละอองประเภทอื่นๆ โดย PM_{2.5} ประกอบด้วยอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิ และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิ เกิดจากการปฏิกิริยากันของโมเลกุลแก๊ส และการรวมตัวของอนุภาค

สำหรับมลสารแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันนั้นจะทำให้ขนาดของฝุ่นละอองที่ลอยในอากาศมีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสารในอากาศ

ชนิดมลสาร	ขนาดใหญ่ที่สุด (ไมครอน)	ขนาดเล็กที่สุด (ไมครอน)
ละอองน้ำ	500	40
ผงถ่านหิน	250	25
ฝุ่น	200	20
ฝุ่นจากโรงถลุงเหล็ก	200	1
ผงซีเมนต์	150	10
ซีเมนต์	110	3
เกสรดอกไม้	60	20
หมอก	40	1.5
สปอร์ดอกไม้	30	10
แบคทีเรีย	15	1
ยากำจัดแมลงชนิดผง	10	0.4
สีฝุ่น	4	0.1
สมีอก	2	0.001
ควันบุหรี่	1	0.01
ควันน้ำมัน	1	0.03
ควันซิงค์ออกไซด์	0.3	0.01
ควันถ่านหิน	0.2	0.01
ไวรัส	0.05	0.003

ที่มา : สมพงษ์ (2547)

2.2.2 ลักษณะการเกิดของฝุ่นละออง

ลักษณะการเกิดฝุ่นละอองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฝุ่นละอองปฐมภูมิ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ และฝุ่นละอองทุติยภูมิที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และแก๊สอื่นๆ มาอยู่ในรูปอนุภาค ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

2.2.2.1 ฝุ่นละอองปฐมภูมิ

ฝุ่นละอองปฐมภูมิมิทั้งฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ โดยมีองค์ประกอบที่เป็นอนุภาคเคมี และอนุภาคสารอินทรีย์ โดย TSP ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยซิลิกาเป็นจำนวนมาก เกสรดอกไม้ สปอร์ต่างๆ ส่วน PM_{10} ประกอบด้วยคาร์บอนอินทรีย์ และคาร์บอนอินทรีย์สูง ผลึกออกไซด์ของโลหะต่างๆ เช่น เหล็ก ซิลิกา ทองแดง เป็นต้น และ $PM_{2.5}$ จะเป็นอนุภาคของแร่ธาตุต่างๆ ที่มีขนาดละเอียดกว่าฝุ่นละอองประเภทอื่นๆ เช่น ควันทันหิน ผลึกออกไซด์ เป็นต้น

2.2.2.2 ฝุ่นละอองทุติยภูมิ

ฝุ่นละอองทุติยภูมิเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบต่างๆ จากฝุ่นละอองปฐมภูมิซึ่งส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน สามารถเคลื่อนตัวไปได้ไกล และทำอันตรายต่อสุขภาพได้สูง (ดิเรกฤทธิ์ และ รัฐพล, 2542)

2.2.3 องค์ประกอบของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองแต่ละชนิดจะประกอบด้วยแร่ธาตุที่ต่างกันตามแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ตัวอย่างเช่น ฝุ่นดินจะประกอบด้วยธาตุซิลิกา อะลูมิเนียม เป็นธาตุหลัก ซึ่งแตกต่างจากบริเวณที่มีการก่อสร้างที่จะประกอบด้วยธาตุแคลเซียมเป็นหลัก ฝุ่นที่มาจากการเผาไหม้ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นหลัก เป็นต้น ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.2 (สุธาสินี, 2553)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

แหล่งที่มาของฝุ่นละออง	แร่ธาตุที่พบ
ฝุ่นดิน	Al Si Se Ti Fe Ca
ฝุ่นถนน	Ca Al Se Si Ti Fe
การเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมัน	V Ni Mn Fe Cr As S
การเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน	Al Se Co As Ti S
อุตสาหกรรมเหล็ก/ถลุงเหล็ก	Mn Cr Zn Fe Rb
อุตสาหกรรมไม่ใช่เหล็ก	Zn Cu As Sb Pb Al
อุตสาหกรรมแก้ว	Sb As Pb
อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์	Ca
การฝังกลบ	K Zn Pb Sb

ที่มา : สมพงษ์ (2547)

2.2.4 การแพร่กระจายของฝุ่นละออง

การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศจะมีความสอดคล้องกับการเคลื่อนของกระแสอากาศ โดยฤดูกาลมีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่น ซึ่งเห็นได้ชัดในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิจะมีการเคลื่อนตัวได้ไกลกว่าในฤดูฝน เนื่องจากมีลมพัดพาฝุ่นละอองให้สามารถไปได้ไกล อีกทั้งยังมีความชื้นที่ต่ำทำให้ฝุ่นละอองไม่สามารถตกสะสมได้ (ภักพวงศ์, 2555)

2.2.5 ความเป็นอันตรายของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง ทำลายพืช ทำให้สุขภาพอนามัยของสัตว์หรือมนุษย์เสียหาย วัตถุสิ่งก่อสร้างต่างๆ เสียหาย โดยผลกระทบต่างๆ นั้นมีทั้งระดับจุลภาคและมหภาค ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (วนิดา, 2551)

2.2.5.1 ผลกระทบต่อวัสดุ

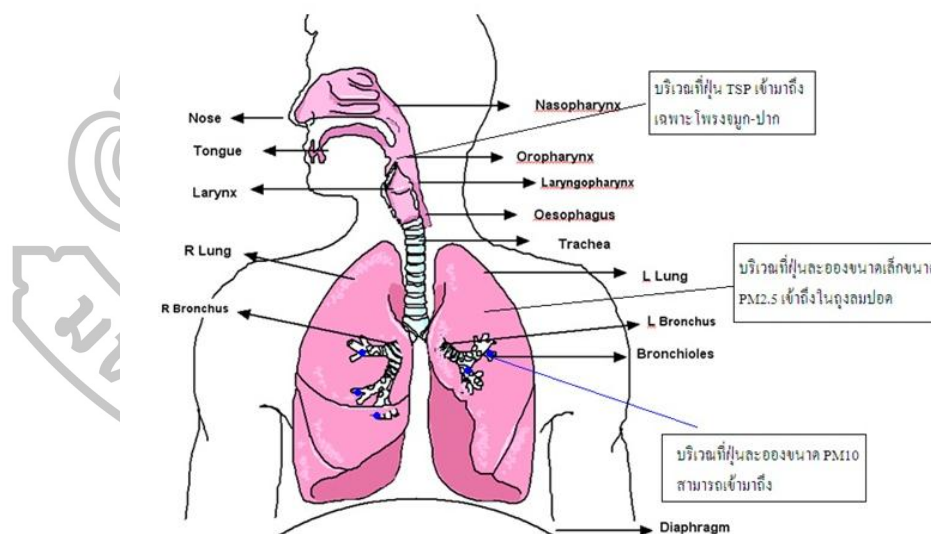
สารมลพิษต่างๆ ในอากาศทำให้วัสดุเสียหายได้ เกิดความสกปรก สีกกร่อน หรือเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ตึกหรืออาคารผุพังได้ เช่น ฝุ่นละออง หรืออนุภาคที่เป็นกรด นอกจากนี้อนุภาคของฝุ่นแขวนลอยยังมีการดูดซับโลหะ สารอินทรีย์ ทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอันตราย ทำให้เมื่อฝุ่นละอองมีการเกาะติดกับวัสดุหรือสิ่งก่อสร้างจึงสามารถทำอันตรายผิวหน้าของวัสดุได้

2.2.5.2 ผลกระทบต่อพืชและระบบนิเวศ

มลพิษทางอากาศทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก ทำลายคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์แสง เปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ฝุ่นละอองทำให้พืชใบเฉา ฝุ่นบริเวณพื้นผิวใบ ทำให้ขัดขวางการหายใจของพืช ทำให้พืชไม่เจริญและอาจตายได้

2.2.5.3 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ฝุ่นละอองจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพก็ต่อเมื่อมนุษย์หรือสัตว์หายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองเข้าไป โดยเริ่มตั้งแต่ทำให้เกิดความรำคาญจนทำให้ร่างกายเจริญเติบโต ไม่เต็มที่และเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ หอบหืด โรคมะเร็งที่ปอด เป็นต้น หรือแม้กระทั่งเสียชีวิตในที่สุด โดยฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน จะถูกกรองออกโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบน ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะรอดจากการกรองเข้าไปถึงปอดได้ โดยสามารถเข้าถึงถุงลมปอดได้ ซึ่งฝุ่นละอองเหล่านี้จะทำให้เกิดการระคายเคือง และถ้าองค์ประกอบในฝุ่นเป็น โลหะหนัก ซิลิกา แอสเบสตอส หรือสารก่อมะเร็ง จะทำให้เกิดโรคปอดชนิดต่างๆ รวมทั้งมะเร็งได้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ฝุ่นขนาดต่างๆ เข้าสู่ทางเดินหายใจในระดับความลึกแตกต่างกัน
ที่มา : สุชาติ (2555)

2.3 ชนิดและความเป็นอันตรายของโลหะ

โลหะ หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยธาตุโลหะที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่มากมายมีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีมาก ผิวของโลหะที่ขัดเรียบจะเป็นมันวาว (ฐิตียา, 2551)

โลหะเป็นสารที่พบในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะเป็นสินแร่ในดินและมักปะปนกันหลายชนิด โดยการกระจายของโลหะที่เกิดในธรรมชาติจะเกิดจากการชะล้างจากน้ำฝนหรือการพัดพาโดยลมไปสู่พื้นดิน แม่น้ำ มหาสมุทร และเกิดการสะสม โดยมนุษย์มีการนำโลหะชนิดต่างมากใช้ในการดำเนินกิจกรรม เช่นมีการนำสารหนูมาใช้กำจัดศัตรูพืช ตะกั่วมาใช้ในการทำแบตเตอรี่ เป็นต้น ทำให้ต้องมีการขุดเจาะนำแร่ธาตุต่างๆ ขึ้นมาเกิดการทำเหมืองและโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้การกระจายของโลหะเกิดได้มากขึ้น (นัทธีรา, 2555) ซึ่งรายละเอียดต่างๆของโลหะมีดังนี้

2.3.1 การจัดจำแนกของโลหะ

การจัดจำแนกของโลหะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้ (นัทธีรา, 2555)

2.3.1.1 การจัดเรียงตามตารางธาตุ

การจัดเรียงตามตารางพีริออดิก จะมีการจัดตามลำดับเลขอะตอม (Atomic number) และจัดเรียงลำดับจากน้อยไปมากในทิศทางซ้ายไปขวา และมีความสัมพันธ์กันกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนตามลำดับชั้น ดังรูปที่ 2.2

Mendeleev's Periodic Table of Elements

The image shows Mendeleev's Periodic Table of Elements with several annotations:

- Table of Common Polyatomic Ions:**
 - acetate: $C_2H_3O_2^-$
 - chlorate: ClO_3^-
 - hydroxide: OH^-
 - nitrate: NO_3^-
 - permanganate: MnO_4^-
 - carbonate: CO_3^{2-}
 - chromate: CrO_4^{2-}
 - dichromate: $Cr_2O_7^{2-}$
 - silicate: SiO_4^{4-}
 - sulfate: SO_4^{2-}
 - thiosulfate: $S_2O_3^{2-}$
 - arsenate: AsO_4^{3-}
 - phosphate: PO_4^{3-}
 - ammonium: NH_4^+
 - hydronium: H_3O^+
- Element categories:**
 - Alkali metals
 - Alkaline-earth metals
 - Transition metals
 - Other metals
 - Hydrogen
 - Semiconductors
 - Halogens
 - Noble gases
 - Other nonmetals
- State of matter at 25 °C:**
 - Gas: IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA
 - Liquid: IIB
 - Solid: IIA, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA, IIA, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA, IIA, IIB, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, VIIIA
 - Artificially prepared: IIB
 - Unknown: IIB

The table also includes a legend for oxidation states, atomic number, symbol, and electron configuration. The periodic table is color-coded by groups and periods.

รูปที่ 2.2 ตารางธาตุแบบพีริออดิก

ที่มา : โรงเรียนนวมินทราชูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล (2554)

2.2.3.2 การจัดจำแนกโลหะโดยใช้การจัดเรียงอิเล็กตรอนที่ระดับชั้นพลังงาน d

การจัดหมวดหมู่โลหะที่ใช้การจัดเรียงอิเล็กตรอนที่ระดับชั้นพลังงาน d แบ่งกลุ่มโลหะเป็นชั้นๆ โดยมีการจัดเรียงระดับชั้นพลังงาน d ที่แตกต่างกัน เช่น โซเดียม ($_{11}\text{Na}$) มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน คือ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ทองแดง ($_{29}\text{Cu}$) มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน คือ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$ จากที่โลหะมีการจัดเรียงชั้นระดับพลังงาน d แตกต่างกัน ทำให้ช่วยกำหนดคุณสมบัติและความเสถียรภาพของสารประกอบได้ สำหรับการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่ระดับชั้นพลังงาน d สามารถแบ่งโลหะออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ โลหะกลุ่ม A โลหะกลุ่ม B และโลหะแทรนซิชัน

2.3.2 ชนิดและความเป็นอันตรายของโลหะ

ชนิดของโลหะที่พบในฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับ ประเภทของแหล่งกำเนิด เช่น จากอุตสาหกรรม หรือจากการจราจร ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.2 ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์โลหะทั้งหมด 15 ชนิด ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะพบจากแหล่งกำเนิดในบริเวณจังหวัดราชบุรี ซึ่งรายละเอียดของโลหะแต่ละชนิดมีดังนี้

2.3.2.1 อะลูมิเนียม (Al)

อะลูมิเนียม (Al) มีสีเงินขาว ไม่มีกลิ่น เป็นธาตุที่พบได้มากในเปลือกโลก นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นสารแต่งในอาหาร ผสมในยา แผ่นอะลูมิเนียม ทำให้มีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนต้น ทำให้เกิดพังผืดที่ปอดได้ ทำให้เกิดโรค หอบหืด ปอดเรื้อรัง พังผืดที่ปอด หรือก่อให้เกิดมะเร็งได้กับผู้ที่สัมผัสเป็นเวลานาน (อนามัย, 2554)

2.2.3.2 สารหนู (As)

สารหนู หรือ อาร์ซีนิก (As) เป็นธาตุที่พบในธรรมชาติเกิดเป็นออกไซด์ สารหนูบริสุทธิ์จะมีสีเทา มีแหล่งกำเนิดจาก ภูเขาไฟระเบิด หิน ดินที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำดื่ม การทำเหมืองดีบุก โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสารเคมีถนอมเนื้อไม้ (อนามัย, 2554) สารประกอบสารหนูที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์จะมีความเป็นพิษมากกว่าสารหนูในรูปประกอบอนินทรีย์ เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายทำให้ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ เยื่อปูกั่นจุ่มกทะเล และเกิดมะเร็งปอด มะเร็งผิวหนังได้ (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.3 แคดเมียม (Cd)

แคดเมียม (Cd) เป็นโลหะมีสีขาวปนเงิน เป็นโลหะที่สามารถกัดกร่อนได้ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบในแหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว ในอุตสาหกรรม (สมิง, 2541) เมื่อแคดเมียมอยู่ในรูปของฝุ่นปริมาณแคดเมียมที่จะเข้าสู่ร่างกาย จะขึ้นอยู่กับขนาดและคุณสมบัติในการละลายน้ำของแคดเมียม และมีฤทธิ์ทำลายไต (มลิวรรณ ,

2544) โดยการสะสมในปริมาณสูงทำให้เกิดมะเร็ง ไตทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรค ความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลัง แขนขา (สมิง, 2541)

2.2.3.4 โคบอลต์ (Co)

โคบอลต์ (Co) เป็นแร่ธาตุที่มีสีน้ำเงิน ผสมกับเหล็กทำให้มีความแข็งแรงยิ่งขึ้น และเมื่อนำไปทำเป็นแม่เหล็กก็จะได้แม่เหล็กที่มีกำลังมากเป็นพิเศษ สามารถพบได้ในอุตสาหกรรมเครื่องแก้วและเครื่องดินเผา เมื่อได้รับสัมผัสมากเกินไปทำให้เม็ดเลือดขาวต่ำ อ่อนเพลียแขนขา อ่อนแรง (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.5 โครเมียม (Cr)

โครเมียม (Cr) เป็นโลหะที่มีสีเทา พบได้ทั่วไปในน้ำ ดินหรือหิน ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากในทางอุตสาหกรรม เช่น การชุบโลหะ การผลิตสีย้อม เป็นต้น โดยโครเมียมที่มีความสำคัญมากได้แก่ โครเมียมไตรวาเลนซ์ (Cr(III)) และโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ (Cr(VI)) ซึ่งทั้ง 2 ชนิดมีความเป็นอันตรายที่แตกต่างกัน โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ถ้ามีการสะสมมากเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายต่อไต เวียนศีรษะ หน้ามืด ซีด ถ้ามีการสะสมเรื้อรังจะก่อให้เกิดอาการหอบหืด มะเร็งทางเดินหายใจ ส่วนโครเมียมไตรวาเลนซ์ จะก่อให้เกิดความเป็นพิษน้อยกว่า ก่อให้เกิดการระคายเคือง (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.6 ทองแดง (Cu)

ทองแดง (Cu) ส่วนมากพบทั้งในรูปไอ และเกลือของทองแดง พบได้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่น ใช้ทำสายไฟ เคเบิล เครื่องกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น เมื่อสะสมในร่างกายทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบที่ตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร และประสาทสัมผัสเสีย ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงมากๆ จะทำให้เกิดการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ (Metal fume fever) อาจทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยนสีได้ถ้าได้รับในปริมาณมากทำให้น้ำเนื้อเยื่อจุกอกอักเสบและเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.7 เหล็ก (Fe)

เหล็ก (Fe) เป็นโลหะมีมากที่สุดในธรรมชาติและเป็นโลหะที่มีมากในพื้นโลกเป็นอันดับ 2 รองจากอะลูมิเนียม เหล็กบริสุทธิ์มีสีเทาเป็นมันวาว สามารถถูกดูดโดยแม่เหล็ก แต่ความเป็นแม่เหล็กจะหายไปอย่างรวดเร็ว เหล็กเป็นโลหะที่สึกกร่อนหรือเป็นสนิมได้ง่าย ในธรรมชาติพบเหล็กอยู่ในรูปแร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และไพไรต์ (FeS_2) (ฐิตียา, 2551) พบได้ในธรรมชาติพื้นดิน อุตสาหกรรมที่ใช้ดินเป็นหลัก เช่น การทำเครื่องปั้นดินเผา การทำปูนขาว เป็นต้น และอุตสาหกรรมเหล็กต่างๆ ซึ่งเหล็กในปริมาณที่พอเหมาะจะเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ แต่เมื่อมีปริมาณที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดโรค Metal fume fever อาการหนาวสั่น กระจาย มีไข้ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปวดหน้าอก ไอ, คลื่นไส้ และเหมือนได้รสชาติของโลหะที่ปาก (ศุภชัยพิชิตวิทยาโรงพยาบาลรามารัตนาธิปไตย, 2014)

2.2.3.8 ปรอท (Hg)

ปรอท (Hg) เป็นโลหะหนักที่ของเหลวระเหยเป็นไอได้ง่ายในภาวะปกติ ลักษณะภายนอกมีสีเงินสามารถไหลได้จึงเรียกว่า “เงินที่ไหลได้ (Fluid silver)” ปรอทพบมากในแหล่งที่มีการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิง โลหะ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ ทำเหมืองแร่ที่มีการสกัดทอง กระบวนการผลิตกระดาษ ไอปรอทที่เข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตทันที และกระจายไปยังสมองและส่วนอื่นๆ ของร่างกายได้รวดเร็ว การได้รับสารปรอทสะสมเป็นเวลานาน จะทำให้มีอาการมือและใบหน้าเกิดการบวมและเจ็บ บางคนอาจเกิดอาการเหน็บชาบางส่วน จนเป็นอัมพาต โรคที่เกิดจากปรอทเรียกว่าโรคมินามาตะ (ฐิตียา, 2551) นอกจากนี้ปรอทมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกหนึ่งประการคือสามารถเคลื่อนที่ผ่านรกไปยังทารกในครรภ์มารดาได้ (มลิวรรณ, 2544)

2.2.3.9 แมกนีเซียม (Mg)

แมกนีเซียม (Mg) เป็นโลหะที่ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เป็นองค์ประกอบของผลและหัวไม้ขีด ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ภาชนะบรรจุของ เฟอร์นิเจอร์ นอกจากนี้ไม่เป็นพิษต่อร่างกายยังเป็นธาตุที่ร่างกาย ใช้ในการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.10 แมงกานีส (Mn)

แมงกานีส (Mn) เป็นโลหะในรูปที่บริสุทธิ์ สีเทาขาว พบได้ตามธรรมชาติ มีลักษณะเปราะ เป็นธาตุที่สำคัญในการสังเคราะห์สารมูโคโพลีแซ็กคาไรด์ (Mucopolysacchaides) มีต่อระบบประสาท อ่อนแรง เหนื่อย ปวดศีรษะ ชาอ่อนแรง ตะคริว อัมพาต (อนามัย, 2554)

2.2.3.11 นิกเกิล (Ni)

นิกเกิล (Ni) เป็นโลหะที่มีความมันวาวสีขาวยเงิน มีความแข็งและตีเป็นแผ่นได้ ในธรรมชาติจะทำปฏิกิริยาเคมีกับกำมะถันเกิดเป็นแร่มิลเลอร์ไรต์ (Millerite) ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารหนู (Arsenic) จะเกิดเป็นแร่นิกกอลไลท์ (Niccolite) แต่ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับทั้งสารหนูและกำมะถันจะเป็นก้อนนิกเกิลกลานซ์ (Nickel Glance) พบในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าผสม ใช้ในงานที่ต้องทนการกัดกร่อนสูงๆ และใช้เคลือบผิวเหล็ก สามารถใช้เคลือบโลหะ (Electroplating) เพื่อป้องกันสนิม การสัมผัสนิกเกิลคาร์บอนิลทางการหายใจจะทำให้เกิดอาการไข้ ไอ เจ็บหน้าอก หายใจลำบาก ปวดศีรษะ หลังจากนั้น 12-36 ชั่วโมง อาจเกิดภาวะปอดอักเสบเฉียบพลัน ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตจากภาวะหายใจล้มเหลว (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.12 ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะหนักมีสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายมีความเป็นพิษสูง พบได้ในรูปของสารอนินทรีย์

เช่น โลหะตะกั่ว สารประกอบออกไซด์ของตะกั่ว เกลือของตะกั่ว และในรูปของสารอินทรีย์ เช่น เตตระเอทิลเลด เตตระเมทิลเลด เป็นต้น (แสวง, 2530) โดยตะกั่วเป็นโลหะที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (อนามัย, 2554)

แหล่งกำเนิดของตะกั่วเกิดจากการปนเปื้อนจากโรงงานเครื่องแก้ว โรงงานเครื่องปั้นดินเผา โรงงานยาง รวมทั้งการปนเปื้อนจากอาหาร โดยตะกั่วจะมีการกระจายอยู่ทั่วไปปนเปื้อนในดิน ในอากาศ หรือแม้กระทั่งในแหล่งน้ำ (แสวง, 2530)

ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 เส้นทาง คือ ทางการหายใจ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความสามารถในการละลายน้ำของอนุภาคตะกั่ว ทางการกิน ได้รับจากการปนเปื้อนในอาหาร และทางผิวหนังโดยความเสี่ยงในการดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ทางผิวหนังจะต่ำมากยกเว้นเวลาที่มีแผลเท่านั้น ผลกระทบจากการรับสัมผัสตะกั่วจะขึ้นอยู่กับระดับการสัมผัสซึ่งอาจจะมีอาการผิดปกติทางชีวภาพ หรือสะสมจนทำให้เสียชีวิต (อนามัย, 2554)

2.2.3.13 พลวง (Sb)

พลวง (Sb) เป็นธาตุกึ่งโลหะ (metalloid) ธาตุที่มีความเสถียรจะมีสีฟ้า ส่วนที่เป็นโลหะไม่เสถียรจะมีสีเหลืองและดำ พลวงสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการทำสี เซรามิก การทำสารเคลือบผิว โลหะผสม อีเล็กโทรดและยาง พลวงในรูปของของแข็งไม่เป็นพิษ แต่ไอเป็นพิษถ้าหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดอาการไอ ระคายเคืองต่อระบบหายใจส่วนบนได้ (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.14 วาเนเดียม (V)

วาเนเดียม (V) เป็นธาตุที่หายาก อ่อนนิ่ม แต่สามารถตีเป็นแผ่นได้ในธรรมชาติจะพบในรูปของสารประกอบของแร่ วาเนเดียมมีประโยชน์ในการทำโลหะผสม อุตสาหกรรมเหล็ก ซึ่งเพิ่มสมบัติในการดึงเป็นเส้นของเหล็กได้ดีขึ้น (ฐิตียา, 2551)

2.2.3.15 สังกะสี (Zn)

สังกะสี (Zn) พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ZnO ZnS และ ZnSO₄ จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เมื่อมีการสะสมในร่างกายทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอของสังกะสีเข้าร่างกายมากๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน (ฐิตียา, 2551)

2.4 โลหะหรือแร่ธาตุต่างๆ ในดิน

องค์ประกอบในดินประกอบ 4 ส่วนได้แก่ อนินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุ น้ำและอากาศ ซึ่งอนินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่จะเป็นโลหะหรือแร่ธาตุชนิดต่างๆ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุต่างๆ ที่พบในดิน

แร่ธาตุ	ดิน (ร้อยละ)
ออกซิเจน (O)	49.0
ซิลิกอน (Si)	33.0
อลูมิเนียม (Al)	7.13
เหล็ก (Fe)	3.80
แคลเซียม (Ca)	1.37
โซเดียม (Na)	0.63
โพแทสเซียม (K)	1.36
แมกนีเซียม (Mg)	0.60
ติเตเนียม (Ti)	0.46
แมงกานีส (Mn)	0.085
ทองแดง (Cu)	0.002
สังกะสี (Zn)	0.005
โคบอลท์ (Co)	0.0008

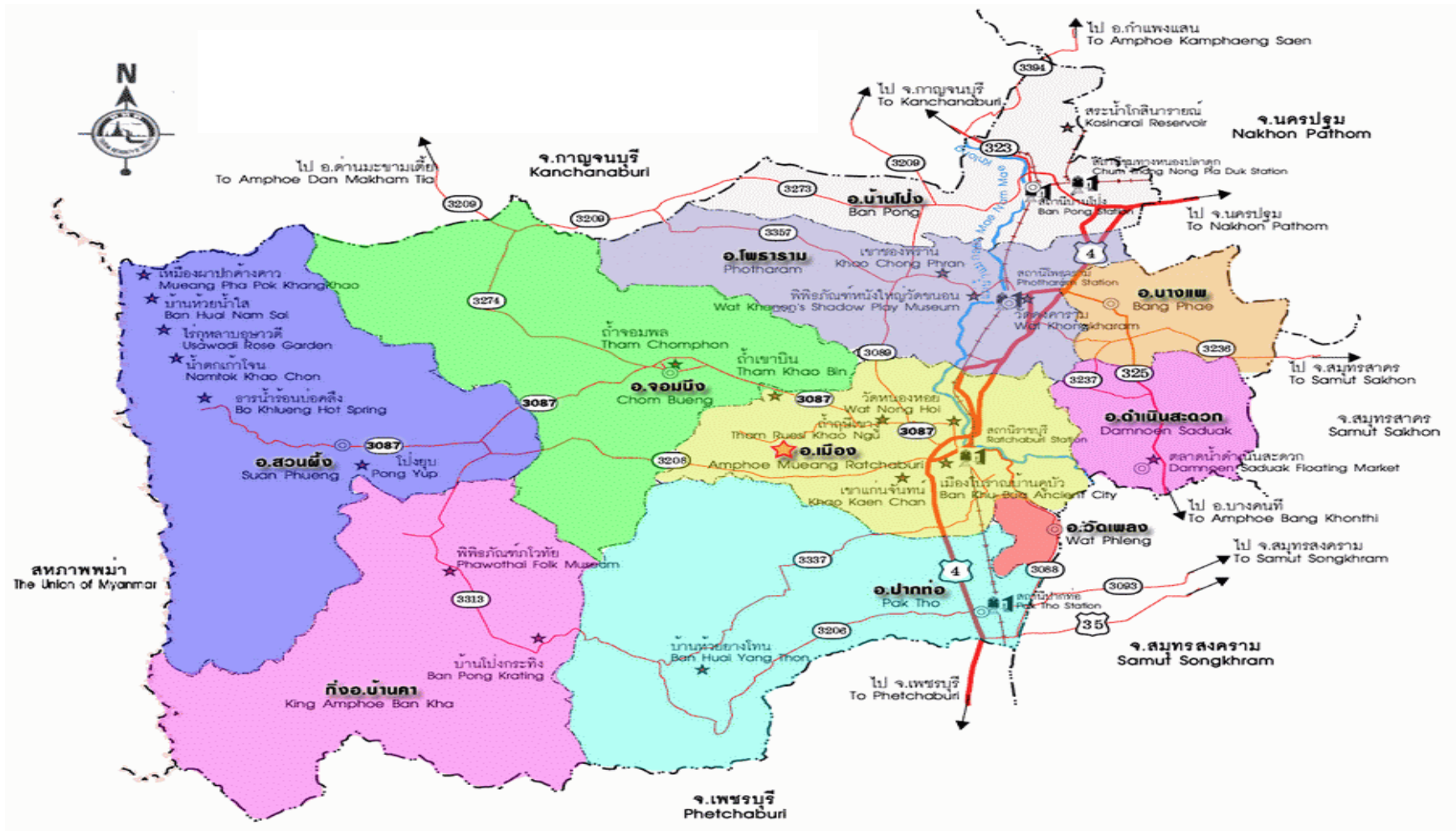
ที่มา : นัทธีรา (2551)

2.5 จังหวัดราชบุรีและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

จังหวัดราชบุรีเป็นเมืองเก่าแก่เมืองหนึ่งของประเทศ จากการขุดค้นของนักประวัติศาสตร์ และนักโบราณคดีพบว่าดินแดนแถบลุ่มแม่น้ำแม่กลองเป็นแหล่งที่ตั้งของคนในหลายยุคหลายสมัย และจากหลักฐานทางโบราณคดี หลักฐานทางโบราณวัตถุ และหลักฐานทางโบราณสถานทำให้เชื่อว่าคนในจังหวัดราชบุรีมีการตั้งถิ่นฐานมาตั้งแต่ยุคหินกลาง (กรมทรัพยากรธรณีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดราชบุรีตั้งอยู่ในภาคตะวันตกของประเทศไทย มีพื้นที่ชายแดนติดกับประเทศสหภาพพม่า มีแม่น้ำแม่กลองเป็นแม่น้ำสายหลักมีพื้นที่ทั้งหมด 5,194.464 ตารางกิโลเมตร โดยทิศเหนือติดกับจังหวัดราชบุรี ทิศใต้ติดกับจังหวัดเพชรบุรี ทิศตะวันออกติดกับจังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม ทิศตะวันตก ติดกับสหภาพพม่า ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนที่จังหวัดราชบุรี
ที่มา : การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (2557)

2.5.2 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดราชบุรีมีสภาพภูมิประเทศแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8, 2550) คือ

2.5.2. 1 พื้นที่ภูเขาสูง ได้แก่ บริเวณที่ติดกับประเทศสหภาพพม่า และทางด้านใต้ที่ติดกับจังหวัดเพชรบุรี โดยมีสภาพเป็นเทือกเขาสูง

2.5.2.2 พื้นที่ราบสูง ได้แก่ บริเวณด้านตะวันออกของเทือกเขาสูงจนตอนกลางของจังหวัด มีแม่น้ำภาชีลำห้วยสาขาเป็นแม่น้ำสายหลัก

2.5.2.3 พื้นที่ราบลุ่ม ได้แก่ บริเวณสองฝั่งแม่น้ำแม่กลอง โดยดินที่พบเป็นดินร่วนและร่วนปนดินเหนียว

2.5.2.4 พื้นที่ลุ่มต่ำ ได้แก่ บริเวณตอนปลายของแม่น้ำแม่กลองที่เชื่อมติดกับบริเวณจังหวัดสมุทรสงคราม ดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การทำสวนผลไม้

จากลักษณะทางภูมิประเทศของจังหวัดราชบุรีที่มีภูเขาล้อมรอบ ทำให้พบว่าจังหวัดมีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นดินปน ซึ่งทำให้เกิดการทำ อุตสาหกรรมการแปรรูปหินปูนเป็นส่วนใหญ่ (กรมทรัพยากรธรณีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551)

2.5.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในเขตที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีฝนตกน้อยที่สุดในประเทศ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000-1,250 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส สูงสุดเดือนเมษายน-พฤษภาคมประมาณ 36 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในเดือนธันวาคม-มกราคม ประมาณ 18 องศาเซลเซียส (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8, 2550)

2.5.4 ทรัพยากรแร่ของจังหวัดราชบุรี

ทรัพยากรแร่ของจังหวัดราชบุรี สามารถจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรแร่ พ.ศ. 2550-2554 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

1 กลุ่มแร่เพื่อการพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐานและโครงการขนาดใหญ่ของรัฐ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแร่เพื่ออุตสาหกรรมซีเมนต์ และกลุ่มแร่เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง

2 กลุ่มแร่เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ทรัพยากรแร่กลุ่มนี้สามารถแบ่งเป็น 2กลุ่มคือ กลุ่มแร่โลหะ ได้แก่ ดีบุก และกลุ่มแร่อุตสาหกรรม ได้แก่ ดินขาว ดินเหนียว

3 กลุ่มแร่เพื่อการเกษตร ทรัพยากรแร่กลุ่มนี้ได้แก่ โดโลไมต์ และฟอสเฟต ทรัพยากรธรณีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551) อ้างจาก (ไพรัช และสุรพล (2534) กล่าวว่าแหล่งแร่ดีบุกในจังหวัดราชบุรี จะพบในกิ่งอำเภอสวนผึ้ง ตำบลตะนาว-ศรี ตำบลสวนผึ้ง ตำบลบ้านบึง อำเภอบ้านคา โดยมีเหมืองดังนี้ เหมืองฉัตรชัย ตำบลบ้านบึง อำเภอบ้านคา เหมืองตะโกปิดทอง เหมืองห้วยสุด เหมืองบ้านกลุ่มสวนผึ้ง ตำบลสวนผึ้ง อำเภอสวนผึ้ง

2.5.5 ประเภทของอุตสาหกรรมในจังหวัดราชบุรี

อุตสาหกรรมหลักของจังหวัด ราชบุรี คืออุตสาหกรรมด้านการเกษตร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศตามฤดูกาล โดยส่วนใหญ่จะเป็นโรงสีข้าว สำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ ประกอบด้วย โรงผลิตภัณฑ์เซรามิก โรงงานน้ำตาลและผงชูรส โรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โรงงานผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมอื่น ๆ ซึ่งอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูนและอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้ให้แก่คนในพื้นที่ได้ปีละหลายล้านบาท และเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ประจำจังหวัดที่สามารถสร้างชื่อเสียงดังระดับประเทศ (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรี, 2559) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.5.5.1 อุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร มีประมาณ 539 โรงงาน ประกอบ อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องเรือน และอุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์จากกระดาษ

2.5.5.2 อุตสาหกรรมขนส่ง ต่อตัวถังรถยนต์ ผลิตและซ่อมรถยนต์ มีประมาณ 197 โรงงาน

2.5.5.3 อุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน ประมาณ 317 โรงงาน ประกอบด้วยโรงงานโอง โรงงานทำปูนขาว โรงงานงานทำเซรามิก

2.5.5.4 อุตสาหกรรมอื่น ๆ ประมาณ 15 โรงงาน ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิต ส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

จากการรวบรวมข้อมูลของสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรีพบว่าบริเวณอำเภอบ้านโป่งเป็นบริเวณที่มีแหล่งอุตสาหกรรมมากที่สุด รองลงมาคือ อ.เมือง อ.โพธาราม อ.ปากท่อ อ.บางแพ อ.ดำเนินสะดวก อ.จอมบึง อ.สวนผึ้ง อ.วัดเพลง และ อ.บ้านคา ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในแต่ละอำเภอของจังหวัดราชบุรี
ประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

อำเภอ	จำนวนโรงงาน (โรงงาน)
บ้านโป่ง	577
เมือง	419
โพธาราม	312
ปากท่อ	164
บางแพ	75
ดำเนินสะดวก	71
จอมบึง	65
สวนผึ้ง	19
วัดเพลง	11
บ้านคา	7

ที่มา: สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดราชบุรี (2559)

2.5.6 แหล่งที่มาของ PM_{10} ในจังหวัดราชบุรี

แหล่งที่มาของ PM_{10} ในจังหวัดราชบุรีเกิดได้จากหลากหลายกิจกรรม ทั้งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เช่น การพัดพามาของตะกอนดินในแหล่งน้ำ การเกิดแผ่นดินไหว เป็นต้น หรือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ การทำอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูนต่างๆ การเกิด การฟุ้งกระจายของฝุ่นจากการใช้ยานพาหนะ เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก ข้อมูลด้านโรงงาน อุตสาหกรรมและข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ในจังหวัดราชบุรี ทำให้คาดการณ์ได้ว่า บริเวณอำเภอสวนผึ้งฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากดินธรรมชาติ และฝุ่นถนน ส่วนฝุ่นละอองที่เกิดจากอุตสาหกรรมนั้นน่าจะมีปริมาณที่น้อย เมื่อเทียบกับบริเวณอำเภอเมือง ซึ่งฝุ่นละอองส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากการทำอุตสาหกรรม การจราจรเป็นหลัก และเมื่อพิจารณาควบคู่กับตารางที่ 2.2 ทำให้

คาดการณ์ได้ว่า บริเวณอำเภอสวนผึ้ง จะพบ Al Fe ในปริมาณมาก และบริเวณอำเภอเมือง จะพบ Al Fe V Ni Mn As

จากรายงานสถานการณ์คุณภาพและเสียง จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศถาวร อัตโนมติ กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้มีการตรวจวัด PM₁₀ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บริเวณภายนอก อาคาร ณ บริเวณตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี พบว่าความเข้มข้น PM₁₀ ในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2551-2558 มีค่าไม่เกินมาตรฐานไทยกำหนด ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2. 5 ความเข้มข้นต่ำสุด -สูงสุดของ PM₁₀ ภายนอกอาคารบริเวณตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรีระหว่าง พ.ศ. 2551-2558

เดือน ปี	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (µg/m ³)							
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558
มกราคม	50-159	36-103	23-76	63-104	23-69	22-51	58-130	43-116
กุมภาพันธ์	29-128	31-94	27-57	37-93	20-76	20-76	38-78	34-114
มีนาคม	31-121	23-65	30-106	28-87	15-79	17-53	19-51	37-74
เมษายน	24-47	16-49	32-64	25-61	18-73	13-41	21-58	29-76
พฤษภาคม	21-44	13-34	31-47	16-37	16-38	11-25	12-29	14-40
มิถุนายน	21-50	12-30	24-50	18-55	14-42	13-34	14-42	13-24
กรกฎาคม	20-50	13-28	22-46	11-38	15-37	6-12	12-28	14-48
สิงหาคม	20-40	12-32	24-40	13-29	14-32	7-13	18-25	7-26
กันยายน	19-69	10-28	14-42	9-30	9-27	7-12	9-28	10-51
ตุลาคม	16-98	14-45	17-66	21-54	11-36	8-31	13-95	14-77
พฤศจิกายน	22-71	33-77	53-105	38-72	14-36	7-26	16-66	40-73
ธันวาคม	45-90	30-93	27-93	47-95	22-49	26-68	45-114	27-102

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2559)

2.6 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) คือกระบวนการการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำหรือเหตุการณ์ใดๆ ซึ่งถือได้ว่ากระบวนการประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในทางการวิจัย เป็นการศึกษาในลักษณะที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขได้นั่นเอง (พงค์เทพ, 2547)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment) และการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment) โดยการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณมีมุ่งเน้นในด้านการศึกษาที่อาศัยหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน สามารถวัดเป็นตัวเลขหรือทดสอบในห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายโดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทำการทดลองซ้ำได้ แต่การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ จะมุ่งเน้นไปที่การอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมและมานุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก หรือการสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม อย่างไรก็ตามแม้ว่าการประเมินทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากแต่การประเมินจะได้ประสิทธิภาพสูงเมื่อมีการใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน จึงมีรายละเอียดดังนี้ (พงค์เทพ, 2547)

2.6.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

การประเมินสิ่งคุกคามเป็นการระบุถึงสิ่งคุกคามที่ทำให้เกิดอันตรายหลักต่อสุขภาพ ณ บริเวณนั้น การประเมินสิ่งคุกคามต้องทราบข้อมูลที่ชัดเจนของสิ่งคุกคาม โดยทราบทั้งปริมาณและการกระจายตัวของสิ่งคุกคามนั้นๆ การเลือกสิ่งคุกคามมีหลักการ 3 ประเด็นหลัก คือ

2.6.1.1 สิ่งคุกคามมีความเป็นพิษสูงสุด

2.6.1.2 สิ่งคุกคามมีความคงทน เข้มข้นและกระจายตัวสูง

2.6.1.3 สิ่งคุกคามมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูง

2.6.2 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินการรับสัมผัสเป็นการประมาณหรือการวัดปริมาณสิ่งคุกคามที่คนได้รับสัมผัส โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.6.2.1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส

การกำหนดลักษณะของการสัมผัส ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลของลักษณะสิ่งแวดล้อมทางการภาพ และลักษณะของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับบริเวณแหล่งกำเนิดของสิ่งคุกคาม

2.6.2.2 การค้นหาเส้นทางการรับสัมผัส

เส้นทางการสัมผัสเป็นการบ่งบอกถึงการรับสิ่งคุกคามของแต่ละคนว่ามี การรับสิ่งคุกคามอย่างไร โดยการวิเคราะห์เส้นทางการรับสัมผัสของสิ่งคุกคามต้องทราบข้อมูลของ แหล่งกำเนิดของสิ่งคุกคามในการปล่อยสารสิ่งคุกคามสู่สิ่งแวดล้อม ตำแหน่งที่ประชาชนอยู่อาศัย กิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อในการพิจารณาเส้นทางการรับสัมผัสสิ่งคุกคาม

2.6.2.3 การวัดการรับสัมผัส

การวัดการรับสัมผัส คือ การประเมินการรับสัมผัสสิ่งคุกคามเข้าสู่ ร่างกายโดยคำนวณปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดที่ได้จากการหายใจ ซึ่งเกิดขึ้นจาก การทำกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละวันของแต่ละคน โดยคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$I_{\text{inhalation}} = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ	$I_{\text{inhalation}}$	= ปริมาณสารที่ได้รับ (มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน)
	C	= ความเข้มข้นของสารในอากาศ (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	IR	= อัตราการหายใจระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
	ET	= ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส (ชั่วโมง/วัน)
	EF	= ความถี่ในการรับสัมผัส (วัน/ปี)
	ED	= ระยะเวลาสัมผัส (ปี)
	BW	= น้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม)
	AT	= ระยะเวลาเฉลี่ย (วัน)

US-EPA (1989) ได้แนะนำค่าคงที่ต่างๆ ในการประเมิน การรับสัมผัส และจรรยา (2552) อ้างถึง Stuart *et al.* (2001) ได้แนะนำค่าคงที่ต่างๆ สำหรับคนไทยในการประเมิน แสดงดังตารางที่ 2.6 และตารางที่ 2.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 ค่าคงที่สำหรับการประเมินความเสี่ยง

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่
น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยของผู้ใหญ่	BW	70 กิโลกรัม
น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยของเด็ก		10 กิโลกรัม
0 – 1.5 ปี		14 กิโลกรัม
1.5 – 5 ปี		26 กิโลกรัม
5 – 12 ปี	IR	20 ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณอากาศที่ผู้ใหญ่หายใจในแต่ละวัน		5 ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณอากาศที่เด็กหายใจในแต่ละวัน	ED	70 ปี
ช่วงเวลาสัมผัสตลอดชีวิต		24 ชั่วโมง/วัน
ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส	ET	ED x 365 วัน/ปี
ระยะเวลาเฉลี่ย	AT	7 วัน/สัปดาห์
ความถี่ในการรับสัมผัส	EF	

ที่มา: US-EPA (1989)

ตารางที่ 2.7 ค่าคงที่ต่างๆ สำหรับคนไทยในการประเมินความเสี่ยง

พารามิเตอร์	หน่วย	ตัวแปร	ผู้ใหญ่	เด็ก	แหล่งที่มา
น้ำหนักร่างกายเฉลี่ย	กิโลกรัม	BW	55*	16.67*	จรรยา (2552)
ปริมาณอากาศที่หายใจในแต่ละวัน	ลูกบาศก์เมตร/ ชั่วโมง	IR	0.83*	0.208*	จรรยา (2552)
ช่วงเวลาสัมผัสตลอดชีวิต	ปี	ED	30	6	US-EPA (1989)
ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส	ชั่วโมง/วัน	ET	24	24	US-EPA (1989)
ระยะเวลาเฉลี่ย	วัน/ปี	AT	ED x 365	ED x 365	US-EPA (1989)
ความถี่ในการรับสัมผัส	วัน/สัปดาห์	EF	7	7	US-EPA (1989)

ที่มา: US-EPA (1989)

* ข้อมูลจากจรรยา (2552) อ้างถึง Stuart (2001)

เมื่อพิจารณາัตรางที่ 2.6 และ 2.7 พบว่ามีค่าน้ำหนักตัวที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากค่าแนะนำของ US-EPA ค.ศ. 1989 ในตารางที่ 2.6 ใช้สำหรับชาวต่างชาติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้ค่าแนะนำจากตารางที่ 2.7 ในการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัส ซึ่งเป็นค่าแนะนำที่เหมาะสมสำหรับคนไทย

2.6.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การประเมินความเป็นอันตรายต่อสุขภาพมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเป็นอันตรายในการเกิดมะเร็ง (Cancer risk) ซึ่งแสดงโดยค่า Slope Factor (SF) และความเป็นอันตรายในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non cancer risk) แสดงโดยค่า Reference Concentration (R_fC) โดยได้รวบรวมค่าเหล่านี้ไว้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่า Slope Factor (SF) และค่า Reference Concentration (R_fC) ของโลหะชนิดต่างๆ โดยการสัมผัสด้วยเส้นทางการหายใจ

ชนิดโลหะ	ค่า Slope Factor (SF) (กิโลกรัมของน้ำหนัก ร่างกาย.วัน/มิลลิกรัม)	ค่า Reference Concentration (R_fC) (มิลลิกรัม/กิโลกรัมของ น้ำหนักร่างกาย.วัน)	แหล่งที่มา
โคบอลต์ (Co)	-	1.71×10^{-6}	US-EPA (2008)
ตะกั่ว (Pb)	4.20×10^{-2}	-	OEHHA (2009)
เหล็ก (Fe)	-	7.00×10^{-1}	Lu <i>et al.</i> (2014)
อะลูมิเนียม (Al)	-	1.43×10^{-3}	Karakus <i>et al.</i> (2012)
แมงกานีส (Mn)	-	5.00×10^{-5}	Lu <i>et al.</i> (2014)
พลวง (Sb)	-	4.00×10^{-4}	Lu <i>et al.</i> (2014)
แมกนีเซียม (Mg)	-	1.4×10^{-1}	US-EPA (2008)
นิกเกิล (Ni)	8.40×10^{-1}	-	Gao <i>et al.</i> (2015)
โครเมียม (Cr)	4.20×10^1	1.50	US-EPA (2008)
ทองแดง (Cu)	-	4.00×10^{-2}	US-EPA (2008)
สังกะสี (Zn)	-	3.00×10^{-1}	US-EPA (2008)
สารหนู (As)	1.50	3.00×10^{-4}	US-EPA (2008)
ปรอท (Hg)	1.00×10^{-4}	3.00×10^{-4}	US-EPA (2008)
แคดเมียม (Cd)	6.30	1.00×10^3	Gao <i>et al.</i> (2015)
วานาเดียม (V)	-	2.86×10^{-5}	US-EPA (2008)

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ปรากฏค่า

2.6.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)

การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงต่อสุขภาพแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ซึ่งคำนวณตามสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ โดยที่ค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งหรือความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งคำนวณจากผลรวมของความเสี่ยงโลหะแต่ละชนิด

$$\text{Cancer risk} = I_{\text{inhalation}} \times \text{SF} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Non cancer risk} = I_{\text{inhalation}} / \text{RfC} \dots \dots \dots (3)$$

เมื่อ $I_{\text{inhalation}}$ = ปริมาณสารที่ได้รับ (มิลลิกรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย.วัน)

SF = Slope Factor ของโลหะแต่ละชนิด (กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย.วัน/มิลลิกรัม)

RfC = Reference Concentration ของโลหะแต่ละชนิด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)

US-EPA (1989) ได้เสนอว่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งควรมีค่าอยู่ในช่วง 10^{-6} - 10^{-4} และค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งควรมีค่าไม่เกิน 1 จึงจะสามารถยอมรับได้ และหากมีค่ามากกว่า 10^{-4} และมีค่ามากกว่า 1 ตามลำดับจะถือว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ต้องมีการดำเนินการแก้ไขต่อไป

โดยที่ค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งหรือความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งทั้งหมดแสดงดังสมการที่ (4)

$$\text{HI} = \sum \text{Health Risk} \text{ หรือ } \sum \text{HQ} \dots \dots \dots (4)$$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของ PM_{10} บริเวณภายในอาคาร

กัลยกร (2549) ทำการศึกษาความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของ PM_{10} ภายนอกอาคารบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง และฤดูฝน และเก็บตัวอย่างจำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการ พระประแดง โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ และโรงเรียนปากคลองมอญ ทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Mini Volume Air Sampler (Mini-Vol) อัตราการไหล 5 ลิตร/นาที่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ จำนวน 29 ชนิด ได้แก่ Cu AL As Ba Br Ca Ce Cl Co Cr Fe K Mg Na Ni P Pb Pt S Se Si Sb Ti V Zn Te I และ Cs วิเคราะห์สารประกอบคาร์บอน (OC) และธาตุคาร์บอน (EC) และธาตุไอออนิก จำนวน 6

ชนิด ได้แก่ NH_4^+ Na^+ NO_3^- SO_4^{2-} K^+ และ Cl^- ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} ในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 55.63-71.33 27.52-51.12 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์หองค์ประกอบต่างๆ ใน PM_{10} พบว่าธาตุที่มีสัดส่วนเกิน 1 มีจำนวน 14 ชนิด ได้แก่ Na Si Fe S Cl K Zn OC EC SO_4^{2-} NO_3^- Cl^- Na^+ และ K^+ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวมีแนวโน้มที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทอุตสาหกรรม เช่น การเผาไหม้ เชื้อเพลิงหรือกระบวนการผลิต ยานพาหนะ การเผาไหม้ขยะรวม การเผาไหม้ชีวมวล ฝุ่นดิน และฝุ่นถนน

ปาจริย์ และคณะ (2547) ทำการศึกษาความเข้มข้นของ PM_{10} ภายในอาคาร เทศบาลนครพิษณุโลก โดยทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) อัตราการไหล 1.7 ลูกบาศก์เมตร /นาที่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างจำนวน 6 จุด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) บริเวณที่ติดถนนหลัก ซึ่งห่างจากถนนหลักไม่เกิน 5 เมตร จำนวน 3 จุด ได้แก่ ร้านสุทสากร อุตุการช่าง ร้านขายยา ช.อนันต์เภสัช และ 2) บริเวณที่ไม่ติดถนนหลัก ซึ่งห่างจากถนนหลัก 20 เมตร จำนวน 3 จุด ได้แก่ บ้านพักอาศัยชุมชนประชาอุทิศ บ้านพักอาศัย ชุมชนวัดเขื่อนขันธุ์ และบ้านพักอาศัยชุมชนบ้านคลอง โดยทำการเก็บตัวอย่างใน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน วิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นด้วยวิธีการซั่งน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้น PM_{10} บริเวณที่ติดถนนหลัก ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 134.45-152.05 201.66-222.97 และ 188.07-202.87 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และบริเวณที่ไม่ติดถนนหลัก ในฤดูฝน ฤดูหนาว ฤดูร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 66.98-87.67 91.21-111.59 และ 98.11-96.61 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งบริเวณที่ติดถนนหลักทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าความเข้มข้น PM_{10} มีค่าเกินมาตรฐาน PM_{10} ในบรรยากาศที่กำหนดให้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมาตรฐานของ EPA ที่กำหนดให้ PM_{10} ในบรรยากาศไม่เกิน 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนบริเวณที่ไม่ติดถนนหลักมีค่าความเข้มข้น PM_{10} ไม่เกินมาตรฐาน PM_{10} ในบรรยากาศ และมาตรฐานของ EPA และเมื่อตรวจลักษณะของ PM_{10} พบว่า PM_{10} ที่เก็บจากบริเวณที่ติดถนนหลักมีลักษณะเหมือนฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเบนซิน และ PM_{10} ที่เก็บจากบริเวณที่ไม่ติดถนนหลักมีลักษณะเหมือนฝุ่นดิน

สัญญา (2543) ทำการศึกษาความเข้มข้นของ TSP และความเข้มข้นของ PM_{10} ภายนอกอาคารและภายในอาคารเรียนในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ซึ่งทำการเก็บตัวอย่าง 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนเทศบาลวัดกลาง โรงเรียนสวนสนุก โรงเรียนอนุบาลขอนแก่น และโรงเรียนกันยารัตน์ ทำการเก็บตัวอย่าง 1 สัปดาห์/โรงเรียน โดยตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารและภายในอาคารเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยบริเวณภายในอาคารแบ่งจุดเก็บตัวอย่างเป็น 2 จุด ได้แก่ อาคารใกล้เส้นทางการจราจร และอาคารไกลเส้นทางการจราจร

ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของ TSP ภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 94.02-326.96 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สูงสุดที่โรงเรียนอนุบาลขอนแก่น 248.07±50.65 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งทั้ง 3 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนอนุบาลขอนแก่น โรงเรียนสวนสนุก และโรงเรียนกัลยาวัตร มีค่าเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ที่กำหนดให้ไม่เกิน 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ยกเว้นโรงเรียนเทศบาลวัดกลาง มีค่าไม่เกินมาตรฐาน สำหรับความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 74.90-253.56 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และสำหรับความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารมีค่าอยู่ในช่วง 21.86-78.44 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ที่กำหนดให้ไม่เกิน 70 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้น PM₁₀ ภายในอาคารพบว่าระยะทางที่ห่างจากเส้นทางการจราจรไม่มีผลต่อฝุ่นละอองภายในอาคาร และเมื่อทำแบบสอบถามเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง พบว่าส่วนใหญ่ตอบว่าปัญหาฝุ่นละอองเป็นปัญหา ระดับกลาง โดยครู-อาจารย์ ร้อยละ 47.77 ระบุว่าสาเหตุเกิดจากยานพาหนะ และเด็ก ร้อยละ 36.67 ระบุว่าสาเหตุจากลมพัดฝุ่นละอองในสนามของโรงเรียนฟุ้งกระจาย

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของโลหะใน PM₁₀ และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

Kong *et al.* (2011) ทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ในเมือง Fushun ประเทศจีน โดยทำการเก็บฝุ่นบนพื้น 4 ตำแหน่ง ได้แก่ ฝุ่นดิน ฝุ่นบนถนน ฝุ่นจากการก่อสร้าง และฝุ่นที่มีลมพัดมา ติดอยู่ที่ขอบหน้าต่างส่วนล่างของอาคารที่พักอาศัยและโรงเรียน โดยเก็บเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) โลหะหนักที่วิเคราะห์ได้แก่ Mn Cu Zn As Pb Cr Ni Co Cd Hg และ V ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่าที่พบในดินทั่วไปของประเทศจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Cu Zn Cd Hg และ Pb พบว่ามีค่าสูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพทำโดย วิธี Geoaccumulation Index พบว่าฝุ่นที่มีการพัดพามานั้น มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงชี้ให้เห็นถึงศักยภาพที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้อาศัยและนักเรียน โดยการศึกษาครั้งนี้ยังได้ใช้สถิติสหพันธ์ และการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี Principal Component Analysis (PCA) เพื่อประเมินแหล่งที่มาของโลหะหนัก ซึ่งพบว่าแหล่งกำเนิดหลักเกิดมาจากการยานพาหนะ กิจกรรมอุตสาหกรรม การเผาไหม้ถ่านหิน

Gursumeeran *et al.* (2014) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรในประเทศอินเดีย เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} และฝุ่นละอองที่หายใจ PM₁₀ ในอาคารด้วยวิธี In-silico โดยทำการเก็บรวบรวมฝุ่นละอองด้วยเครื่อง Low volume air sampler ระหว่างเดือน มิถุนายน 2012 – พฤษภาคม 2013 เก็บตัวอย่างในเขตชุมชนเมืองและชุมชนชนบท ในเมือง Pune ประเทศอินเดีย และได้วิเคราะห์ปริมาณ Cd Co Cr Cu Fe Mn Pb Sb และ Zn และประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง ผลการศึกษาพบว่า Ni มีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งที่สูงที่สุดและมีการสนับสนุนจากวิธีการ In-silico ที่กล่าวว่า Ni จะมีการเข้าไปร่วมกับโปรตีนในร่างกาย ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่าง Asp และ Glu ในสาย DNA ก่อให้เกิดการตกค้างและก่อให้เกิดมะเร็งจุกและมะเร็งปอดได้

Lio *et al.* (2014) ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Non-carcinogenic) จากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ในฝุ่นถนนในเมือง Nanjing ประเทศจีน จากการได้รับในเส้นทางการหายใจ เส้นทางการกิน และเส้นทางการรับสัมผัสทางผิวหนัง โดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 จุด ได้แก่ 1) ทางแยกถนน 2) ใกล้ Baima Park และ 3) Xuonwu Park ซึ่งทำการวิเคราะห์โลหะชนิดต่างๆ จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ Al Ba Ca Cr Cu Fe Mn Ni Pb Ti และ Zn ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) และทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Non-carcinogenic) จากการรับสัมผัสโลหะจำนวน 8 ชนิด ดังนี้ Ba Cr Cu Fe Mn Ni Pb และ Zn ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 2.2-23 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ที่พบมีค่าเฉลี่ยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ Ca Cu Pb Zn Al Cr Fe Ni Ba และ Mn ส่วนโลหะ Ti ตรวจไม่พบ สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพพบว่าเด็กมีค่าความเสี่ยง (คำนวณจากการรับสัมผัสในทุกเส้นทางการรับสัมผัส) สูงกว่าผู้ใหญ่ โดยในเด็กโลหะ Pb Cr และ Cu มีความเสี่ยงโดยเส้นทางการกินมากกว่าโลหะชนิดอื่นๆ ซึ่งเด็กและผู้ใหญ่ได้รับโลหะชนิดต่างๆ จากเส้นทางการกินเป็นหลัก อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความเสี่ยงของเด็กและผู้ใหญ่อยู่ในช่วงยอมรับได้ (<1)

Luo *et al.* (2012) ได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรเด็กและผู้ใหญ่จากการรับสัมผัสโลหะหนักในดินจากสวนสาธารณะจำนวน 14 แห่ง ในเมือง Xiamen ประเทศจีน จากการได้รับในเส้นทางการหายใจ เส้นทางการกิน และเส้นทางการรับสัมผัสทางผิวหนัง ซึ่งประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยทำการเก็บฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Cd Co Cr Mn Ni Pb และ Zn ผลการศึกษาพบว่า Pb มีความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในประชากรเด็ก โดยเส้นทางการกินมากกว่าโลหะชนิดอื่นๆ มีค่าความเสี่ยงอยู่ในช่วง 0.19 - 1.24 และผลรวมความเสี่ยงการเกิดมะเร็งมีค่าอยู่ในช่วง 5.03E-06 – 2.69E-05 ซึ่งมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ (10^{-6}) โดยเกิด

จาก Cr และ Pb ร้อยละ 93.8 และ 6.19 ตามลำดับ โดยมีการรับสัมผัสเส้นทางผิวหนัง และเส้นทางกรกิน ร้อยละ 68.89 และ 30.4 ตามลำดับ

Olanrewaju *et al* (2014) ได้ทำการเก็บฝุ่นละอองบริเวณภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วยห้องเรียน ห้องนั่งเล่น และสำนักงาน ใน รัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย ซึ่งได้มีการเก็บตัวอย่างจำนวน 19 แห่ง ตั้งแต่ มกราคม-เมษายน 2013 นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะต่างๆ ได้แก่ Cd Cr Pb As Ni Al Mn Co Cu Zn Hg และ Fe ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) และได้ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละออง ด้วยเส้นทางกรกิน เส้นทางกรสัมผัสทางผิวหนัง และเส้นทางกรหายใจ ผลการศึกษาพบว่า Fe และ Mn มีค่าความเข้มข้นสูงที่สุดในบริเวณห้องเรียนและบริเวณสำนักงาน โดยมีค่ากับ 13.7-21.2 และ 254-422 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และ การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของ Cr (คำนวณจากผลรวมค่าเฉลี่ยในทุกเส้นทางที่รับสัมผัส) ของเด็กและผู้ใหญ่ มีค่าเท่ากับ $3.10E-03$ และ $1.30E-01$ ตามลำดับ ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989) และค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (คำนวณจากผลรวมค่าเฉลี่ยในทุกเส้นทางที่รับสัมผัส) มีค่าเท่ากับ 0.0207 และ 0.371 ตามลำดับ ซึ่งสามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989)

Xinwei *et al.* (2014) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในเด็กและผู้ใหญ่จากการรับสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นถนน ในเมืองอุตสาหกรรม ประเทศจีน ด้วยเส้นทางกรหายใจ เส้นทางกรกิน และเส้นทางกรสัมผัสผิวหนัง โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นถนนจำนวน 42 ตัวอย่าง จากหลากหลายพื้นที่ในตำบล Yintai ตำบล Wangyi และตำบล Yozhou ทำการวิเคราะห์ปริมาณ As Co Cr Cu Mn Ni Pb V และ Zn ด้วยวิธีการ X-ray florescence spectrometry ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของ As Cr Cu Mn Ni V และ Zn อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และ Co กับ Pb อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และยังพบว่ากรประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรผู้ใหญ่และประชากรเด็ก ในการเกิดอันตรายอื่นๆ นอกจากมะเร็งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วน ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของ As Co Cr และ Ni อยู่ในช่วงยอมรับได้

สุธาสิณี (2553) ได้ทำการหาความเข้มข้นและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองแขวนลอย (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) และปริมาณโลหะในฝุ่นละออง ในบริเวณสำนักงานจำนวน 10 จุดในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร โดยทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง (Gillian 3) อัตราการไหลสำหรับ TSP และ PM_{10} เท่ากับ 2 และ 2.5 ลิตร/นาที ตามลำดับ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น.-12.00 น. และ 13.00 น.-17.00 น. นำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของ โลหะชนิดต่างๆ จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ Be Al V Cr Mn Fe

Co Ni Cu Zn As Ag Sb และ Pb ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้น TSP และ PM₁₀ เฉลี่ยเท่ากับ 998.75 และ 382.44 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และพบตรวจพบว่า Pb มีความเข้มข้นสูงสุดทั้ง TSP และ PM₁₀ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.78 และ 1.56 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความเข้มข้นของโลหะทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 8 ชั่วโมง สำหรับการประเมินการสัมผัสฝุ่นละอองชนิดต่างๆ ในฝุ่นละอองพบว่า Pb Zn Al และ Cr มีค่าสูง มีค่าเท่ากับ 4.22E-5 3.85E-5 2.99E-5 และ 1.14E-5 ตามลำดับ ประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการสัมผัส Pb Ni และ As มีค่าเท่ากับ 3.46E-6 7.05E-7 และ 5.70E-7 ซึ่งแต่ยังไม่เกินค่าที่กำหนดไว้คือ 10⁻⁴ และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าอยู่ในช่วง 0.24-0.37 ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ไม่เกิน 1

สุภาวรณ (2556) ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ จากการสัมผัส PM₁₀ และโลหะใน PM₁₀ โดยทำการเก็บตัวอย่างภายในอาคารบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งได้ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) อัตราการไหล 1.7 ลูกบาศก์เมตร/นาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จำนวน 5 จุด ได้แก่ ทิศใต้ กลางเมือง ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศเหนือ โดยวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ Mn Ag Cu Fe Cd Cr Ni และ Pb ด้วยวิธีการ Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) และทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Hazard Quotient) ซึ่งแบ่งการประเมินเป็นเพศหญิงและชาย และแบ่งตามช่วงอายุ ได้แก่ 1-2 ปี 3-5 ปี 6-10 ปี 11-15 ปี 16-30 ปี 30-60 ปี และ 60 ปีขึ้นไป ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 12-128 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2515 ที่กำหนดไว้ให้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถึงอย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนมีนาคมถึงเมษายน และพบว่าในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าความเข้มข้น PM₁₀ สูงสุดในเดือนเมษายน สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ ชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ พบว่า พบโลหะจำนวน 4 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ Fe Cu Ag และ Mn ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.11 1.01 0.44 และ 0.31 ตามลำดับ ส่วนโลหะอีก 4 ชนิด ได้แก่ Ni Cr Cd และ Pb ตรวจไม่พบ และพบว่าในทุกเดือนเก็บตัวอย่าง Fe มีสัดส่วนสูงที่สุดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 90-95 สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของการสัมผัส PM₁₀ บริเวณภายในอาคาร และการสัมผัสฝุ่นละอองชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ พบว่าความเสี่ยงในการสัมผัส PM₁₀ อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (<1) และความเสี่ยงในการสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ อยู่ในระดับที่ก่อให้เกิด

อันตรายต่อสุขภาพ (>1) โดยพบว่าในช่วงอายุ 1-2 ปี เพศหญิง มีค่าความเสี่ยงสูงที่สุดเท่ากับ 18.51

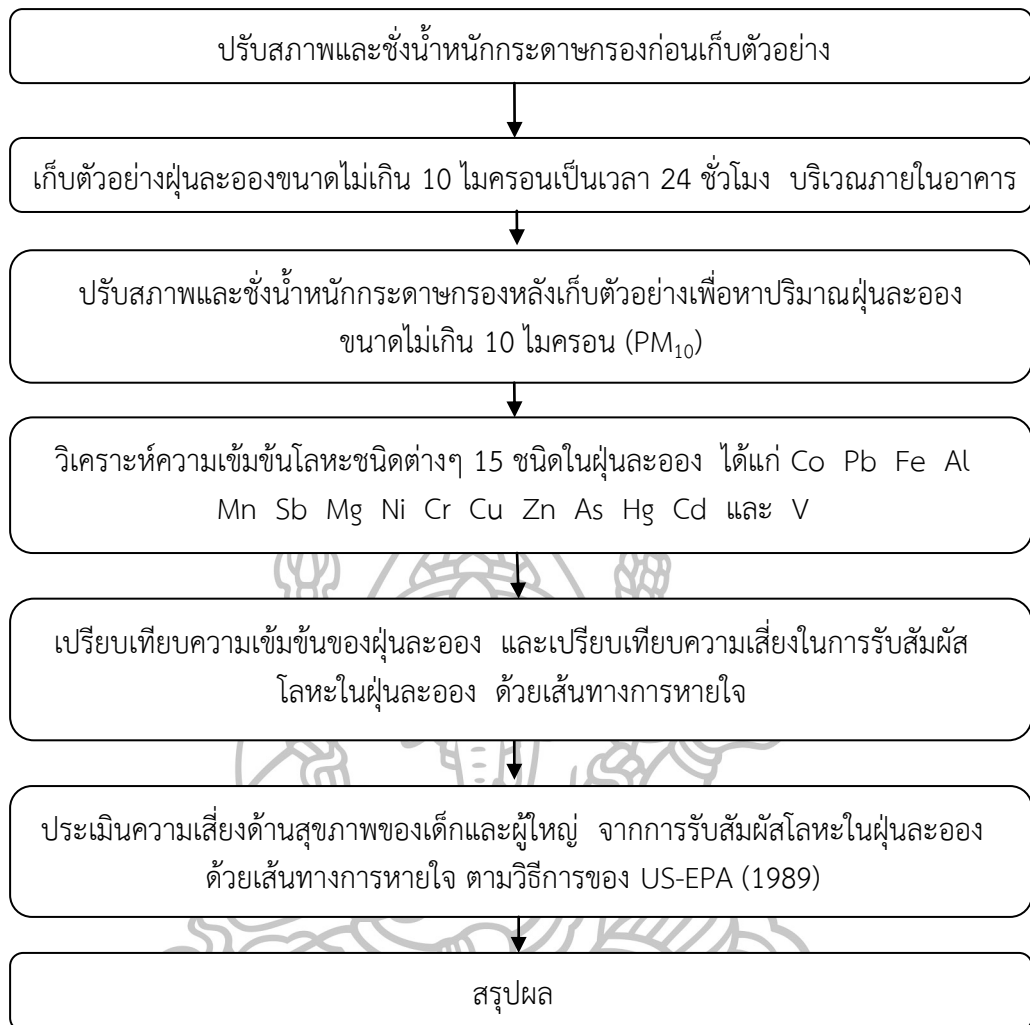


บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพรวมของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณภายในอาคารในจังหวัดราชบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างใน 2 บริเวณ คือ บริเวณโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (โรงเรียนตชด. บ้านถ้ำหิน) อำเภอสวนผึ้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ห่างจากการทำอุตสาหกรรม (พื้นที่ชนบท) และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่รับสัมผัสฝุ่นจากการทำอุตสาหกรรม (พื้นที่ชุมชน) ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะในฝุ่นละอองจำนวน 15 ชนิดประกอบด้วย Co Pb Fe Al Mn Sb Mg Ni Cr Cu Zn As Hg Cd และ V ด้วยวิธีการ Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) และนำมาประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ของเด็กและผู้ใหญ่ ด้วยวิธีการของ US-EPA ปี 1989 จากการได้รับสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองด้วยเส้นทางการหายใจ และได้ทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละออง ความเสี่ยงในการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองด้วยเส้นทางการหายใจของพื้นที่ศึกษาอีกด้วย ขั้นตอนการดำเนินการงานแสดงดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



3.2 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างได้ทำการเก็บตัวอย่างในจังหวัดราชบุรี 2 บริเวณ คือ 1) บริเวณโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน (โรงเรียนตชด .บ้านถ้ำหิน) (ดังรูปที่ 3.2) อำเภอสวนผึ้ง (พื้นที่ชนบท) โดย เป็นบริเวณที่ห่างไกลจากการทำอุตสาหกรรม ห่างจากถนนเพชรเกษม 20 กิโลเมตร ห่างไกลจากการจราจรที่คับคั่ง จึงเหมาะแก่การเป็นตัวแทน ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอาคารเรียน (ดังรูปที่ 3.3) และ 2) บริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม (ดังรูปที่ 3.4) ตั้งอยู่ในตำบลเจดีย์หัก อำเภอมือง (พื้นที่ชุมชน) โดยเป็นบริเวณ ที่อยู่ใกล้กับบริเวณอุตสาหกรรมแปรรูปหินปูน ประกอบด้วย โรงงานทำปูนซีเมนต์ โรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผา โรงงานผลิตอิฐ ห่างจากถนนเพชรเกษม 2 กิโลเมตร ซึ่งมีการจราจรที่คับคั่ง ซึ่งเป็นบริเวณตัวแทนที่สามารถได้รับสัมผัสฝุ่นละอองจากการทำกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างดี โดยทำการเก็บตัวอย่างในอาคารเรียน เช่นเดียวกับบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน (ดังรูปที่ 3.5)





รูปที่ 3.2 แผนที่โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี
ที่มา: google แผนที่ (2557)



รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน
อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี



รูปที่ 3.4 แผนที่โรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
ที่มา: google แผนที่ (2557)



รูปที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ในโรงเรียนวัดเจติยาราม
อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

3.2.3 สถานที่ซึ่งนำหนักตัวอย่าง

ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการทางอากาศ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาคาร CB ห้อง 225 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า - ธนบุรี

3.2.4 สถานที่เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ทำการเตรียมตัวอย่าง ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาคารวิทยาศาสตร์ 4 ห้อง 4511 ว.4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวัง - สนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม

3.3 ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยเก็บฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน เก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในระยะเวลา 1 ปี ใน 2 ฤดู คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ดังนี้

ฤดูฝน ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกันยายน – เดือนตุลาคม เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง สถานที่ละ 10 ครั้ง จำนวนที่ละ 2 จุด จุดละ 4 ตัวอย่างต่อครั้งรวม 80 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างวันศุกร์ เสาร์ และอาทิตย์

ฤดูแล้ง ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ เดือนมกราคม – เดือนมีนาคม ทำเช่นเดียวกันกับฤดูฝน

3.4 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์

3.4.1 สารเคมี

3.4.1.1 น้ำปราศจากไอออน (Dionized water)

3.4.1.2 Alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95

3.4.1.3 Nitric Acid (HNO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 68

3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.4.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก 7 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น XP2U

3.4.2.2 เครื่อง Inductively Coupled Plasma (ICPs) ยี่ห้อ Agilent technologies รุ่น 710 Series ICP-OES spectrometers

3.4.2.3 ชุดเก็บตัวอย่างอากาศและขาตั้ง

3.4.2.4 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.4.2.5 ถังซิปล็อค

3.4.2.6 ที่คีบกระดากทรง (Forceps)

3.4.2.7 กระดาษกรอง Whatman ชนิด Quartz ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.7 เซนติเมตร

3.4.2.8 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

3.4.2.9 กระดาษกรอง Whatman ชนิดไนลอน

3.4.2.10 มีดตัดกระดาษกรอง

3.4.2.11 เครื่องแก้วต่างๆ ได้แก่ ปีกเกอร์ ขนาดปริมาตร ปิปเตต ขวดรูปชมพู่ กระจกนาฬิกา

3.5 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ทำการ ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตรจากพื้นราบ อัตราการไหลของอากาศ 1.7 ลูกบาศก์เมตร ต่อนาที เก็บตัวอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.6 การเตรียมตัวอย่าง

ทำการเตรียมตัวอย่างตามวิธีดัดแปลงจากวิธีการการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละอองทั้งหมด ของ American Society for Testing and Materials (ASTM) (2006) โดยเริ่มจากการนำกระดาษ กรองที่เก็บตัวอย่างแล้วมา 2 แผ่น ตัดกระดาษกรองให้มีขนาดเล็กใส่ลงในปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้นให้ท่วมกระดาษกรอง ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-4 เม็ด ปิดด้วย กระจกนาฬิกา นำไปตั้งบนแผ่นทำความร้อน ประมาณ 30-60 นาที เพื่อย่อยฝุ่นละอองออกจาก กระดาษกรองจนหมด จากนั้นนำลงมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองชนิด Whatman เบอร์ 42 และกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรองชนิดไนลอน ปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ ปราศจากไอออนในขวดปริมาตร เก็บสารละลายที่ได้ลงในขวดพลาสติกปิดฝาให้เรียบร้อย และนำไป วิเคราะห์ต่อไป

3.7 การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละออง

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง ทำได้โดยการนำสารละลายที่เตรียมแล้ว มาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma (ICPs) เปรียบเทียบกับสารละลาย มาตรฐาน

3.8 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงจะทำตามวิธีการของ US-EPA (1989) โดยทำการประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสทางการหายใจ ทำการประเมินความเสี่ยงในการได้รับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และมีขั้นตอนการประเมิน 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.8.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

จากการตรวจสอบเอกสารในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3.2 โลหะหนักที่พบในฝุ่นละอองขนาดเล็กลงกว่า 10 ไมครอน ที่ก่อให้เกิดมะเร็งประกอบด้วย ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) สารหนู (As) โครเมียม (Cr) พลวง (Sb) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) และนอกจากนี้ยังพบโลหะชนิดอื่นที่สามารถก็ให้เกิดโรคได้ ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) แมกนีเซียม (Mg) โคบอลต์ (Co) อะลูมิเนียม (Al) นิกเกิล (Ni) และสังกะสี (Zn)

3.8.2 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินการรับสัมผัสนั้นจะทำการประเมินความเสี่ยงจากประชากรใน 2 กลุ่ม คือ เด็กและผู้ใหญ่ โดยพิจารณาการรับสัมผัสจากทางหายใจของประชากร ซึ่งมีกิจกรรมประจำวันอยู่ในพื้นที่รับสัมผัส โดยทำการประเมินความเสี่ยงของโลหะแต่ละชนิด ซึ่งทำการประเมินตามวิธีคิดของ US-EPA (1989) และได้ใช้ค่าแนะนำของ US-EPA (1989) และข้อมูลประชากรไทยอ้างอิงจากรายการ (2552) ในการประเมินการรับสัมผัสโลหะแต่ละชนิด.

3.8.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การประเมินความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด จะทำการพิจารณาทั้งการก่อให้เกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยตัวชี้วัดที่จะบ่งบอกถึงความเป็นพิษได้แก่ ค่า Slope Factor (SF) และค่า Reference Concentration (R_fC) ตามลำดับ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.6 ในบทที่ 2

3.8.4 การประเมินลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)

การประเมินลักษณะของความเสี่ยง นั้นจะนำค่าที่ได้จากการประเมินใน 3 ชั้นแรกมา ประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งและอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ในฝุ่นทางการหายใจ โดยการคำนวณตามสมการของ US-EPA (1989) ซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.6.4

3.9 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคาร

สถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของ ความเข้มข้นของ PM₁₀ ระหว่าง โรงเรียน ตชด. บ้านถ้ำหินกับโรงเรียนวัดเจติยาราม ทำโดยใช้สถิติ T-test

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้น ของ PM_{10} ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรบริเวณภายในอาคารจังหวัดราชบุรี ซึ่งได้แก่ บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม โดยผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และทำการรายงานผลความเข้มข้นของ PM_{10} และความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ภายในอาคารตามฤดูกาล คือฤดูฝน และฤดูแล้ง และรายงานการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรเป็นค่าความเสี่ยงตลอดทั้งปี โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ทั้งนี้เนื่องจากประชากรมีการอยู่อาศัยในพื้นที่ตลอดเวลา การสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ของประชากรจึงได้รับอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสจากค่าเฉลี่ย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ PM_{10} ภายในอาคาร

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ PM_{10} บริเวณภายในอาคารโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝน และฤดูแล้ง มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ความเข้มข้นของ PM_{10} ในฤดูฝน

ความเข้มข้นของ PM_{10} บริเวณภายในอาคาร ในฤดูฝน บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ผลการวิจัยพบว่า บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินมีความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 20.24 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้น PM_{10} สูงสุดพบในวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2557 และความเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดพบในวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2557 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 28.51 และ 3.93 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับโรงเรียนวัดเจติยาราม มีความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 41.67 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้น PM_{10} สูงสุดพบในวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 และความเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดพบในวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2557 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 76.45 และ 16.46 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ PM_{10} ในงานวิจัยนี้ซึ่งเปรียบเทียบกับมาตรฐานของหน่วยงาน USA (ASHRAE) ที่กำหนดค่ามาตรฐาน PM_{10} ภายในอาคาร 24 ชั่วโมง (150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน

4.1.2 ความเข้มข้นของ PM₁₀ ในฤดูแล้ง

ความเข้มข้นของ PM₁₀ บริเวณภายในอาคาร ในฤดูแล้ง บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ผลการวิจัยพบว่า บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินมีความเข้มข้นของ PM₁₀ เฉลี่ยเท่ากับ 27.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้น PM₁₀ สูงสุดพบในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และความเข้มข้น PM₁₀ ต่ำสุดพบในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2558 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 47.78 และ 3.49 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามมีความเข้มข้นของ PM₁₀ เฉลี่ยเท่ากับ 42.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยความเข้มข้น PM₁₀ สูงสุดพบในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และความเข้มข้น PM₁₀ ต่ำสุดพบในวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2558 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 80.80 และ 3.69 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยพบว่าในฤดูแล้ง บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินมีฝนตกขณะเก็บตัวอย่างจำนวน 1 ครั้ง ได้แก่วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2558 และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่ามีฝนตกขณะเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ได้แก่วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2558 และวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ในวันดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าปกติ และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ PM₁₀ ในงานวิจัยนี้ ซึ่งเปรียบเทียบกับมาตรฐานของหน่วยงาน USA (ASHRAE) ที่กำหนดค่ามาตรฐาน PM₁₀ ภายในอาคาร 24 ชั่วโมง (150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ในฤดูฝนและฤดูแล้งจะมีค่าไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด (ASHRAE) แต่ยังคงพบองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ใน PM₁₀ สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ทั้งการก่อให้เกิดมะเร็ง และการก่อให้เกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ และประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ด้วยเส้นทางการหายใจ เพื่อเป็นข้อมูลบ่งชี้ความเป็นอันตรายของ PM₁₀ เพิ่มเติม

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ระหว่างวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

วันที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของPM ₁₀ (µg/m ³)	
	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน	โรงเรียนวัดเจติยาราม
12/9/2557	14.97	-
13/9/2557	-	76.45
19/9/2557	-	20.27
20/9/2557	3.93	16.46
26/9/2557	22.49	43.64
27/9/2557	28.33	46.18
4/10/2557	18.31	34.79
5/10/2557	26.35	47.12
11/10/2557	14.20	27.38
12/10/2557	25.07	62.73
13/10/2557	28.51	-
ค่าเฉลี่ยฤดูฝน	20.24	41.67
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานฤดูฝน	8.17	19.53
23/1/2558	20.32	69.85
24/1/2558	3.49*	48.24
30/1/2558	31.86	47.46
31/1/2558	27.09	3.69**
6/2/2558	42.87	49.74
7/2/2558	30.24	80.80
8/2/2558	47.60	61.42
13/2/2558	47.78	37.03
14/2/2558	13.14	33.87
20/2/2558	16.79	5.12**

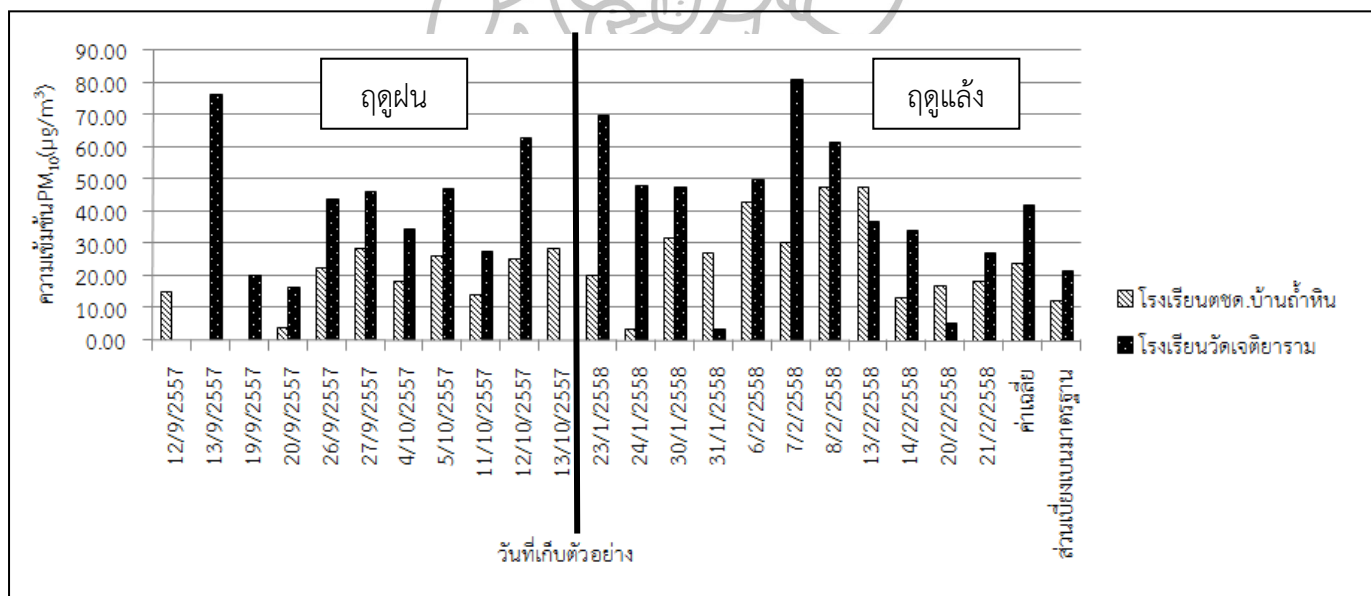
ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ระหว่างวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของ PM ₁₀ (µg/m ³)	
	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน	โรงเรียนวัดเจติยาราม
21/2/2558	18.28	27.24
ค่าเฉลี่ยฤดูแล้ง	27.22	42.22
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานฤดูแล้ง	14.53	23.20
$\bar{X} \pm SD$	24.21±12.38	41.97±21.73
Min – Max	3.49-47.78	3.69-80.80

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่เก็บตัวอย่าง

* หมายถึง ฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง ณ โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน

** หมายถึง ฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง ณ โรงเรียนวัดเจติยาราม



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี

4.1.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ PM₁₀

จากผลการวิจัยโดยเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่าในฤดูฝน และฤดูแล้ง ความเข้มข้นของ PM₁₀ บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชนบท มีค่าต่ำกว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชุมชน ในเกือบทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง ยกเว้นวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณอำเภอเมืองราชบุรี พบว่าในวันดังกล่าวมีฝนตกจึงทำให้ความเข้มข้น PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้ที่โรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าความเข้มข้นน้อยกว่า และมีความสอดคล้องกับการตรวจสอบเอกสาร ในหัวข้อ 2.5.5 และ 2.5.6 เรื่องประเภทของอุตสาหกรรมและแหล่งที่มาของ PM₁₀ ในจังหวัดราชบุรี ที่กล่าวว่าบริเวณอำเภอเมืองมีแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองมากกว่าบริเวณอำเภอสวนผึ้งทำให้บริเวณอำเภอเมืองมีค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ที่สูงกว่า นอกจากนี้พบว่าบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ในฤดูฝนและฤดูแล้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P-value = 0.008 และ 0.000 สำหรับช่วงความเชื่อมั่น 95% ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างความเข้มข้นของ PM₁₀ ของแต่ละพื้นที่ศึกษาในแต่ละฤดูกาล โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างความเข้มข้นของ PM₁₀ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยไม่ได้มีการนำทิศทางลมและสภาพอุตุนิยมวิทยามาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ใน 2 พื้นที่ศึกษา ความเข้มข้นของ PM₁₀ ใน 2 ฤดูกาลมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value ของบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินเท่ากับ 0.096 และสำหรับบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามเท่ากับ 0.511 ตามลำดับ

สำหรับการเปรียบเทียบผลการศึกษาความเข้มข้นของ PM₁₀ ในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของกัลยกร (2549) ที่ทำการศึกษาความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของ PM₁₀ บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ โดยผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้น PM₁₀ ของฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งมีค่าความเข้มข้น PM₁₀ อยู่ในช่วง 55.63-71.33 และ 27.52-51.12 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และงานวิจัยของปจรรย์ และคณะ (2547) ที่ทำการศึกษาความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารเทศบาลนครพิษณุโลก ผลการวิจัยพบว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ถนนหลักมีค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าสูงกว่าบริเวณที่อยู่ห่างไกลถนนหลัก และพบว่าในฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ สูงกว่าฤดูฝน และพบว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ถนนหลักมีลักษณะเหมือนฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเบนซิน และ PM₁₀ ที่เก็บจากบริเวณที่ไม่ติดถนนหลักมีลักษณะเหมือนฝุ่นดิน นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าสอดคล้องกับ งานวิจัยของสัญญา (2543) ที่ทำการศึกษาความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารเรียนในเขตเทศบาลนครขอนแก่น และงานวิจัยของสุภาวรรณ (2556) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าไม่เกิน

มาตรฐาน PM₁₀ ในบรรยากาศไม่เกิน 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าอยู่ในช่วง 21.86-78.44 และ 12-128 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ยกเว้นงานวิจัยของ สุธาสินี (2553) ที่ทำการหาความเข้มข้นของ PM₁₀ ในบริเวณสำนักงานในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ที่พบว่าความเข้มข้นของ PM₁₀ บริเวณภายในอาคารมีค่าเกินมาตรฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์อยู่ใกล้กับแหล่งที่มีการจราจรคับคั่ง จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ ในอาคารมีค่าสูง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 109.44-756.7 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้น PM₁₀ ภายในอาคารระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ

งานวิจัย	สถานที่	ช่วงค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM ₁₀ (µg/m ³)		
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูหนาว
งานวิจัยนี้	อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี	41.67	42.22	-
	อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	20.24	27.22	-
กัลยากร (2549)	จังหวัดสมุทรปราการ	27.52-51.12	55.63-71.33	-
ปาจริย์ และคณะ (2547)	บริเวณที่ติดถนนหลัก จังหวัดพิษณุโลก	134.45-152.05	188.07-202.87	201.66-222.97
	บริเวณไม่ติดถนนหลัก จังหวัดพิษณุโลก	66.98-87.67	98.11-96.61	91.21-111.59
สัญญา (2543)	เทศบาลนครขอนแก่น	21.86-78.44		
สุธาสินี (2553)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร	109.44-756.73		
สุภาวรรณ (2556)	จังหวัดเชียงใหม่	12-128		

หมายเหตุ - ไม่มีการทดลอง

4.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ บริเวณภายในอาคารโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โลหะทั้งหมด 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb V และ Zn และแสดงผลการวิจัยเป็น 2 หน่วย ได้แก่ หน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ในแต่ละพื้นที่ในน้ำหนักรุ่นละอองที่เท่ากัน และหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ที่ได้รับจากการหายใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น

ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม /กิโลกรัมฝุ่น เป็นการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ต่อน้ำหนักที่เท่ากัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1.1 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ฤดูฝน

ผลการวิจัยความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม / กิโลกรัมฝุ่น ในฤดูฝน ภายในอาคาร บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน พบว่ามีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิด ได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิด ได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 214,738.48 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น และพบ Zn Al Mg Ni Cr Cu Mn และ Cd ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 198,092.01 124,179.48 145,860.24 6,176.77 2,868.52 1,549.31 2,072.34 และ 149.25 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น ตามลำดับ

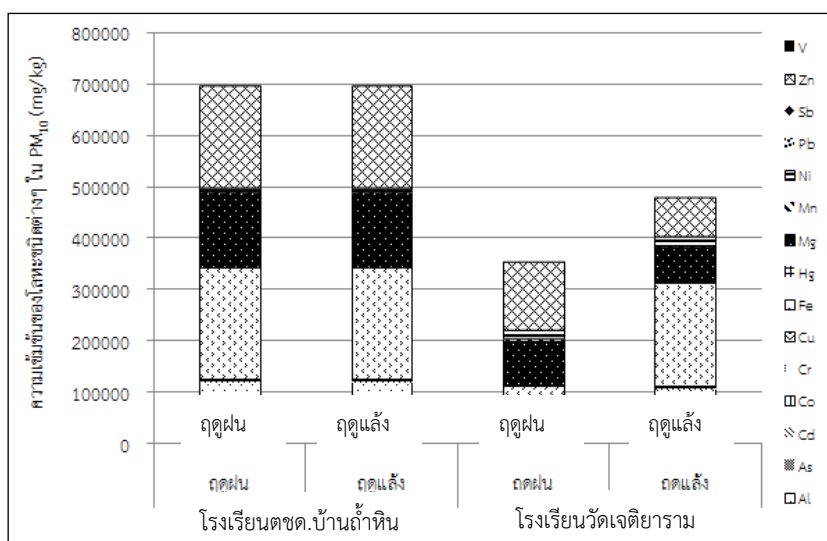
สำหรับโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่าการตรวจพบโลหะ 11 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 4 ชนิด ได้แก่ Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Zn มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 131,483.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น และพบ Mg Fe Al Ni As Mn Cr Cu Cd และ Co ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89,116.27 78,537.91 23,800.89 16,985.89 4,199.23 3,559.71 3,131.52 1,570.90 1,499.74 และ 365.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝน ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น

ชนิดโลหะ	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน		โรงเรียนวัดเจติยาราม	
	Min - Max	$\bar{X} \pm SD$	Min - Max	$\bar{X} \pm SD$
Al	21,691.97 - 581,090.60	124,179.48 ± 165,573.59	7,575.76 - 51,146.32	23,800.89 ± 14,831.91
As	nd	nd	nd - 34,013.61	4,199.23 ± 10,771.62
Cd	nd - 1,492.54	149.25 ± 471.98	nd - 7,606.49	1,499.74 ± 3,051.25
Co	nd	nd	nd - 2,393.62	365.62 ± 815.60
Cr	nd - 6,761.39	2,868.52 ± 2,368.25	841.04 - 6,628.79	3,131.52 ± 2,264.07
Cu	nd - 5,292.25	1,549.31 ± 2,271.93	nd - 5,208.33	1,570.90 ± 1,531.50
Fe	63,291.14 - 1,109,666.90	214,738.48 ± 320,038.33	31,209.53 - 237,941.50	78,537.91 ± 65,269.54
Mg	48,264.64 - 514,453.92	145,860.24 ± 157,183.24	27,429.18 - 359,388.58	89,116.27 ± 99,708.43
Mn	nd - 3,486.94	2,072.34 ± 1,142.07	1,097.59 - 9,486.55	3,559.71 ± 2,673.99
Ni	nd - 22,633.74	6,176.77 ± 7,382.69	5,994.01 - 39,417.61	16,985.89 ± 11,753.74
Zn	31,645.57 - 1,124,462.10	198,092.01 ± 332,410.73	28,931.01 - 674,890.99	131,483.69 ± 192,790.19

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์โลหะชนิด Hg Pb Sb และ V มีค่าต่ำกว่า Detection limit ในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง

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



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านลำหิ และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น

4.2.1.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ฤดูแล้ง

ผลการวิจัยความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม / กิโลกรัมฝุ่น ในฤดูแล้ง ภายในอาคารบริเวณโรงเรียน .ตชด.บ้านลำหิ พบว่ามีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิดได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบเช่นเดียวกับฤดูฝน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 507,762.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น และพบ Al Zn Mg Ni Cu Mn Cr และ Cd ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 267,882.18 151,218.08 144,866.23 112,915.98 12,238.98 10,650.59 5,208.87 และ 556.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น ตามลำดับ

สำหรับโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่าการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิดได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 และแสดงเพิ่มเติมในภาคผนวก ข. ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 200,095.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น และพบ Al Zn Mg Ni Mn Cr Cd และ Cu ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109,885.53 77,004.06 69,590.67 17,999.80 2,176.07 1,796.64 1,096.00 และ 884.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่นตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูแล้ง ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น

ชนิดโลหะ	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน		โรงเรียนวัดเจติยาราม	
	Min – Max	$\bar{X} \pm SD$	Min – Max	$\bar{X} \pm SD$
Al	36,029.22 - 1,575,814.54	267,882.18 ± 439,170.22	25,163.01 - 461,956.52	109,885.53 ± 135,146.51
Cd	nd - 6,118.88	556.26 ± 1,844.91	nd - 10,057.47	1,096.00 ± 3,032.05
Cr	nd - 35,714.29	5,208.87 ± 10,539.82	nd - 10,057.47	1,796.64 ± 3,052.30
Cu	nd - 96,491.23	12,238.98 ± 28,256.40	nd - 3,754.66	884.05 ± 1,242.07
Fe	83,004.43 - 2,606,516.29	507,762.56 ± 782,740.03	51,538.13 - 516,304.35	200,095.27 ± 179,173.99
Mg	35,258.35 - 708,020.05	144,866.23 ± 190,645.46	11,323.36 - 245,736.00	69,590.67 ± 70,790.07
Mn	nd - 53,571.43	10,650.59 ± 15,505.26	nd - 10,656.69	2,176.07 ± 3,310.62
Ni	6,650.70 - 633,771.93	112,915.98 ± 181,061.89	4,079.66 - 52,901.37	17,999.80 ± 18,294.58
Zn	26,770.84 - 742,481.20	151,218.08 ± 20,8317.37	16,609.60 - 333,861.70	77,004.06 ± 102,171.26

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์โลหะชนิด As Co Hg Pb Sb และ V มีค่าต่ำกว่า Detection limit ในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง Detection limit ของโลหะแต่ละชนิดมีค่าดังนี้ Al=0.01 As=0.05 Cd=0.005 Co=0.005 Cr=0.005 Cu=0.005 Fe=0.005 Hg=0.05 Mg=0.002 Mn=0.005 Ni=0.005 Pb=0.05 Sb=0.05 V=0.005 และ Zn=0.005 mg/l

จากการพิจารณาตารางที่ 4.3 4.4 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง มีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิด ได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิด ได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ โดยโลหะที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะเป็นโลหะที่พบในแหล่งดินธรรมชาติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการตรวจสอบเอกสารในหัวข้อ 2.4 ที่กล่าวเกี่ยวกับแร่ธาตุต่างๆ ในดิน แต่อย่างไรก็ตามจะพบว่ามีโลหะบางชนิดที่มีค่าสูง ได้แก่ Ni และ Cr ซึ่งเป็นโลหะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพกับประชาชนสูง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน อำเภอสวนผึ้งได้มีการนำดินจากบริเวณเหมืองแร่เก่าในบริเวณใกล้เคียงมาถมพื้นที่ในบริเวณโรงเรียนทำให้ค่าโลหะบางชนิดสูงผิดปกติ

สำหรับบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามจะพบว่าในฤดูฝนมีการตรวจพบโลหะ 11 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 4 ชนิด ได้แก่ Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งจะพบว่า Zn เป็นโลหะที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด ขณะที่ฤดูแล้งมีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิด ได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิด ได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งพบว่า Fe เป็นโลหะที่มีความเข้มข้นมากที่สุด

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำกิจกรรมต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียงโรงเรียนวัดเจติยารามมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และทิศทางลมก็มีส่วนส่งผลทำให้การตรวจพบโลหะในฤดูกาลที่แตกต่างกันมีค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้โลหะทั้ง 2 ชนิดที่ตรวจพบเป็นโลหะที่สามารถพบได้ในดินธรรมชาติและเป็นโลหะที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์มากนัก ดังนั้นการที่ตรวจพบโลหะ Fe และ Zn ในปริมาณที่สูงมากจึงยังไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชนในระดับที่สูงมากนั้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้นำค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ของทั้ง 2 บริเวณไปประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพตามวิธีการของ US-EPA ค.ศ. 1989 ต่อไปและเมื่อเปรียบเทียบกับ PM₁₀ 1 กิโลกรัมเท่ากับทั้ง 2 บริเวณจะพบว่าบริเวณโรงเรียนตชด .บ้านลำหินมีค่าความเข้มข้นของโลหะที่มากกว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม

4.2.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม /ลูกบาศก์เมตร เป็นการแสดงความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ต่อ 1 หน่วยอากาศที่ร่างกายมนุษย์ได้รับสัมผัสฝุ่นจริง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.2.1 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ฤดูฝน

ผลการวิจัยความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูฝนภายในอาคารบริเวณโรงเรียน.ตชด.บ้านลำหิน พบว่ามีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิดได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.15E-03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 29.79 และพบโลหะ Zn Mg Al Ni Cr Mn Cu และ Cd ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.98E-04 8.83E-04 7.42E-04 7.93E-05 3.69E-05 2.76E-05 2.34E-05 และ 1.36E-05 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 25.85 24.39 19.22 2.05 0.09 0.07 0.06 และ 0.04 ตามลำดับ

สำหรับโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่ามีตรวจพบโลหะ 11 ชนิดได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 4 ชนิด ได้แก่ Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Zn มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.92E-03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 35.04 และพบโลหะ Fe Mg Al Ni Mn Cr Cu As Cd และ Co ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.40E-03 1.26E-03 4.18E-04 3.16E-04

5.17E-05 4.25E-05 3.01E-05 2.29E-05 1.69E-05 และ 1.14E-06 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 25.55 22.99 7.63 5.77 0.94 0.78 0.55 0.42 0.31 และ 0.02
ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน
และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝน ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ชนิดโลหะ	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน				โรงเรียนวัดเจติยาราม			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
Al	3.60E-04	1.65E-03	7.42E-04	4.17E-04	1.96E-04	6.41E-04	4.18E-04	1.47E-04
As	nd	nd	nd	0.00	nd	2.06E-04	2.29E-05	6.86E-05
Cd	nd	7.91E-05	1.36E-05	2.91E-05	nd	7.91E-05	1.69E-05	2.99E-05
Co	nd	nd	nd	0.00	nd	1.03E-05	1.14E-06	3.42E-06
Cr	nd	7.54E-05	3.69E-05	2.29E-05	2.05E-05	6.78E-05	4.25E-05	1.37E-05
Cu	nd	7.54E-05	2.34E-05	2.95E-05	nd	6.32E-05	3.01E-05	2.18E-05
Fe	8.92E-04	1.60E-03	1.15E-03	2.17E-04	7.62E-04	3.64E-03	1.40E-03	9.05E-04
Mg	6.70E-04	1.53E-03	8.83E-04	2.52E-04	7.74E-04	3.12E-03	1.26E-03	7.52E-04
Mn	5.13E-06	5.02E-05	2.76E-05	1.43E-05	2.56E-05	9.25E-05	5.17E-05	2.42E-05
Ni	nd	2.19E-04	7.93E-05	6.88E-05	1.22E-04	6.61E-04	3.16E-04	2.10E-04
Zn	4.58E-04	1.68E-03	9.98E-04	4.67E-04	7.89E-04	6.94E-03	1.92E-03	1.96E-03

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์โลหะชนิด Hg Pb Sb และ V มีค่าต่ำกว่า Detection limit
ในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง

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

4.2.2.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ฤดูแล้ง

ผลการวิจัยความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้งบริเวณโรงเรียน .ตชด.บ้านลำหิิน พบว่ามีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิดได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบเช่นเดียวกับฤดูฝน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.66E-03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 39.35 และพบโลหะ Al Mg Zn Ni Mn Cu Cr และ Cd ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.64E-03 8.64E-04 7.56E-04 6.63E-04 7.40E-05 4.63E-05 2.47E-05 และ 3.16E-06 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 24.26 12.78 11.18 9.81 1.09 0.68 0.37 และ 0.05 ตามลำดับ

สำหรับโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่าการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิดได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ซึ่งเมื่อเรียงลำดับโลหะที่ตรวจพบจากมากไปน้อยพบว่า Fe มีความเข้มข้น (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.99E-03 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 50.28 และพบ Al Mg Zn Ni Mn Cr Cu และ Cd ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19E-03 8.03E-04 7.21E-04 2.29E-04 6.36E-05 3.10E-05 2.54E-05 และ 7.40E-06 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 20.01 13.50 12.13 4.19 1.07 0.57 0.43 และ 0.01 ตามลำดับ

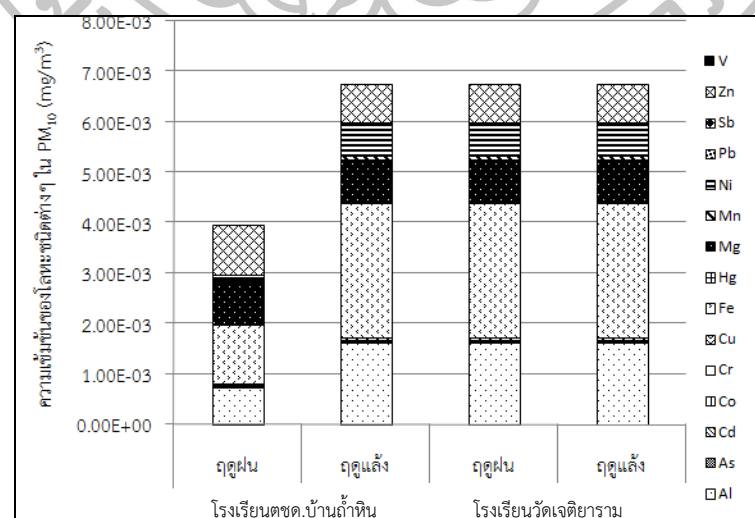
ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูแล้ง ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ชนิดโลหะ	โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน				โรงเรียนวัดเจติยาราม			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Al	8.04E-04	4.34E-03	1.64E-03	0.00108	6.65E-04	3.25E-03	1.19E-03	0.00074
Cd	nd	3.47E-05	3.16E-06	1E-05	nd	5.42E-05	7.40E-06	1.75E-05
Cr	nd	6.96E-05	2.47E-05	2.7E-05	nd	1.42E-04	3.10E-05	4.6E-05
Cu	nd	1.06E-04	4.63E-05	4.1E-05	nd	1.29E-04	2.54E-05	3.94E-05
Fe	1.21E-03	8.22E-03	2.66E-03	0.00203	9.39E-04	1.01E-02	2.99E-03	0.003027
Mg	5.02E-04	1.41E-03	8.64E-04	0.00028	4.63E-04	1.16E-03	8.03E-04	0.000199
Mn	nd	1.36E-04	7.40E-05	5.5E-05	nd	3.04E-04	6.36E-05	9.64E-05
Ni	1.11E-04	2.29E-03	6.63E-04	0.00076	1.02E-04	7.19E-04	2.29E-04	0.00019
Zn	4.85E-04	9.79E-04	7.56E-04	0.00015	4.03E-04	1.20E-03	7.21E-04	0.0002

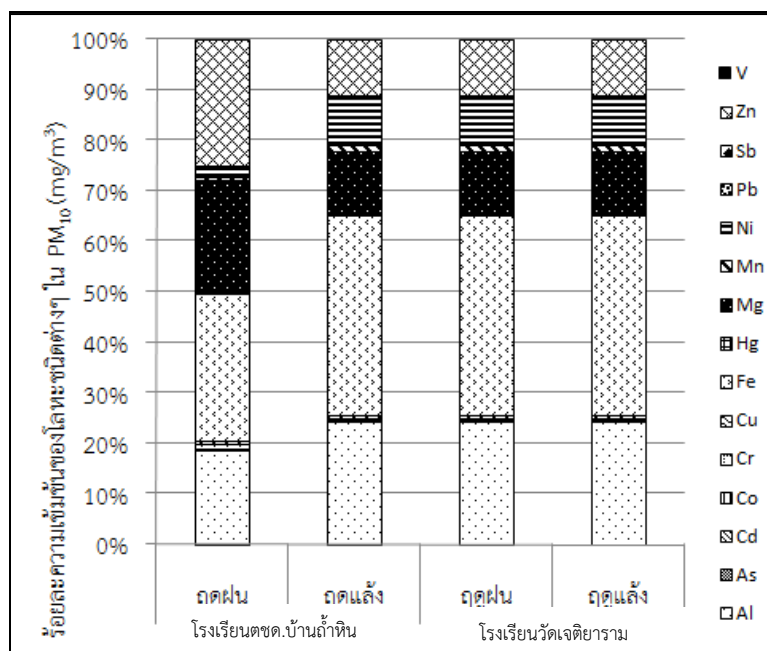
หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์โลหะชนิด As Co Hg Pb Sb และ V

มีค่าต่ำกว่า Detection limit ในทุกครั้งที่เกิดขึ้น

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



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 4.4 ร้อยละความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด. บ้านลำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากการพิจารณาตารางที่ 4.5 4.6 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ในหน่วยมิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านลำหินทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งมีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะชนิด As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ สำหรับบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามจะพบว่าในฤดูฝนมีการตรวจพบโลหะ 11 ชนิดได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะชนิด Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งจะพบว่า Zn เป็นโลหะที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด ขณะที่ฤดูแล้งมีการตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะชนิด As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ เช่นเดียวกับการแสดงผลในหน่วยมิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของโลหะที่ไม่ควรพบในแหล่งดิน ในแต่ละพื้นที่ศึกษา สำหรับโรงเรียนตชด.บ้านลำหิน ได้แก่ Cr Cu และ Ni พบว่าทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าความเข้มข้นของโลหะ Cr Cu และ Ni ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value = 0.281 0.663 และ 0.26 สำหรับช่วงความเชื่อมั่น 95 % ตามลำดับ พบว่าสำหรับโรงเรียนวัดเจติยาราม ได้แก่ As Cr Cu และ Ni พบว่าทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าความเข้มข้นของโลหะ As Cu และ Ni ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value = 0.281 0.751 และ 0.338 สำหรับช่วงความเชื่อมั่น 95 %ตามลำดับ และพบว่าทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าความเข้มข้นของโลหะ Cr แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value = 0.036 สำหรับช่วงความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งพบว่าซึ่งบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านลำหินมีความเข้มข้นของโลหะที่มากกว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม แต่มี

ความเข้มข้นฝุ่นในอากาศที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงทำให้ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ในหน่วย มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่ละบริเวณมีค่าไม่แตกต่างกันมาก จึงสันนิษฐานได้ว่าบริเวณโรงเรียนตชด. บ้านถ้ำหิน และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าความเข้มข้นของโลหะที่มนุษย์ได้รับใกล้เคียงกัน

สำหรับการเปรียบเทียบผลการศึกษาความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ในงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยกร (2549) ที่ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของ PM_{10} บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าธาตุ Fe มีค่าสัดส่วนในฝุ่นละอองมากที่สุด โดยองค์ประกอบดังกล่าวมีแนวโน้มที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทอุตสาหกรรม เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือกระบวนการผลิต ยานพาหนะ การเผาไหม้ขยะรวม การเผาไหม้ชีวมวล ฝุ่นดิน และฝุ่นถนน

งานวิจัยของสุภาวรรณ (2556) ที่วิเคราะห์โลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} โดยทำการเก็บตัวอย่างภายในอาคารบริเวณอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่าตรวจพบโลหะ จำนวน 4 ชนิดเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ Fe Cu Ag และ Mn ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.11 1.01 0.44 และ 0.31 ตามลำดับ และพบว่าในทุกเดือนเก็บตัวอย่าง Fe มีสัดส่วนสูงที่สุดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 90-95

งานวิจัยของ Kong *et al.* (2011) ที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน PM_{10} ในเมือง Fushun ประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่าที่พบในดินทั่วไปของประเทศจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Cu Zn Cd Hg และ Pb พบว่ามีค่าสูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ

งานวิจัยของ Olanrewaju *et al.* (2014) ที่ได้ทำการเก็บฝุ่นละอองบริเวณภายในอาคาร ในรัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย แหล่งที่มาของโลหะหนัก ซึ่งพบว่าแหล่งกำเนิดหลักเกิดมาจากการ ยานพาหนะ กิจกรรมอุตสาหกรรม การเผาไหม้ถ่านหิน

ยกเว้นงานวิจัยของ Lio *et al.* (2014) ที่เก็บฝุ่นถนนในเมือง Nanjing ประเทศจีน งานวิจัยของ Xinwei *et al.* (2014) ที่ได้ทำเก็บตัวอย่างฝุ่นถนน ในเมืองอุตสาหกรรม ประเทศจีน และงานวิจัยของ สุชาสินี (2553) ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง PM_{10} ในบริเวณสำนักงานใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งผลการวิจัยพบว่าตรวจพบว่า Pb มีค่าความเข้มข้นสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างอยู่ใกล้ถนน มีการจราจรที่คับคั่ง ทำให้ตรวจพบ Pb สูง ซึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ ภายในอาคารระหว่าง
งานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ

งานวิจัย	สถานที่	ชนิดโลหะที่ตรวจพบ (เรียงตามตัวอักษร)
งานวิจัยนี้	อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี	Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn
	อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี	Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn
กัลยกร (2549)	จังหวัดสมุทรปราการ	Ci Fe K Na Si S Zn
สุธาสิณี (2553)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร	Al As Ba Be Co Cr Cu Fe Mn Ni Pb Sb V และ Zn
สุภาวรรณ (2556)	จังหวัดเชียงใหม่	Ag Cu Fe และ Mn
Kong <i>et al.</i> (2011)	เมือง Fushun ประเทศจีน	Cu Zn Cd Hg และ Pb
Lio <i>et al.</i> (2014)	เมือง Nanjing ประเทศจีน	Al Ba Ca Cr Cu Fe Mn Ni Pb และ Zn
Olanrewaju <i>et al.</i> (2014)	รัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย	Al As Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb และ Zn
Xinwei <i>et al.</i> (2014)	เมืองอุตสาหกรรม ประเทศจีน	As Co Cr Cu Mn Ni Pb V และ Zn

4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะใน PM₁₀
ภายในอาคารด้วยเส้นทางการหายใจในผู้ใหญ่และเด็กซึ่งทำตามวิธีของ US-EPA (1989) และจากรายงานของ US-EPA (2008) พบว่าโลหะที่ก่อให้เกิดมะเร็งประกอบด้วย As Cd Cr Hg Ni และ Pb ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัสโลหะใน PM₁₀ มาประเมินความเสี่ยง

สำหรับโรงเรียน ตชดบ้านถ้ำหิน ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กแสดงดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.5 ซึ่งพบว่าผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ $6.71E-04$ และ $5.54E-04$ ตามลำดับ ลำดับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของโลหะเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ Cr Ni และ Cd โดยมีค่าความเสี่ยงสำหรับผู้ใหญ่เท่ากับ $5.39E-04$ $1.17E-04$ และ $8.26E-06$ ตามลำดับ และสำหรับเด็กเท่ากับ $4.45E-04$ $9.68E-05$ และ $6.83E-06$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของผู้ใหญ่และเด็กจากการรับสัมผัสโลหะ Cr รวมทั้งความเสี่ยงรวมมีค่าสูงกว่า $1E-04$ ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

สำหรับบริเวณโรงเรียนเจติยาราม ค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กแสดงดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.5 ซึ่งพบว่าผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งในการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ $6.65E-04$ และ $5.54E-04$ ตามลำดับ และเมื่อเรียงลำดับค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากโลหะจากมากไปน้อยได้ดังนี้ Cr Ni Cd As และ Pb ซึ่งมีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่เท่ากับ $5.50E-04$ $8.15E-05$ $2.66E-05$ $5.59E-06$ และ $4.32E-07$ ตามลำดับ และสำหรับเด็กเท่ากับ $4.55E-04$ $6.74E-05$ $2.20E-05$ $4.62E-06$ และ $3.58E-07$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของผู้ใหญ่และเด็กจากการรับสัมผัสโลหะ Cr รวมทั้งความเสี่ยงรวมมีค่าสูงกว่า $1E-04$ ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

ตารางที่ 4.8 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจ ภายในอาคาร บริเวณ
โรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย /วัน)		SF (กิโลกรัมน้ำหนัก ร่างกาย /วันต่อมิลลิกรัม)	ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
Cd	ค่าต่ำสุด	-	-	-	6.30	-	-
	ค่าสูงสุด	3.47E-05	1.26E-05	1.04E-05		7.92E-05	6.55E-05
	ค่าเฉลี่ย	3.62E-06	1.31E-06	1.08E-06		8.26E-06	6.83E-06
Cr	ค่าต่ำสุด	-	-	-	4.20E+01	-	-
	ค่าสูงสุด	7.54E-05	2.73E-05	2.26E-05		1.15E-03	9.49E-04
	ค่าเฉลี่ย	3.54E-05	1.28E-05	1.06E-05		5.39E-04	4.45E-04
Ni	ค่าต่ำสุด	-	-	-	8.40E-01	-	-
	ค่าสูงสุด	2.29E-03	8.30E-04	6.87E-04		6.98E-04	5.77E-04
	ค่าเฉลี่ย	3.85E-04	1.39E-04	1.15E-04		1.17E-04	9.68E-05
ความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งของโลหะทุกชนิด*						6.71E-04	5.54E-04

หมายเหตุ สำหรับโลหะชนิด As Hg และ Pb ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากมีความเข้มข้นต่ำกว่า
ค่า detection limit ของเครื่องมือ

- หมายถึง ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่า
ค่า detection limit ของเครื่องมือ

* คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัส

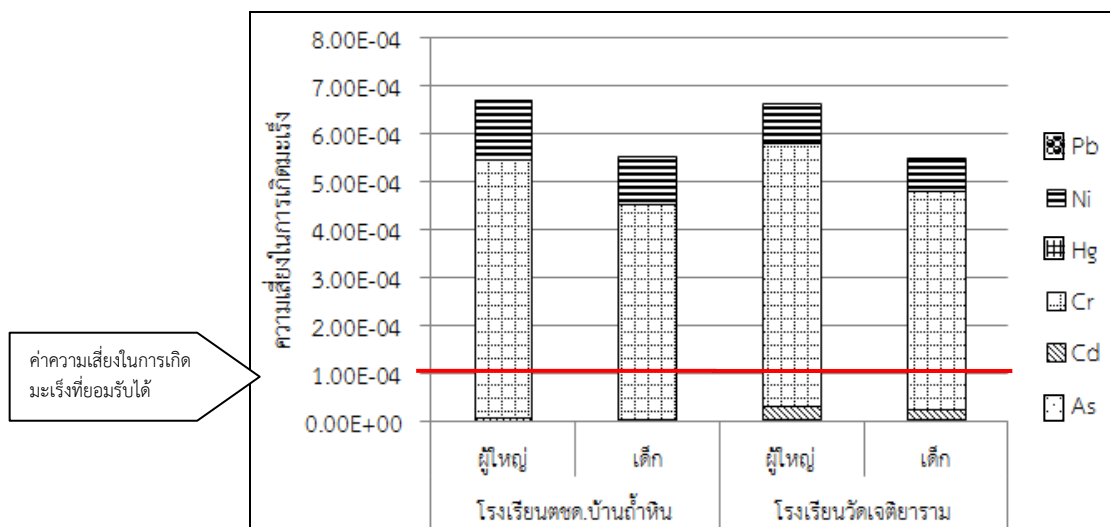
ตารางที่ 4.9 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งโดยเส้นทางการหายใจภายในอาคาร
บริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)		SF (กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วันต่อมิลลิกรัม)	ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
As	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.5	-	-
	ค่าสูงสุด	2.06E-04	7.45E-05	6.16E-05		1.12E-04	9.24E-05
	ค่าเฉลี่ย	1.03E-05	3.73E-06	3.08E-06		5.59E-06	4.62E-06
Cd	ค่าต่ำสุด	-	-	-	6.30	-	-
	ค่าสูงสุด	7.91E-05	2.87E-05	2.37E-05		1.81E-04	1.49E-04
	ค่าเฉลี่ย	1.17E-05	4.23E-06	3.50E-06		2.66E-05	2.20E-05
Cr	ค่าต่ำสุด	-	-	-	4.20E+01	-	-
	ค่าสูงสุด	1.42E-04	5.13E-05	4.24E-05		2.15E-03	1.78E-03
	ค่าเฉลี่ย	3.62E-05	1.31E-05	1.08E-05		5.50E-04	4.55E-04
Ni	ค่าต่ำสุด	1.02E-04	3.69E-05	3.05E-05	8.40E-01	3.10E-05	2.57E-05
	ค่าสูงสุด	7.19E-04	2.61E-04	2.15E-04		2.19E-04	1.81E-04
	ค่าเฉลี่ย	2.68E-04	9.71E-05	8.03E-05		8.15E-05	6.74E-05
Pb	ค่าต่ำสุด	-	-	-	4.20E-02	-	-
	ค่าสูงสุด	5.68E-04	2.06E-04	1.70E-04		8.65E-06	7.15E-06
	ค่าเฉลี่ย	2.84E-05	1.03E-05	8.51E-06		4.32E-07	3.58E-07
ความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งของโลหะทุกชนิด*						6.65E-04	5.49E-04

หมายเหตุ สำหรับโลหะ Hg ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากมีความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือ

- หมายถึง ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือ

* คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัส



รูปที่ 4.5 ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะใน PM₁₀ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี

4.3.2 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของการรับสัมผัสโลหะใน PM₁₀ ภายในอาคารด้วยเส้นทางการหายใจในผู้ใหญ่และเด็กตามวิธีของ US-EPA (1989) และจากรายงานของ US-EPA (2008) พบว่าโลหะที่ก่อให้เกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ประกอบด้วย Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Sb Zn V ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำค่าต่ำสุดค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัสโลหะใน PM₁₀ มาประเมินความเสี่ยง

สำหรับโรงเรียน ตชด บ้านถ้ำหิน ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กแสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.6 ซึ่งพบว่าผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 0.689 และ 0.570 ตามลำดับ ลำดับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของโลหะสูงสุด 3 ลำดับแรกเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้แก่ Mn Al และ Mg โดยมีค่าความเสี่ยงสำหรับผู้ใหญ่ เท่ากับ 0.376 0.307 และ 0.00226 และสำหรับเด็กเท่ากับ 0.311 0.254 และ 0.00261 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของผู้ใหญ่และเด็กจากการรับสัมผัสโลหะแต่ละชนิดรวมทั้งความเสี่ยงรวมทุกค่าต่ำกว่า 1 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

สำหรับบริเวณโรงเรียนเจติยาราม ค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กแสดงดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.6 ซึ่งพบว่าผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 0.817 และ 0.675 ตามลำดับ ลำดับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของ

โลหะสูงสุด 3 ลำดับแรกเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้แก่ Mn Al และ Mg โดยมีค่าความเสี่ยง สำหรับผู้ใหญ่เท่ากับ 0.422 0.214 และ 0.00261 ตามลำดับ และสำหรับเด็กเท่ากับ 0.349 0.177 และ 0.00216 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของผู้ใหญ่ และเด็กจากการรับสัมผัสโลหะแต่ละชนิดรวมทั้งความเสี่ยงรวมทุกค่าต่ำกว่า 1 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

ตารางที่ 4.10 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการหายใจ ภายในอาคารบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)		R _{YC} (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักร่างกาย .วัน)	ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
Al	ค่าต่ำสุด	3.60E-04	1.31E-04	1.08E-04	1.43E-03	9.13E-02	7.55E-02
	ค่าสูงสุด	4.34E-03	1.57E-03	1.30E-03		1.10E+00	9.08E-01
	ค่าเฉลี่ย	1.21E-03	4.39E-04	3.63E-04		3.07E-01	2.54E-01
Cd	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.00E-03	-	-
	ค่าสูงสุด	3.47E-05	1.26E-05	1.04E-05		1.26E-02	1.04E-02
	ค่าเฉลี่ย	3.62E-06	1.31E-06	1.08E-06		1.31E-03	1.08E-03
Cr	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.50	-	-
	ค่าสูงสุด	7.54E-05	2.73E-05	2.26E-05		1.82E-05	1.51E-05
	ค่าเฉลี่ย	3.54E-05	1.28E-05	1.06E-05		8.55E-06	7.07E-06
Cu	ค่าต่ำสุด	-	-	-	4.00E-02	-	-
	ค่าสูงสุด	1.06E-04	3.84E-05	3.18E-05		9.60E-04	7.94E-04
	ค่าเฉลี่ย	3.54E-05	1.28E-05	1.06E-05		3.21E-04	2.65E-04

ตารางที่ 4.10 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการหายใจ
ภายในอาคารบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน (ต่อ)

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)		R _{1C} (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักร่างกาย .วัน)	ความเสี่ยงในการเกิด อันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
Fe	ค่าต่ำสุด	8.92E-04	3.23E-04	2.67E-04	7.00E-01	4.61E-04	3.81E-04
	ค่าสูงสุด	8.22E-03	2.98E-03	2.46E-03		4.25E-03	3.52E-03
	ค่าเฉลี่ย	1.94E-03	7.04E-04	5.82E-04		1.01E-03	8.32E-04
Mg	ค่าต่ำสุด	5.02E-04	1.82E-04	1.50E-04	1.40E-01	1.30E-03	1.07E-03
	ค่าสูงสุด	1.53E-03	5.53E-04	4.57E-04		3.95E-03	3.26E-03
	ค่าเฉลี่ย	8.73E-04	3.16E-04	2.61E-04		2.26E-03	1.87E-03
Mn	ค่าต่ำสุด	-	-	-	5.00E-05	-	-
	ค่าสูงสุด	1.36E-04	4.94E-05	4.09E-05		9.88E-01	8.17E-01
	ค่าเฉลี่ย	5.20E-05	1.88E-05	1.56E-05		3.76E-01	3.11E-01
Zn	ค่าต่ำสุด	4.58E-04	1.66E-04	1.37E-04	3.00E-01	5.53E-04	4.57E-04
	ค่าสูงสุด	1.68E-03	6.10E-04	5.04E-04		2.03E-03	1.68E-03
	ค่าเฉลี่ย	8.71E-04	3.16E-04	2.61E-04		1.05E-03	8.69E-04
ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของโลหะทุกชนิด*						0.689	0.570

หมายเหตุ สำหรับโลหะประกอบด้วย As Co Hg Sb และ V ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจาก
มีความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือ

สำหรับโลหะ Ni และ Pb ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากไม่สามารถหาค่า R_{1C}
ของโลหะได้

- หมายถึง ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่า
ค่า detection limit ของเครื่องมือ

* คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัส

ตารางที่ 4.11 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการหายใจ
ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม

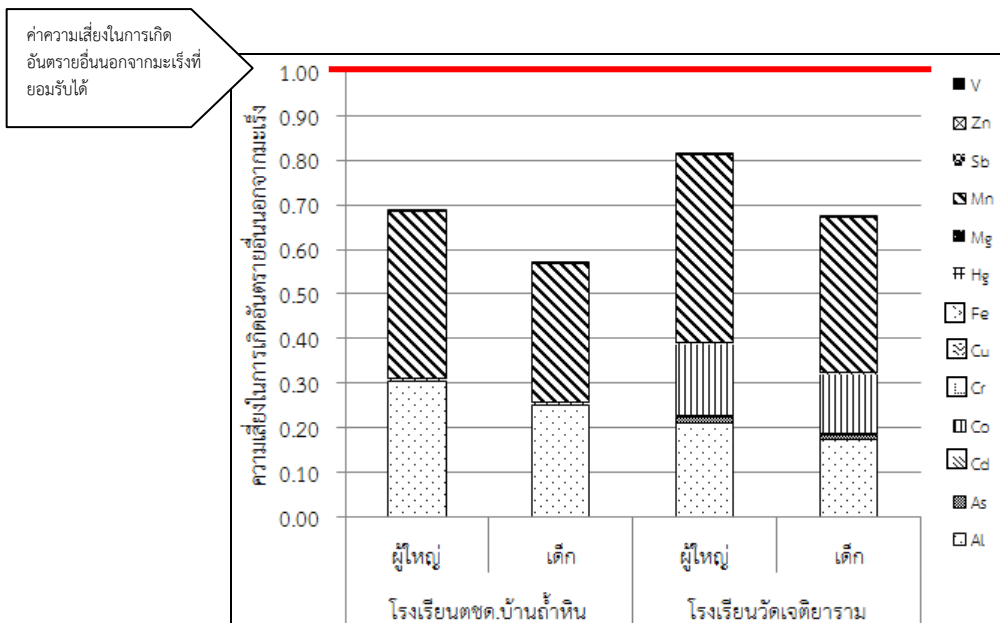
ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)		R _{1C} (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)	ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
Al	ค่าต่ำสุด	1.96E-04	7.08E-05	5.85E-05	1.43E-03	4.95E-02	4.09E-02
	ค่าสูงสุด	3.25E-03	1.18E-03	9.72E-04		8.22E-01	6.80E-01
	ค่าเฉลี่ย	8.44E-04	3.06E-04	2.53E-04		2.14E-01	1.77E-01
As	ค่าต่ำสุด	-	-	-	3.00E-04	-	-
	ค่าสูงสุด	2.06E-04	7.45E-05	6.16E-05		2.48E-01	2.05E-01
	ค่าเฉลี่ย	1.03E-05	3.73E-06	3.08E-06		1.24E-02	1.03E-02
Cd	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.00E-03	-	-
	ค่าสูงสุด	7.91E-05	2.87E-05	2.37E-05		2.87E-02	2.37E-02
	ค่าเฉลี่ย	1.17E-05	4.23E-06	3.50E-06		4.23E-03	3.50E-03
Co	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.17E-06	-	-
	ค่าสูงสุด	1.03E-05	3.72E-06	3.07E-06		3.18E+00	2.63E+00
	ค่าเฉลี่ย	5.13E-07	1.86E-07	1.54E-07		1.59E-01	1.31E-01
Cr	ค่าต่ำสุด	-	-	-	1.50	-	-
	ค่าสูงสุด	1.42E-04	5.13E-05	4.24E-05		3.42E-05	2.83E-05
	ค่าเฉลี่ย	3.62E-05	1.31E-05	1.08E-05		8.74E-06	7.22E-06
Cu	ค่าต่ำสุด	-	-	-	4.00E-02	-	-
	ค่าสูงสุด	1.29E-04	4.67E-05	3.86E-05		1.17E-03	9.65E-04
	ค่าเฉลี่ย	2.75E-05	9.96E-06	8.24E-06		2.49E-04	2.06E-04
Fe	ค่าต่ำสุด	7.62E-04	2.76E-04	2.28E-04	7.00E-01	3.94E-04	3.26E-04
	ค่าสูงสุด	1.01E-02	3.66E-03	3.03E-03		5.23E-03	4.33E-03
	ค่าเฉลี่ย	2.28E-03	8.25E-04	6.82E-04		1.18E-03	9.75E-04

ตารางที่ 4.11 การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยเส้นทางการหายใจ
ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม (ต่อ)

ชนิดโลหะ	ความเข้มข้น (mg/m ³)		ค่าการรับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)		R _C (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย .วัน)	ความเสี่ยงในการก่ออันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง	
			ผู้ใหญ่	เด็ก		ผู้ใหญ่	เด็ก
Mg	ค่าต่ำสุด	4.63E-04	1.68E-04	1.39E-04	1.40E-01	1.20E-03	9.91E-04
	ค่าสูงสุด	3.12E-03	1.13E-03	9.34E-04		8.06E-03	6.67E-03
	ค่าเฉลี่ย	1.01E-03	3.65E-04	3.02E-04		2.61E-03	2.16E-03
Mn	ค่าต่ำสุด	-	-	-	5.00E-05	-	-
	ค่าสูงสุด	3.04E-04	1.10E-04	9.11E-05		2.20E+00	1.82E+00
	ค่าเฉลี่ย	5.82E-05	2.11E-05	1.74E-05		4.22E-01	3.49E-01
Zn	ค่าต่ำสุด	4.03E-04	1.46E-04	1.21E-04	3.00E-01	4.86E-04	4.02E-04
	ค่าสูงสุด	6.94E-03	2.51E-03	2.08E-03		8.38E-03	6.93E-03
	ค่าเฉลี่ย	1.26E-03	4.57E-04	3.78E-04		1.52E-03	1.26E-03
ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของโลหะทุกชนิด*						0.817	0.675

หมายเหตุ สำหรับโลหะประกอบด้วย Hg Sb และ V ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากมีความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือ
สำหรับโลหะ Ni และ Pb ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากไม่สามารถหาค่า R_C ของโลหะได้
- หมายถึง ไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือ

* คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการรับสัมผัส



รูปที่ 4.6 ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการสัมผัสโลหะใน PM_{10} ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม จังหวัดราชบุรี

4.3.3 การเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพ จากการสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน บริเวณภายในอาคาร ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง ในผู้ใหญ่และเด็ก ด้วยเส้นทางการหายใจ ระหว่าง 2 พื้นที่ คือ บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน (พื้นที่ชนบท) และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม (พื้นที่ชุมชน) และเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.3.1 การเปรียบเทียบความเสี่ยงในการก่อมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน บริเวณภายในอาคาร ในผู้ใหญ่และเด็ก ด้วยเส้นทางการหายใจ บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน (พื้นที่ชนบท) และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม (พื้นที่ชุมชน) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.8 4.9 และรูปที่ 4.5 พบว่าบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามมีโลหะที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในเด็กและผู้ใหญ่ที่แตกต่างกัน สำหรับโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน ได้แก่ Cr Ni และ Cd และสำหรับโรงเรียนวัดเจติยาราม ได้แก่ Cr Ni Cd As และ Pb ซึ่งเมื่อพิจารณาการสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนของทั้ง 2 บริเวณจะพบว่า Cr มีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งสูงสุด และไม่สามารถยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989) เนื่องจาก Cr มีค่า Slope factor ($4.20E+01$) สูงกว่า Slope factor ของโลหะชนิดอื่นๆ โดยทั้งนี้จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 บริเวณ เด็กมีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่ำกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากช่วงเวลาสัมผัส (ED) และน้ำหนักตัว (BW) ของเด็กนั้นมีค่าต่ำกว่าผู้ใหญ่

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันจะพบว่า ค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กของทั้ง 2 พื้นที่ คือ บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม มีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งไม่แตกต่างกัน คือ เด็กมีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่ำกว่าผู้ใหญ่ และเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

สำหรับการเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Olujimi *et.al.* (2014) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของเด็กและผู้ใหญ่ จากการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละออง ได้แก่ Cd Cr Pb As Ni และ Hg ภายในอาคารเรียนและบ้านเรือนในรัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย ด้วยเส้นทางการกิน เส้นทางการสัมผัสและเส้นทางการหายใจ ผลการประเมินพบว่ามีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของ Cr ซึ่งคำนวณจากผลรวมค่าเฉลี่ยในทุกเส้นทางการสัมผัส ของเด็กและผู้ใหญ่ มีค่าเท่ากับ $3.10E-03$ และ $1.30E-01$ ตามลำดับ และไม่สามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989)

งานวิจัยของ Luo *et.al.* (2012) ซึ่งได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของเด็กและผู้ใหญ่จากการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ Cd Cr Ni และ Pb ในดินในสวนสาธารณะ 14 แห่ง ในเมือง Xiamen ประเทศจีน ด้วยเส้นทางการกิน เส้นทางการสัมผัส และเส้นทางการหายใจ ผลการประเมินพบว่าค่าความเสี่ยงรวม (คำนวณจากในทุกเส้นทางการสัมผัส) ในการเกิดมะเร็ง มีค่าอยู่ในช่วง $5.03E-06$ – $2.69E-05$ ซึ่งเกิดจาก Cr และ Pb ร้อยละ 93.8 และ 6.19 ตามลำดับ โดยมีการรับสัมผัสเส้นทางผิวหนัง และเส้นทางการกิน ร้อยละ 68.89 และ 30.4 ตามลำดับ และไม่สามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989)

งานวิจัยของ Gursumeeran *et al.* (2014) ที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรในประเทศอินเดีย เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และฝุ่นละอองที่หายใจ PM_{10} ในอาคารในเมือง Pune ประเทศอินเดีย ผลการศึกษาพบว่า Ni มีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งสูงที่สุด

แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xinwei *et al.* (2014) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในเด็กและผู้ใหญ่จากการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ As Cr Co Ni และ Pb ในฝุ่นถนน ในเมืองอุตสาหกรรม ประเทศจีน ด้วยเส้นทางการหายใจ เส้นทางการกิน และเส้นทางการสัมผัสด้วยผิวหนัง ผลการศึกษาพบว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรผู้ใหญ่ และประชากรเด็กในการเกิดมะเร็งของ As Co Cr และ Ni อยู่ในช่วงยอมรับได้ และงานวิจัยของ สุธาสนี (2553) ซึ่งทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของผู้ใหญ่ที่รับสัมผัสโลหะ ได้แก่ Cr Co Ni As และ Pb ในฝุ่นละออง ด้วยเส้นทางการหายใจ บริเวณสำนัก งาน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประเทศไทย พบว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง มีสูงสุดเท่ากับ $4.21E-06$ ซึ่งสามารถยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989) ทั้งนี้เนื่องจากการ ประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของงานวิจัยนี้มีค่าความเข้มข้นโลหะที่พบสูงกว่าและใช้ระยะเวลา ในการเก็บตัวอย่าง (24 ชั่วโมง) นานกว่างานวิจัยของ Xinwei *et al.* (2014) และงานวิจัยของ สุธาสนี (2553) (8 ชั่วโมง) จึงทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

4.3.3.2 การเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจากการ รับสัมผัสโลหะในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน บริเวณภายในอาคาร ในผู้ใหญ่และเด็ก ด้วยเส้นทางการหายใจ บริเวณโรงเรียนตชด. บ้านถ้ำหิน (พื้นที่ชนบท) และบริเวณโรงเรียน วัดเจติยาราม (พื้นที่ชุมชน) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.10 4.11 และรูปที่ 4.6 พบว่าบริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม มีโลหะที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดอันตราย อื่นนอกจากมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็ก 3 อันดับแรกเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ Mn Al และ Mg ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งจะพบว่า Mn มีค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสูงที่สุด (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) เนื่องจาก Mn มีค่า R_fC ต่ำกว่าค่า R_fC ของโลหะชนิดอื่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5.00E-05$ จึงทำให้ความเสี่ยงในการเกิด อันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าสูงกว่าตามไปด้วย โดยทั้งนี้ เมื่อพิจารณาตามลักษณะพื้นที่ที่แตกต่าง กันจะพบว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในผู้ใหญ่และเด็กของทั้ง 2 พื้นที่ คือ บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม มีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งไม่แตกต่างกัน คือ เด็กมีค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่ำกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่น นอกจากมะเร็งของทั้ง 2 บริเวณสามารถยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

สำหรับการเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการรับสัมผัสโลหะ ชนิดต่างๆ ใน PM_{10} ด้วยเส้นทางการหายใจในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Olujimi *et al.* (2014) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงในการ เกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของเด็กและผู้ใหญ่ จากการรับสัมผัสโลหะในฝุ่นละออง (Cd Cr Pb As Ni Al Mn Co Cu Zn Hg และ Fe) ภายในอาคารเรียนและบ้านเรือนในรัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย งานวิจัยของ Lio *et al.* (2014) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Non-carcinogenic) จากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ (Ba Cr Cu Fe Mn Ni Pb และ Zn) ในฝุ่น ถนนในเมือง Nanjing ประเทศจีน งานวิจัยของ Xinwei *et al.* (2014) ที่ได้ทำการประเมินความ เสี่ยงในเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในเด็กและผู้ใหญ่จากการรับสัมผัสโลหะหนัก (As Co Cr Cu Mn Ni Pb V และ Zn) ในฝุ่นถนน ในเมืองอุตสาหกรรม ประเทศจีน ซึ่งทำการประเมินความ

เสี่ยงจากการได้รับสัมผัสด้วยเส้นทางการหายใจ เส้นทางการกิน และเส้นทางการสัมผัสด้วยผิวหนัง ผลการประเมินพบว่ามีค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989) และพบว่าเส้นทางการกินเป็นเส้นทางที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากค่า R_fC ของการสัมผัสในทางกินของโลหะชนิดต่างๆ มีค่าสูง และงานวิจัยของ สุธาสิณี (2553) ซึ่งทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของผู้ใหญ่ที่สัมผัสโลหะในฝุ่นละออง ด้วยเส้นทางการหายใจ บริเวณสำนักมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประเทศไทย ผลการประเมินพบว่ามีค่าความเสี่ยงในการก่อให้เกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีสูงสุดเท่ากับ 0.37 ผลการประเมินพบว่ามีค่าความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งสามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989) ยกเว้นงานวิจัยของ Luo *et al* (2013) ซึ่งได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของเด็กและผู้ใหญ่จากการปนเปื้อนโลหะหนัก (Cd Co Cr Mn Ni Pb และ Zn) ในดินในสวนสาธารณะในเมือง Xiamen ประเทศจีน จากการได้รับทางการหายใจ ทางเดินอาหาร และทางผิวหนัง ผลการประเมินพบว่ามีค่าความเสี่ยงรวม (คำนวณจากในทุกเส้นทางที่สัมผัส) ในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีอยู่ในช่วง 0.19 - 1.24 ซึ่งมีค่าความเสี่ยงเกินกว่า 1 จึงไม่สามารถยอมรับได้แนวทางของ US-EPA (1989) และงานวิจัยของสุภาวรรณ (2556) ที่ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรในจังหวัดเชียงใหม่ จากการสัมผัส PM₁₀ และโลหะใน PM₁₀ (Mn Ag Cu Fe Cd Cr Ni และ Pb) บริเวณภายในอาคารบริเวณอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่าความเสี่ยงในการสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ใน PM₁₀ อยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ โดยพบว่าในช่วงอายุ 1-2 ปี เพศหญิง มีค่าความเสี่ยงสูงที่สุดเท่ากับ 18.51



ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ

งานวิจัย	สถานที่	แหล่งที่มา ของ PM ₁₀	โลหะ	เส้นทางการ รับสัมผัส	ช่วงความเสี่ยง ในการเกิดมะเร็ง	ช่วงความเสี่ยงในการเกิดอันตราย อื่นนอกจากมะเร็ง
งานวิจัยนี้	อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี	ในอากาศ	Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni Pb และ Zn	การหายใจ	5.49E-04 - 6.65E-04	0.675- 0.817
	อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี		5.54E-04 - 6.71E-04		0.570-0.689	
Olujimi <i>et.al.</i> (2014)	รัฐ Ogun ประเทศไนจีเรีย	ในอากาศ	Cd Cr Pb As Ni Al Mn Co Cu Zn Hg และ Fe	การหายใจ การกิน และการรับสัมผัส ด้วยผิวหนัง	3.10E-03 - 1.30E-01	0.0207-0.371
Lio <i>et al.</i> (2014)	เมือง Nanjing ประเทศจีน	ในอากาศ	Ba Cr Cu Fe Mn Ni Pb และ Zn	การหายใจ การกิน และการรับสัมผัส ด้วยผิวหนัง	-	0.28 - 0.69
Luo <i>et al.</i> (2012)	เมือง Xiamen ประเทศจีน	ฝุ่นดิน	Cd Co Cr Mn Ni Pb และ Zn	การหายใจ การกิน และการรับสัมผัส ด้วยผิวหนัง	5.03E-06 - 2.69E-05	0.19 - 1.24
Gursumeeran <i>et al.</i> (2014)	ประเทศอินเดีย	ในอากาศ	Ni	การหายใจ	สามารถทำให้เกิดมะเร็ง ปอดได้	-

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยต่างๆ (ต่อ)

งานวิจัย	สถานที่	แหล่งที่มา ของ PM ₁₀	โลหะ	เส้นทางการ รับสัมผัส	ช่วงความเสี่ยง ในการเกิดมะเร็ง	ช่วงความเสี่ยงในการเกิดอันตราย อื่นนอกจากมะเร็ง
Xinwei <i>et al.</i> (2014)	เมือง อุตสาหกรรม ประเทศจีน	ฝุ่นถนน	As Co Cr Cu Mn Ni Pb V และ Zn)	การหายใจ การกิน และการรับสัมผัส ด้วยผิวหนัง	2.70E-10 – 6.01E-08	0.0138 - 0.396
สุธาสินี (2553)	มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน ประเทศไทย	ในอากาศ	Cr Co Ni As และ Pb	การหายใจ	2.26E-06 - 4.21E-06	0.24 - 0.37
สุภาวรรณ (2556)	จังหวัดเชียงใหม่	ในอากาศ	Mn Ag Cu Fe Cd Cr Ni และ Pb	การหายใจ	-	0.009-18.51



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของประชากรในจังหวัดราชบุรี เนื่องจากการรับสัมผัสโลหะชนิดต่างๆ ในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในอาคารด้วยเส้นทางการหายใจ ตามวิธีการของ US-EPA (1989) โดยได้ทำการเก็บตัวอย่าง PM_{10} เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ โรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน อำเภอสวนผึ้ง ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบท และโรงเรียนวัดเจติยาราม อำเภอเมือง ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่รับสัมผัสฝุ่นจากอุตสาหกรรม และการจราจร (พื้นที่ชุมชน) ระหว่างวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และนำ PM_{10} มาตรวจวัดโลหะ 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb Zn และ V สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 ความเข้มข้นของ PM_{10} ภายในอาคาร

ภายในอาคารบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินพบว่ามีความเข้มข้นของ PM_{10} ในฤดูฝนและฤดูแล้งเฉลี่ยเท่ากับ 20.24 และ 27.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และโรงเรียนวัดเจติยารามมีค่าความเข้มข้นของ PM_{10} ในฤดูฝนและฤดูแล้งเฉลี่ยเท่ากับ 41.67 และ 42.22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของหน่วยงาน USA (ASHRAE) ที่กำหนดค่ามาตรฐาน PM_{10} ภายในอาคาร 24 ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 150 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานส่วนค่ามาตรฐาน PM_{10} ภายในอาคาร 24 ชั่วโมง

สำหรับในฤดูฝนและฤดูแล้ง ความเข้มข้นของ PM_{10} บริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชุมชน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างความเข้มข้นของ PM_{10} ในแต่ละฤดูกาล ผลการวิจัยพบว่าใน 2 บริเวณมีค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (P -value=0.025) และพบว่าทั้ง 2 บริเวณ ความเข้มข้นของ PM_{10} ใน 2 ฤดูกาลมีค่าไม่แตกต่างกันโดย P -value ของบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินเท่ากับ 0.096 และสำหรับบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามเท่ากับ 0.511 ตามลำดับ สำหรับช่วงความเชื่อมั่น 95%

5.2 ความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10}

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} บริเวณภายในอาคารโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และโรงเรียนวัดเจติยาราม ทั้งหมด 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb Zn และ V พบว่าบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งมี

การตรวจพบโลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิด ได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ โดยพบว่า Fe เป็นโลหะที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุด (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) ซึ่งมีค่าความเข้มข้นในฤดูฝนและฤดูแล้งเท่ากับ 214,738.48 และ 507,762.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น ตามลำดับ ซึ่งโลหะที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะเป็นโลหะที่พบในดินธรรมชาติ

สำหรับโรงเรียนวัดเจติยาราม ในฤดูฝนพบว่าการตรวจพบโลหะ 11 ชนิดได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 4 ชนิด ได้แก่ Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ และในฤดูแล้งมีการตรวจพบโลหะ โลหะ 9 ชนิดได้แก่ Al Cd Cr Cu Fe Mg Mn Ni และ Zn ส่วนโลหะอีก 6 ชนิด ได้แก่ As Co Hg Pb Sb และ V ตรวจไม่พบ ซึ่งพบว่าในฤดูฝน Zn เป็นโลหะที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุด (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) ขณะที่ในฤดูแล้ง Fe เป็นโลหะที่มีค่าความเข้มข้นสูงสุด (คำนวณจากค่าเฉลี่ย) ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 131,483.69 และ 200,095.27 มิลลิกรัม/กิโลกรัมฝุ่น ตามลำดับ โดยโลหะที่พบส่วนใหญ่เกิดจากหลายแหล่งกำเนิด เช่น อุตสาหกรรมการแปรรูปหินปูน การจราจร และฝุ่นดิน เป็นต้น

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ ใน PM_{10} บริเวณโรงเรียน ตชด.บ้านถ้ำหินมีค่าสูงกว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม แต่ความเข้มข้นของ PM_{10} ในอากาศต่ำกว่า จึงสันนิษฐานได้ว่าผู้อยู่อาศัยทั้ง 2 บริเวณมีการได้รับสัมผัสโลหะใน PM_{10} ใกล้เคียงกัน

5.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของโลหะชนิดต่างๆ มาประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพด้วยเส้นทางการหายใจของเด็กและผู้ใหญ่ตามวิธีของ US-EPA (1989) พบว่าที่บริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม ผู้ใหญ่และเด็กมีความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งในการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ $6.65E-04$ และ $5.54E-04$ ตามลำดับ และโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหินผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดมะเร็งในการจากรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ $6.71E-04$ และ $5.54E-04$ ตามลำดับ โดยพบว่าค่าความเสี่ยงของการรับสัมผัส Cr มีค่าสูงสุด

ความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งพบว่าผู้ใหญ่มีความเสี่ยงสูงกว่าเด็ก โดยบริเวณโรงเรียนวัดเจติยาราม มีค่าความเสี่ยงที่สูงกว่าบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน และพบว่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของทั้ง 2 บริเวณมีค่าสูงกว่า $1E-04$ ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

สำหรับความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง บริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามพบว่าผู้ใหญ่และเด็กมีความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในการรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 0.817 และ 0.675 ตามลำดับ และบริเวณโรงเรียนตชด.บ้านถ้ำหิน

ผู้ใหญ่และเด็กมีค่าความเสี่ยงรวมในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งในการจากรับสัมผัสโลหะทุกชนิด (เมื่อคำนวณจากค่าเฉลี่ย) เท่ากับ 0.689 และ 0.570 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งของผู้ใหญ่และเด็กจากการรับสัมผัสโลหะของทั้ง 2 บริเวณ พบว่ามีค่าต่ำกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ US-EPA (1989)

5.4 แนวทางการจัดการความเสี่ยง

จากการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชากรทั้งเด็กและผู้ใหญ่ในบริเวณพื้นที่ชนบท และพื้นที่ชุมชน พบว่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งของประชากรใน 2 บริเวณมีค่าความเสี่ยงสูงกว่าที่ US-EPA (1989) กำหนด และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งมีค่าสูง แม้จะไม่เกินค่าความเสี่ยงที่ US-EPA (1989) กำหนด ดังนั้นผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.4.1 ในการนำดินจากพื้นที่อื่นมาถมที่ควรใช้เฉพาะ ดินที่ตรวจสอบแล้วว่า ไม่มีโลหะหรือแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ไม่ควรใช้ดินที่มีโลหะปนเปื้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดิน จากเหมืองแร่เก่า ทั้งนี้เพื่อป้องกัน การรับสัมผัสสารอันตรายในฝุ่นละอองของประชาชน แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องนำดิน เหล่านี้มาถมปรับสภาพพื้นที่ ควรมามีวิธีการจัดการโดยปลูกพืชเพื่อบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกใช้พืชไฮเปอร์แอคคิวมิวเลเตอร์หลายชนิดเป็นพวกวัชพืชที่มีอายุ 1 – 2 ปี รวมทั้งอาจเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เช่น หลู่ผู่ แฝก รูปฤาษี ต้น *Thlaspi rotundifolium* ต้น *Alyssum wulferianum* ต้น *Thlaspi caerulescens* และต้น *Festuca ovina* เป็นต้น เพราะพืชเหล่านี้สามารถดูดโลหะไปสะสมไว้ในใบ ลำต้น หรือ ราก และสามารถนำมาย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ โดยเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย (มาลียา, 2553)

5.4.2 ควรมีการปลูกต้นไม้ที่เติบโตได้ดีและเหมาะสมกับระบบนิเวศในท้องถิ่นไว้โดยรอบที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะต้นไม้ที่มีใบกว้าง เช่น ต้นโมก ต้นกล้วย ต้นมะม่วง ต้นไทร ต้นหมาก เป็นต้น รวมทั้งทำความสะอาดที่พักอาศัย และ จัดการการระบายอากาศให้ประสิทธิภาพด้วย (สำนักบริหาร และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2553)

5.5 ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มเติมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม และมีการสำรวจข้อมูลประชากรในพื้นที่ศึกษา เช่น อายุ น้ำหนัก ข้อมูลการเกิดโรค เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพด้วย

รายการอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. **แหล่งทรัพยากรในจังหวัดราชบุรี**.กรมทรัพยากรธรณีกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2557. **บัญชีประเภทโรงงานอุตสาหกรรม**. สืบค้นวันที่ 22 กันยายน, จาก http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/data/factype.asp
- กลุ่มงานสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานจังหวัดราชบุรี. 2557. **ข้อมูลจังหวัดราชบุรี**. สำนักงานจังหวัดราชบุรี, ราชบุรี
- การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. 2557. **แผนที่จังหวัดราชบุรี**. สืบค้นวันที่ 20 พฤศจิกายน, จาก <http://thai.tourismthailand.org/ข้อมูลจังหวัด/ราชบุรี/แผนที่>
- จรรยา บริวิษยวิสุทธิ. 2552. **การประเมินความเสี่ยงของการได้รับสารไตรฮาลอมีเทนจากสระว่ายน้ำน้ำที่มีการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ศิลปากร
- ฐิตียา แซ่ป้ง. 2551. **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ดิเรกฤทธิ บัวเวช และรัฐพล อ้นแจ้ง. 2542. **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อมของบรรยากาศชุดที่ 1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร**
- นัทธีรา สรรมณี. 2551. **เคมีสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2 .คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม
- นัทธีรา สรรมณี. 2555. **โลหะหนักในแหล่งน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทจรัสสินทวงศ์การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ
- พงษ์เทพ วิวัชรณะเดช. 2547. **การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment)**. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- มลิวรรณ บุญเสนอ. 2544. **พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม
- วนิดา จินศาสตร์. 2551. **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

- สมพงษ์ เลิศพุดิพิศุทธิ์. 2547. การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน
บริเวณสถานีรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร. มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุชาติ กียรติวัฒน์เจริญ. 2555. **มลพิษทางอากาศ.** คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
 เชียงใหม่
- สุธาสนี ไหมทอง. 2553. **การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักในอากาศในสำนักงาน.**
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, เกษตรศาสตร์
- แสวง จงสุขจริตธรรม. 2530. **ตะกั่วมหากภัย.** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. แปลจาก
 N. Kollerstrom. Lead on the brain. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
- สำนักงานจังหวัดราชบุรี. 2554. **ข้อมูลจังหวัดราชบุรี.** สำนักงานจังหวัดราชบุรี, ราชบุรี
- สำนักสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8. 2557. **รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคตะวันตก พ.ศ. 2550.** สำนัก
 สิ่งแวดล้อมภาคที่ 8, ราชบุรี
- อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก. 2554. **พิษสารเคมีจากการทำงานรู้ทันป้องกันได้.** พิมพ์ครั้งที่ 1.
 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- ASTM. 2006. Section eleven water and environmental technology. **Annual book of
 ASTM Standards.** V11.03. D 4185-83.
- ASHRAE. 2016. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. **ANSI/ASHRAE Standard 62.1.**
 D 44.
- Gursumeeran S, Suman Y, Atar S P, Navanath K. 2014. Characteristics of trace metals in
 fine (PM_{2.5}) and inhalable (PM₁₀) particles and its health risk assessment along
 with in-silico approach in indoor environment of India. **Atmospheric Environment**
 92: 384-393
- Kong S, Lu B, Ji Y, Zhao X, Chan L, Li Z, Han B, Bai Z. 2011. Levels, risk assessment and
 sources of PM₁₀ fraction heavy metals fraction heavy metals in four types
 dust from a coal-based city. **Microchemical Journal** 98. 280-290
- Luo XS, Ding J, Xu B, Wang YJ, Li HB and Yu S. 2012. Incorporating bioaccessibility into
 human health risk assessments of heavy metals in urban park soils. **Science of the
 Total Environment** 424: 88-96
- Lu X, Xing W, Yiwen W, Hao C, Panpen G and Yi F. 2014. Risk assessment of toxic metal
 in street dust from a medium-sized industrial city of China. **Ecotoxicology
 and Environmental Safety** 106: 154-16

Olujimia O, Oliver S and Walter G.2014. Pollution indexing and health risk assessments of trace elements in indoor dusts from classrooms, living rooms and offices in Ogun State, Nigeria. **Journal of African Earth Sciences** 101: 396–404

US-EPA. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volumn I:Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002.

US-EPA .2008. IRIS Datatase for Risk Assessment. <http://www.epa.gov/iris>, January 19, 2015

US-EPA .2015. IRIS Datatase for Risk Assessment. <http://www.epa.gov/iris>, January 19, 2015



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล
ที่อยู่

นางสาว เบญจวรรณ ธรรม์
83/79 หมู่ 3 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมือง จ.สมุทรสาคร
74000

ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยศิลปากร
-วุฒิมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

พ.ศ.2557-ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร
คณะวิทยาศาสตร์ สาขา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2557 – ปัจจุบัน
การอบรม

พ.ศ. 2556

ผู้ช่วยวิจัยของรองศาสตราจารย์มัลลิกา ปัญญาคะโป
-หลักสูตร ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14001:2008
หน่วยงาน BSI

