ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

โดย
นายวรวุฒิ คะมนตรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

โดย
นายวรวุฒิ คะมนตรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECTS OF PATICULATE MATTER (PM_{10}) FROM ROAD TRAFFIC ON STUDENTS'S HEALTH: CASE STUDY OF PHRA PATHOM WITTHATALAI SCHOOL MUEANG DISTRICT, NAKHON PATHOM PROVINCE.

By

MR. Worrawut KHAMONTREE

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2017

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
โดย	วรวุฒิ คะมนตรี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐพล อันแฉ่ง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ดร. ยศกิต เรืองทวีป)

56311310 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน, การคมนาคม, สุขภาพนักเรียน

นาย วรวุฒิ คะมนตรี: ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน อาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหาย (Relative Risk) และการรับสัมผัสฝุ่นละออง พื้นที่ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบคือ โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งอยู่ใกล้กับถนนสายหลัก และโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม ตำบลสระกะเทียม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปจากถนนสายหลัก วิธีการศึกษาเป็นแบบ Prospective study ประชากรที่ทำการศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จำนวน 56 คน และโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม จำนวน 37 คน

ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 มก./ลบ.ม. ส่วนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 มก./ลบ.ม. ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่า ในฤดูฝน เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจแตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ ระหว่างเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยกับเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม พบว่า ในฤดูฝน เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.272 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.355 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว พบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า ของฤดูฝน ส่วนเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.491 เท่า ของฤดูฝน ส่วนการรับสัมผัส PM_{10} ของนักเรียนใน

โรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0611 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย 0.0202 ± 0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0205 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย 0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{10} การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ PM_{10} มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} (0.0202 ± 0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ (0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)

56311310 : Major (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
Keyword : Particulate Matter, Communication, Students's health

MR. WORRAWUT KHAMONTREE : EFFECTS OF PATICULATE MATTER (PM_{10}) FROM ROAD TRAFFIC ON STUDENTS'S HEALTH: CASE STUDY OF PHRA PATHOM WITTHATALAI SCHOOL MUEANG DISTRICT, NAKHON PATHOM PROVINCE. THESIS ADVISOR : DIREKRIT BUAVETCH

The aims of this study *were to determine* the concentration of indoor particulate, respiratory diseases, relative risk and exposure: the comparison between Phra Pathom Witthayalai school, Mueang District, Nakhon Pathom Province as a study group and Srakathiam Witthayakom school, Srakathiam Subdistrict, Mueang District, Nakhon Pathom Province as a control group. The two study areas were located nearby the main road and far from the main road respectively. The Prospective Study was employed to find the results of this study. The junior high school students (Grade 9) as the participants of the study *were* randomly chosen, 56 persons form Phra Pathom Witthayalai School and 37 persons from Srakathiam Witthayakom School.

The results shown that the indoor Particulate Matter (PM_{10}) value of average 8 hours of Phra Pathom Witthayalai school was 0.247 ± 0.178 mg/m^3 while Srakathiam Witthayakom school was 0.110 ± 0.056 mg/m^3. The students from both schools had the same respiratory symptoms in the rainy season with the significant level at 0.05. However, in the cold season, the students from Phra Pathom Witthayalai school shown respiratory symptoms differently from Srakathiam Witthayakom School with the significant level at 0.05. The relative risk of students of Phra Pathom Witthayalai school was 1.272 times compare to the students of Srakathiam Witthayakom school in the rainy season. In the cold season, the students of Phra Pathom Witthayalai School was 1.355 times compare to the student of Srakathiam Witthayakom School. The investigation of relative risk at different period of time indicated that in the cold season Phra Pathom Witthayalai School students had respiratory disorder 1.588 times compare to the rainy season, while in Srakathiam Witthayakom school students had respiratory disorder 1.491 times

compare to the rainy season. The lowest quantity of dust exposure of students in the study group was 0.0060 µg/ body weight (kg) / a day, and the highest quantity of dust exposure was 0.0611 µg / body weight (kg) / a day. The lowest quantity of dust exposure of students in the control group was 0.0026 mcg / body weight (kg) / a day, and the highest quantity of dust exposure was 0.0205 mcg/ body weight (kg) / a day. Comparing the PM_{10} of dust exposure of the two groups found that the study group obviously had the PM_{10} more than the control group. The dust exposure quantities of the school in the study group was [0.0202 ± 0.0145 µg / body weight (kg) / a day], while the school in control group was [0.0089 ± 0.0045 µg / body weight (kg) / a day].

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งเสนอข้อคิดเห็น ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแฉ่ง กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ยศกิต เรืองทวีป ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการเป็นกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมกับให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การศึกษาและความรู้ตลอดการศึกษาที่ผ่านมา ขอกราบขอบพระคุณ ผอ.โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย และผอ.โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่เพื่อทำการศึกษา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ที่ให้ข้อมูลเพื่อใช้ประกอบวิทยานิพนธ์ ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์การดำเนินเอกสารข้อมูล และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ รวมถึงทุกคนในครอบครัว ที่เป็นกำลังใจพร้อมสนับสนุนและเป็นแรงผลักดันตลอดมา ขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนทุก ๆ คน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ประโยชน์และคุณค่าอันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแด่พระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอน แนะนำ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจอย่างดีเสมอมา

วรวุฒิ คะมนตรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฒ

สารบัญภาพ ..... ด

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐาน 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา 3

1.5 ตัวแปรที่มีผลต่อการศึกษา 3

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 5

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความหมายและลักษณะของฝุ่นละออง 5

2.1.1 ความหมายของฝุ่นละอองในบรรยากาศ 5

2.1.2 ลักษณะของฝุ่นละออง 5

2.2 สัณฐานของฝุ่นละออง 6

2.3 แหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของฝุ่นละออง 6
2.3.1 ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ 6
2.3.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น 7
2.3.2.1 ฝุ่นละอองที่เกิดจากการคมนาคมการขนส่งและการจราจร 7
2.3.2.2 ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง 7
2.3.2.3 ฝุ่นละอองจากการประกอบการอุตสาหกรรม 7
2.3.2.4 ฝุ่นละอองจากการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ 7
2.4 ประเภทของฝุ่นละออง 8
2.4.1 ฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามขนาด ดังนี้ 8
2.4.1.1 ฝุ่นรวม 8
2.4.1.2 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) 9
2.4.1.3 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) 9
2.4.2 แบ่งตามคุณลักษณะทางกายภาพ 9
2.4.2.1 ฝุ่นละอองที่มาจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) ประกอบด้วย 9
2.4.2.2 ฝุ่นละอองที่มาจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust) 10
2.4.3 แบ่งตามความเป็นพิษ ประกอบด้วย 11
2.4.3.1 ฝุ่นละอองที่ไม่มีพิษ 11
2.4.3.2 ฝุ่นละอองที่มีพิษ 11
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง 12
2.5.1 ความเร็วและทิศทางลม 12
2.5.1.1 ลมท้องถิ่น (Local Wind) 12
2.5.1.2 ลมมรสุม (Monsoon) 13
2.5.2 อุณหภูมิ 14
2.5.3 ฝน 14

2.5.4 ภูมิประเทศ 14
2.6 กลไกการรับสัมผัสฝุ่นละอองและผลกระทบต่อสุขภาพ 15
2.7 กลไกการตกค้างของฝุ่นในระบบทางเดินหายใจ 15
2.7.1 การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (Inertial impaction) 16
2.7.2 การตกค้างเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Sedimentation) 16
2.7.3 การแพร่ (Diffusion) 16
2.8 มลพิษภายในอาคาร (Indoor Air Pollution) 17
2.9 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร 17
2.10 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) 18
2.10.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) 18
2.10.2 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment) 19
2.10.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment) 21
2.10.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) 21
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 26
วิธีการศึกษา 26
3.1 การเตรียมการ 26
3.1.1 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 26
3.1.1.1 กลุ่มศึกษา 27
3.1.1.2 กลุ่มเปรียบเทียบ 27
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา 27
3.3 ตัวแปรที่ศึกษา 29
3.3.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) 29
3.3.2 ข้อมูลจากแบบสอบถาม 29

3.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ใช้ในการศึกษา 29
3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 30
3.5.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ 30
3.5.2 แบบสอบถาม 31
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 31
3.6.1 การเก็บปริมาณฝุ่นละออง (PM_{10}) ในห้องเรียน 31
3.6.2 การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม 32
บทที่ 4 34
ผลการการศึกษาและการอภิปรายผล 34
4.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 34
4.1.1 โรงเรียนกลุ่มศึกษา 34
4.1.2 โรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ 34
4.2 ข้อมูลจากแบบสอบถาม 38
4.2.1 ข้อมูลทั่วไป 38
4.2.2 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม 40
4.2.3 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ 45
4.2.3.1 ข้อมูลช่วงฤดูฝน 45
4.2.3.2 ข้อมูลช่วงฤดูหนาว 47
4.3 ข้อมูลความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดิน 48
4.3.1 วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจในฤดูฝน 48
4.3.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจในฤดูหนาว 49

4.3.3 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว 51

4.3.4 การรับสัมผัส (Average Daily Intake หรือ ADI) ปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน ของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 53

4.4 อภิปรายผลการศึกษา 54

4.4.1 อภิปรายผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายใน ห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 54

4.4.2 อภิปรายผลการศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอัน เนื่องมาจากฝุ่นละออง ของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่ม เปรียบเทียบ 57

4.4.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบ ทางเดินหายใจ (Relative risk) ระหว่างเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ 58

4.4.4 อภิปรายผลการรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายใน ห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 59

บทที่ 5 61

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 61

5.1 สรุปผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในห้องเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 61

5.2 สรุปผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม และข้อมูลอาการและอาการแสดง ของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่ม เปรียบเทียบ 62

5.3 สรุปวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ระหว่างเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ 64

5.4 สรุปการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่ม เปรียบเทียบ 64

5.5 ข้อเสนอแนะ 65

รายการอ้างอิง 66

ภาคผนวก 69
ภาคผนวก ก 70
ภาคผนวก ข 79
ภาคผนวก ค 81
ประวัติผู้เขียน 92

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1องค์ประกอบชองฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ 8

ตารางที่ 2 ขนาดของฝุ่นละอองที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้าง ในส่วนต่างๆของระบบทางเดินหายใจ 16

ตารางที่ 3 วิถีที่ร่างกายได้รับสารพิษผ่านตัวกลางต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกาย 19

ตารางที่ 4 ค่าคงที่สำหรับประเมินการได้รับสัมผัส 20

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานของไทยและต่างประเทศ 30

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 35

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน 37

ตารางที่ 8 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว 37

ตารางที่ 9 ข้อมูลทั่วไปของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 39

ตารางที่ 10 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ 42

ตารางที่ 11 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน 46

ตารางที่ 12 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว 47

ตารางที่ 13 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน 49

ตารางที่ 14 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว 50

ตารางที่ 15 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว..... 52

ตารางที่ 16 การรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) นักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ..... 53

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) กับงานวิจัยอื่นๆ..... 57

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณ PM_{10} และปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} (ADI) ของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ..... 60

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่ทางเดินหายใจ 15

ภาพที่ 2 แผนที่จังหวัดนครปฐม ที่มา https://sites.goole.com..... 26

ภาพที่ 3 โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย (ปรับปรุงจาก Google map) 28

ภาพที่ 4 โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม (ปรับปรุงจาก Google map) 28

ภาพที่ 5 ลักษณะการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนภายในห้องเรียน..... 32

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในพื้นที่กำลังพัฒนา ได้แก่ การขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม การคมนาคมและการขนส่ง การขยายตัวของชุมชนเมือง การก่อสร้างอาคารต่างๆ และการปรับปรุงเส้นทางจราจร เป็นต้น ทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการระบายสารพิษออกสู่บรรยากาศ ทั้งในรูปของฝุ่นละออง เขม่าควัน อันจะส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญแหล่งหนึ่งก็คือ การคมนาคมและการขนส่ง ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นโดย ในปี 2556 การเพิ่มขึ้นของภาคขนส่งสอดคล้องกับสถิติจำนวนรถที่จดทะเบียนทั้งประเทศ โดยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 รถบรรทุกส่วนบุคคล เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ทำให้เกิดปัญหาสภาพการจราจรที่หนาแน่นและก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยประชาชน โดยเฉพาะฝุ่นละออง (PM_{10}) ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ สามารถผ่านเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และถุงลมปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและโรคปอด ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อปอดเกิดเป็นพังผืด ถุงลมโป่งพองและมีโรคติดเชื้อเพิ่มขึ้นในระบบทางเดินหายใจ (กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ, 2549) อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งก่อสร้างและสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกด้วย จากสถิติอาการเจ็บป่วยปี พ.ศ. 2556 พบว่าผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทั้งประเทศต่อประชากร 1,000 คนมีถึง 418.2 คน ซึ่งจัดลำดับผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุป่วยทั้งประเทศ อยู่ในลำดับที่ 1 ของประเทศ ของอาการเจ็บป่วยทั้งหมด (สาธารณสุขจังหวัดนครปฐม, 2558) ในส่วนของจังหวัดนครปฐมได้มีรายงานผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) โรคระบบทางเดินหายใจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2558 มีจำนวน 425,624 440,232 และ 464,437 ตามลำดับ (รายงานผู้ป่วยนอกต่อประชากร 1000 ตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) จังหวัดนครปฐม ปีงบประมาณ 2556-2558) ซึ่งมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจมากเป็นลำดับที่ 1 ของจังหวัด และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ไม่สามารถสรุปได้ว่าอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากฝุ่นละออง แต่จำนวนผู้ป่วยดังกล่าวก็แสดงให้เห็นว่าโรคระบบทางเดินหายใจ ควรมี

การเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดและตรวจสอบถึงสาเหตุ พร้อมทั้งวางแผนเพื่อกำหนดมาตรการในการลดผลกระทบของสาเหตุต่างๆ อันนำไปสู่การเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ

สถานศึกษาเป็นสถานที่มีผู้คนอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน และใช้เวลาดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมอื่นๆ ประมาณวันละ 8 – 10 ชั่วโมง ประกอบกับสถานศึกษาส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนหรือแหล่งอุตสาหกรรม มีการจราจรที่สะดวก เช่น ตั้งอยู่ติดกับถนนสายหลัก ทั้งนี้เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนและผู้ปกครองในการเดินทางมาโรงเรียน แต่การคมนาคมเป็นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศซึ่งมีปัญหาฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลัก จึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศ ที่ทำให้สถานศึกษาเหล่านี้ต้องรับผลกระทบจากสภาวะฝุ่นละอองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปริมาณฝุ่นละอองที่นักเรียนมีความเสี่ยงได้รับสัมผัสในแต่ละวัน เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายเป็นเวลานานทำให้เกิดการเจ็บป่วยอันมีสาเหตุมาจากฝุ่นละออง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละออง (PM_{10}) ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยลักษณะความรุนแรงของอาการ ที่แสดงขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ฤดูกาลและการรับสัมผัสฝุ่นละออง ดังนั้นจึงศึกษาความแตกต่างปริมาณฝุ่นละออง (PM_{10}) ภายในห้องเรียน ความเสี่ยงและปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง (PM_{10}) ของนักเรียนโรงเรียนที่อยู่ใกล้ถนนสายหลักกับโรงเรียนที่อยู่ไกลถนนสายหลัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.2.2 ศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียน ที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.2.3 ศึกษาความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.2.4 ศึกษาการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 นักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ได้รับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศมากกว่านักเรียนโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

1.3.2 นักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ

มากกว่านักเรียนโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

1.3.3 นักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ มากกว่านักเรียนโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

1.3.4 นักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศมากกว่านักเรียนโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองภายในห้องเรียน อาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ และความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในอำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม และมีขอบเขตระยะเวลาการศึกษา 8 เดือน หรือ 2 ฤดูกาล (ฤดูฝนและฤดูหนาว) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2559 – เดือนมีนาคม 2560

1.4.2 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ทำการตรวจวัดภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงบรรยากาศภายนอก

1.4.3 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้กำหนดจุดตรวจวัดในห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และอยู่ในชั้นเดียวกัน (ชั้นที่ 2) เพื่อกำจัดปัจจัยในเรื่องของความแตกต่างด้านความสูงของตัวอาคารและจุดตรวจวัด

1.4.4 การศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนเป็นการคาดคะเนผลกระทบจากปริมาณฝุ่นละอองในห้องเรียน ซึ่งกำหนดโรงเรียนในกลุ่มศึกษาให้อยู่ใกล้ถนนสายหลัก โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบให้อยู่ไกลถนนสายหลักมากที่สุด

1.5 ตัวแปรที่มีผลต่อการศึกษา

1.5.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ในกรณีนี้ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

1.5.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระ ในกรณีนี้ได้แก่ อาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ

1.5.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variable) เป็นตัวแปรที่อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน ในกรณีนี้ได้แก่ อายุ และฤดูกาลที่ทำการเก็บข้อมูล เป็นต้น

1.5.4 ตัวแปรสอดแทรก (Intervening Variable) เป็นตัวแปรที่อาจมีผลกระทบต่อตัวแปรตาม แต่เราไม่อาจรู้ได้ล่วงหน้าว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ จึงไม่สามารถควบคุมได้ ในกรณีนี้ได้แก่ ระยะห่างระหว่างที่อยู่อาศัยกับโรงเรียน และสภาพอากาศ เป็นต้น

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.6.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 วางแผนการเก็บข้อมูล เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

1.6.3 เก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียน

1.6.4 เก็บข้อมูลแบบสอบถามกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

1.6.5 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1.6.6 สรุปผลการทดลอง

1.6.7 เขียนรายงานการวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ที่ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ในห้องเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ สามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาด้านมลพิษทางอากาศที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยในพื้นที่อื่น หรือพื้นที่อื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

1.7.2 ทราบถึงอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.7.3 ทราบถึงความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (Relative Risk) ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.7.4 ทราบถึงปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

1.7.5 ทราบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะทางระหว่างที่อยู่อาศัยของนักเรียนต่ออาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ

1.7.6 เป็นแนวทางในการตรวจติดตามคุณภาพอากาศและสุขภาพอนามัยของประชาชน ในพื้นที่หรือพื้นที่อื่น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและลักษณะของฝุ่นละออง

2.1.1 ความหมายของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ฝุ่นละออง (Particulate matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่แขวนลอยกระจายตัวในบรรยากาศ มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าไปจนถึงมีขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ และเป็นสารประกอบที่มีความหลากหลายทางเคมี สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนะวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคม ขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น โดยประเทศสหรัฐอเมริกา U.S.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น U.S.EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) (ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ, 2555)

2.1.2 ลักษณะของฝุ่นละออง

ลักษณะของฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ มีขนาดต่างกัน บางชนิดมีสีดำจนตามองเห็นเป็นเขม่าและควัน บางชนิดก็มีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (เป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็คตรอน) ไปจนถึงฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของ

อากาศ กระแสลม เป็นต้น จะแขวนลอยในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานเป็นปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.2 สัณฐานของฝุ่นละออง

โดยปกติฝุ่นละอองในอากาศจะไม่เป็นทรงกลม มีลักษณะสัณฐานของอนุภาคแตกต่างกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะขึ้นกับแหล่งกำเนิดของอนุภาคนั้น ๆ ของแข็งที่เกิดจากการควบแน่น เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) เกสรดอกไม้ จะมีลักษณะค่อนข้างเป็นทรงกลม เส้นใยของขนสัตว์ ฝ้าย แก้ว แอสเบสตอส และเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ มักเป็นทรงกระบอก สินแร่โดยปกติอาจจะมีรูปทรงไม่เป็นระเบียบ เป็นปุยสะเก็ด (Flakelike) หรือ ก้อนรวม (Agglomerates) อนุภาคที่เกิดจากการรวมตัวกันในขณะลอยอยู่ในอากาศหรือเกิดจากการเย็นตัวของก๊าซร้อนรูปร่างที่เห็นเหมือนลูกโซ่ (Chainlike) และเป็นฟล็อก (Flocs) กลุ่มอนุภาครวมตัวกันหลวม ๆ เช่น ฝุ่นละอองจากท่อไอเสียรถยนต์และมักจะเกิดจากการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ ซึ่งผลิตอนุภาคคาร์บอนจำนวนมาก (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

2.3 แหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของฝุ่นละออง

ทุกช่วงเวลาแต่ละวันกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น สามารถก่อให้เกิดฝุ่นละอองกระจายอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งแบ่งแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองในบรรยากาศ ได้แก่ ชุมชน ประกอบด้วย การค้าขาย การคมนาคม การบริการ รวมถึงกิจวัตรประจำวันต่างๆ เป็นต้น เกษตรกรรม ประกอบด้วย ชิ้นส่วนของผลผลิตที่มาจากการเก็บเกี่ยว เกสร ตะกอนดิน เป็นต้น แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) และฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle) (ปวีณา ทิพย์เสวต, 2546)

2.3.1 ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่นได้ เช่น ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

2.3.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น

2.3.2.1 ฝุ่นละอองที่เกิดจากการคมนาคมการขนส่งและการจราจร

ฝุ่นละอองจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น รถบรรทุก รถโดยสาร รถเมล์รถยนต์ส่วนบุคคล และรถจักรยานยนต์ เป็นต้น ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในถนนขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่น หรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่นจะมีฝุ่นตกอยู่บนท้องถนน และกระจายตัวอยู่ในอากาศ ไอเสียจากรถยนต์ จากเครื่องยนต์ดีเซลที่เกิดการเผาไหม้มาสมบูรณ์ปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำออกมา ถนนที่สกปรกมีดินทรายตกค้างอยู่มาก เมื่อรถแล่นผ่านจะทำให้เกิดฝุ่นละอองลอยอยู่ในอากาศ การก่อสร้างถนนหรือการปรับปรุงผิวจราจรทำให้เกิดฝุ่นละอองตกค้างอยู่มาก

2.3.2.2 ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง

ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค รวมถึงการรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

2.3.2.3 ฝุ่นละอองจากการประกอบการอุตสาหกรรม

ฝุ่นละอองจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานอุตสาหกรรมประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดทราย การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ฯลฯ

2.3.2.4 ฝุ่นละอองจากการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ

ฝุ่นละอองจากการประกอบกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การทำความสะอาดที่อยู่อาศัย ที่ทำงาน สถานศึกษา หรือสถานที่ราชการ เป็นต้น (ปวีณา ทิพย์เสวต, 2546)

ฝุ่นละอองมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด ดังตารางที่ 1 ฝุ่นละอองที่เกิดโดยธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองที่มาจากเศษดินทราย การระเบิดของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่า รวมถึงแร่ธาตุต่างๆ ที่เกิดการสลายตัว ส่วนฝุ่นละอองที่มาจากการกระทำของมนุษย์ เช่น ฝุ่นที่มี

สารประกอบคาร์บอนที่มาจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ฝุ่นที่มีองค์ประกอบของตะกั่วที่มาจากโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

ตารางที่ 1องค์ประกอบชองฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ

ส่วนประกอบ	แหล่งกำเนิด
-สารประกอบคาร์บอน	-กระบวนการเผาไหม้
-สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไดออกซิน, ไดเบนโซแรนส์, โพลีย์ศัยคลิคแอโรเมติค, ไฮโดรคาร์บอน	-กระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน
-เกลือแอมโมเนีย	-การทำให้เป็นกลางของกรดในอากาศ
-เกลือโซเดียมและแมกนีเซียมคลอไรด์	-ทะเล
-แคลเซียมซัลเฟต	-วัสดุก่อสร้าง เช่น หินดินและทราย
-ซัลเฟต	-การเติมออกซิเจนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์
-ไนเตรท	-การเติมออกซิเจนของไนโตรเจนไดออกไซด์
-ตะกั่ว	-น้ำมันที่มีสารตะกั่ว
-แร่ธาตุต่างๆ	-ดิน

ทีมา : (ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์และถิรถงษ์ ถิรมนัส, 2545)

2.4 ประเภทของฝุ่นละออง

2.4.1 ฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามขนาด ดังนี้

ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 100 ไมครอน ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอนลงมา (PM_{10}) ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองแต่ละขนาดมีแหล่งกำเนิดดังนี้

2.4.1.1 ฝุ่นรวม

เป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งพบในอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.005 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน โดยทั่วไปฝุ่นรวม เกิดจากกิจกรรมด้านอุตสาหกรรมการเผาไหม้ทั้งที่อยู่ในรูปอนุภาคของแข็ง เช่น ฝุ่นละอองจากวัตถุดิบ เขม่าควัน เป็นต้น และอนุภาคของเหลวในรูปละอองไอในอากาศ เช่น ละอองในกรดหรือละอองไอของสารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น ฝุ่นรวมอาจเกิดจากกิจกรรมทั่วไป ที่ไม่มีการเผาไหม้ เช่น ฝุ่นจากการทำเหมือง ฝุ่นจากการก่อสร้าง เป็นต้น (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

2.4.1.2 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

เป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งกึ่งของแข็งขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่น (Dust) ควัน (Smoke) และเขม่า (Soot) ประกอบด้วย มลสารหลายชนิดผสมผสานกันและมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน PM_{10} เกิดจากแหล่งกำเนิดหลายชนิด โดย PM_{10} ที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน ฝุ่นละออง ไอของทะเล ฝุ่นละอองที่เกิดในอาคาร (Indoor Particulate) เป็นต้น ซึ่งกระบวนการที่ทำให้เกิดฝุ่นละออง เช่น โรงโม่หิน โรงงานปูนซีเมนต์ ซึ่ง PM_{10} จากแหล่งกำเนิดเหล่านี้จะมีปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีบทบาทต่อร่างกายที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อมนุษย์ได้รับ PM_{10} ทางการหายใจ (Respirable Particulate) และสามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกได้ ทำให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อนุภาคส่วนหยาบ (Coarse Fraction Particulate) มีขนาดตั้งแต่ 2.5 ไมครอน ถึง 10 ไมครอน และอนุภาคส่วนละเอียด (Fine Fraction Particle) มีขนาด 2.5 ไมครอนลงไป

2.4.1.3 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

เป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งหรือกึ่งของแข็ง ที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหย (Semi-volatile) ประกอบด้วยอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิ และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิผสมกันอยู่ แต่ส่วนใหญ่ $PM_{2.5}$ จะเป็นอนุภาคทุติยภูมิที่เกิดขึ้นในอากาศเมื่อก๊าซต่างๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ระเหย ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนรูปในอากาศ โดยทำปฏิกิริยาทางเคมี และฟิสิกส์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากแก๊สไปอยู่ในรูปของอนุภาคที่อยู่ในอากาศ ทั้งอนุภาคละเอียดปฐมภูมิ และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิ มีช่วงเวลาที่อยู่ในอากาศเป็นระยะเวลายาวนาน เป็นวันหรือสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ระยะไกล 100 – 1,000 กิโลเมตร (US EPA, 1999) โดยมีแนวโน้มที่จะเกิดการแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอในบริเวณเขตเมืองที่มียานพาหนะเป็นจำนวนมาก

2.4.2 แบ่งตามคุณลักษณะทางกายภาพ

2.4.2.1 ฝุ่นละอองที่มาจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) ประกอบด้วย

1) ฝุ่นละอองสารอินทรีย์จากยานพาหนะ ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์โดยมีอนุภาคของคาร์บอนเป็นผงหรือเขม่าที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่

2) ฝุ่นละอองสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ซึ่งเกิดจากวัชพืช หญ้าและต้นไม้มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถลอยในอากาศได้ ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้าทำให้เกิดอาการแพ้หรือทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

3) ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส นั้นพบได้เสมอในอากาศ โดยเฉพาะเชื้อราที่พบในอากาศทำให้เกิดโรคได้หลายชนิด เช่น บาดทะยัก คอตีบ วัณโรค ไทฟอยด์ เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาจล่องลอยอยู่ตามลำพังด้วยตัวของมันเองหรืออาจติดอยู่กับอนุภาคต่าง ๆ (วสันต์ มาพริก เจษฎา วงษ์มากและศุลีพร โลหะเวช, 2548)

2.4.2.2 ฝุ่นละอองที่มาจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust)

ฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ ฝุ่นละอองประเภทนี้ส่วนมากจะเป็นฝุ่นละอองที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม และมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองชนิดนี้มีอันตรายมากกว่าฝุ่นละอองที่มาจากสารอินทรีย์ หากสูดดมเข้าไปเป็นระยะเวลานานจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเสื่อมสภาพลง และอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ฝุ่นละอองประเภทนี้สามารถแบ่งตามองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ ได้แก่

Asbestos dust หรือ “ฝุ่นใยหิน” เป็นฝุ่นละอองที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเท่ากับ 3:1) ประกอบด้วยธาตุ แมกนีเซียม เหล็ก ซิลิเกต เป็นต้น พบว่าฝุ่นชนิดนี้มีความเป็นพิษสูง เป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคปอดอักเสบ (Asbestosis) โรคมะเร็งปอด (Lung cancer) โรคมะเร็งเยื่อหุ้มปอด (Mesothelioma) และก่อให้เกิดการผิดปกติต่างๆของเยื่อหุ้มปอด โดยเฉพาะโรคมะเร็งเยื่อหุ้มปอด มีความรุนแรงสูงทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตภายในเวลาอันรวดเร็ว และไม่สามารถที่จะรักษาให้หายขาดได้ พบได้ในอุตสาหกรรมผลิตผ้า เบรค กระเบื้อง ท่อซีเมนต์ เป็นต้น

Metal dust หรือ “ฝุ่นโลหะ” ฝุ่นละอองชนิดนี้แบ่งตามองค์ประกอบของแร่โลหะหนัก และความผิดปกติที่เกิดจากฝุ่นละอองชนิดนั้น เช่น ฝุ่นอลูมิเนียม ที่มาจากการทำงานหลอมอลูมิเนียมซึ่งต้องสัมผัสกับไอควันโลหะอลูมิเนียม (Aluminium Fume) ทำงานเก็บฝุ่นอลูมิเนียม ทำงานกับอัลลอยที่มีอลูมิเนียมผสม งานต่อเรือ งานอื่นรวม งานอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แผ่นเลเซอร์มิคส์ที่ทำจาก สารที่มีอลูมิเนียมด้วย และงานอื่นๆ ก่อให้เกิดโรค Aluminosis

Silica dust หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “ฝุ่นหิน” หรือ “ฝุ่นหินทราย” เป็นฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบของผลึกซิลิก้าอยู่ ซิลิก้าหรือซิลิคอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบทางเคมีระหว่างธาตุซิลิคอนกับธาตุออกซิเจน มีรูปร่างทางเคมีเป็น 4 bond โดยมีออกซิเจนจับอยู่ 2 bond

และอีก 2 bond จะไปจับกับออกซิเจนของซิลิคอนตัวอื่น ทำให้ทั้ง 4 bond ของซิลิคอนมีออกซิเจนล้อมรอบอยู่ มีสูตรเคมี คือ SiO_2 มีอยู่ตามหินในธรรมชาติประมาณร้อยละ 28 และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเปลือกโลก ฝุ่นซิลิก้าสามารแบ่งเป็น 2 รูปแบบ

1) รูปสารประกอบซิลิก้าเชิงซ้อน (Combined Silica) คือ แร่ที่มีซิลิก้าเป็นส่วนประกอบทางเคมีกับธาตุหรือสารประกอบอื่นๆ ได้แก่ หินพันม้า (Feldspar) ทัลด์ (Talc) ไมก้า (Mica) ใยหิน (Asbestos) เป็นต้น

2) รูปอิสระ (Free Silica) คือ แร่ที่ประกอบด้วยซิลิก้าเท่านั้น แบ่งออกได้เป็น แบบไม่เป็นโครงร่างผลึกหรือแบบอสัณฐาน (Amorphous) เช่น โอปอ (Opal) และแบบโครงร่างผลึก (Crystalline) ซึ่งเป็นชนิดที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจมากที่สุด โดยมีลักษณะแตกต่างกันอยู่ 5 ชนิดได้แก่ ควอตซ์ (Quatz) คริสโตบาไลท์ (Cristobalite) โคไซต์ (Coesite) ไธดาไมต์ (Tydamite) และสติโชไวต์ (Stishovite) ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์นั้นวัดจากความเป็นแรงในการจับของออกซิเจนคู่นอก โดยซิลิคอนไดออกไซด์ชนิดที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุดคือ ควอตซ์ (Quatz) จะมีอันตรายเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ ไธดาไมต์ (Tydamite) คริสโตบาไลท์ (Cristobalite) โคไซต์ (Coesite) และสุดท้ายคือ สติโชไวต์ (Stishovite)

ฝุ่นหินมีลักษณะคล้ายกับฝุ่นละอองทั่วไป คือมีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็ง มีขนาดประมาณ 0.1-150 ไมครอน สามารถพบได้ในโรงโม่หิน โรงงานแก้ว เหมืองแร่ต่างๆ และถนนสายหลัก เป็นต้น เมื่อฝุ่นหินเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ในบางครั้งอาจเกิดอาการแพ้ หรือระคายเคืองต่อเยื่อจมูกและลำคอ ซึ่งเป็นผลกระทบที่มีระบบทางเดินหายใจเพียงเล็กน้อย หรืออาจส่งผลกระทบอย่างรุนแรง เกิดโรคปอดขึ้นที่เรียกกันว่า “โรคซิลิโคซิส”

2.4.3 แบ่งตามความเป็นพิษ ประกอบด้วย

2.4.3.1 ฝุ่นละอองที่ไม่มีพิษ

ฝุ่นละอองที่ไม่มีพิษ หรือเรียกว่า “ฝุ่นเฉื่อย” ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรง อาการที่เกิดขึ้นอาจเป็นอาการแพ้ เช่น ละอองเกสร เปลือกข้าว เป็นต้น

2.4.3.2 ฝุ่นละอองที่มีพิษ

ฝุ่นละอองที่มีพิษ ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจหรือเกิดโรคระบบทางเดินหายใจได้ เมื่อได้รับเข้าเป็นระยะเวลานาน หรือได้รับในปริมาณมากในเวลาสั้นๆ ส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ตะกั่ว ซิลิก้า แคดเมี่ยม เป็นต้น

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง

2.5.1 ความเร็วและทิศทางลม

อากาศมีการเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ การเคลื่อนตัวของอากาศในแนวนอนนั้นก่อให้เกิดลม ลมจะทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศเกิดการกระจายตัว ซึ่งฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้มากเท่าไหร่และในทิศทางใดขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางลม ในบริเวณพื้นที่โล่งฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้มากและไปได้ไกลเนื่องจากในพื้นที่โล่งๆ ไม่มีสิ่งกีดขวางแรงเสียดทานหรือแรงต้านลมจึงน้อยดังนั้นฝุ่นละอองจึงสามารถกระจายตัวได้เป็นวงกว้าง ซึ่งจะแตกต่างกับในเมืองที่มีอาคารสูงและตึกต่างๆ ลมที่พัดพาไม่ได้พัดไปในทิศทางเดียวตลอดเสมอ ลมอาจพัดไปได้หลายทิศทางในหนึ่งชั่วโมง อันเนื่องมาจากอิทธิพลของลมท้องถิ่นเช่น ลมบก ลมทะเล และ ระดับภูมิภาค เช่น ลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมมรสุม เป็นต้น ซึ่งอิทธิพลของลมที่มีต่อประเทศไทยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1.1 ลมท้องถิ่น (Local Wind)

ลมบกและลมทะเล (Land Breeze & Sea Breeze) เป็นลมที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศเหนือพื้นดินกับอากาศเหนือพื้นน้ำ เป็นลมประจำวัน ลมทะเล (Sea Breeze) จะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเล โดยที่อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าเนื่องจากได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศเหนือพื้นดินยกตัวลอยขึ้นและอากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะเข้ามาแทนที่ ส่วนลมบก (Land Breeze) จะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนโดยที่อากาศเหนือพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าเนื่องจากพื้นดินจะคายความร้อนในรูปรังสี ทำให้อากาศเหนือพื้นน้ำยกตัวลอยขึ้นและอากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะเข้ามาแทนที่

ลมหุบเขาและลมภูเขา (Valley Breeze & Mountain Breeze) เป็นลมที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างบริเวณลาดเขาที่อยู่ส่วนบนกับบริเวณหุบเขาที่อยู่ส่วนล่าง เป็นลมประจำวัน ลมหุบเขา (Valley Breeze) เกิดในช่วงเวลากลางวันบริเวณลาดเขาจะได้ความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าหุบเขา บริเวณลาดเขาจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าและเกิดการยกตัวของอากาศขึ้น อากาศบริเวณหุบเขาซึ่งเย็นกว่าจึงเข้ามาแทนที่ จึงเกิดลมเย็นพัดมาจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ส่วนลมภูเขา (Mountain Breeze) เกิดในช่วงเวลากลางคืนบริเวณลาดเขาจะคายความร้อนจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าหุบเขา ดังนั้น อากาศบริเวณลาดเขาจึงเข้าไปแทนที่

ผลกระทบจากฝุ่นละอองจะมีความชัดเจนมาก ในกรณีที่แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองอยู่ภายใต้อิทธิพลของ ลมบกและทะเล หรือ ลมภูเขาและลมหุบเขา เช่น ถนนสายหลักที่มี

ปริมาณฝุ่นละอองสะสมอยู่บนพื้นถนนในปริมาณมาก จะทำให้ฝุ่นละอองกระจายตัวในบรรยากาศในทุกพื้นที่ที่อยู่ใกล้ถนนสายหลัก

2.5.1.2 ลมมรสุม (Monsoon**)**

ลมมรสุม หมายถึง ลมที่มีการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศที่เกิดขึ้นตามฤดูกาลโดยมีทิศทางที่แน่นอนและสม่ำเสมอ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ลมประจำฤดู” ลมจะพัดเปลี่ยนทิศทางเมื่อเปลี่ยนฤดู คือ ในฤดูร้อนลมจะพัดไปในทิศทางหนึ่ง และในฤดูหนาวจะพัดเปลี่ยนทิศทางในทางตรงกันข้าม เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำมหาสมุทร ในฤดูร้อนอุณหภูมิของพื้นดินจะร้อนกว่าพื้นน้ำมหาสมุทร จึงเกิดการยกตัวของอากาศเหนือพื้นดินและอากาศเหนือพื้นน้ำที่เย็นกว่าไหลเข้าไปแทนที่ ทำให้ลมพัดเข้าสู่พื้นดิน ในทางกลับกัน ฤดูหนาวอากาศเหนือพื้นน้ำมหาสมุทรจะมีอุณหภูมิสูงกว่า ลมจึงพัดออกจากพื้นดิน ซึ่งประเทศไทยอยู่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ หรือลมมรสุมฤดูร้อน (Summer Monsoon) เกิดในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมบริเวณมหาสมุทรอินเดีย อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นดินของประเทศไทยจะสูงกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำมหาสมุทรอินเดีย ทำให้ประเทศไทยเป็นเขตความกดอากาศต่ำ ดังนั้นอากาศเหนือพื้นดินจะยกตัวขึ้นและอากาศเหนือพื้นน้ำมหาสมุทรอินเดียที่เป็นเขตความกดอากาศสูงจะไหลเข้าไปแทนที่ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งในช่วงนี้ประเทศไทยจะมีเมฆมากและฝนตกชุก โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเล เนื่องจากลมที่พัดมาจากมหาสมุทรอินเดียได้นำความชื้นเข้ามา

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรือลมมรสุมฤดูหนาว (Winter Monsoon) เกิดในช่วงกลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ บริเวณแถบประเทศมองโกเลียและจีนจะมีความกดอากาศสูง ส่วนมหาสมุทรอินเดียจะมีความกดอากาศต่ำแทน ดังนั้นอากาศแถบประเทศมองโกเลียและจีนจะไหลเข้าสู่มหาสมุทรอินเดียที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เมื่อลมมรสุมฤดูหนาวพัดผ่านประเทศไทยจะพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป และทำให้เกิดฝนตกในบางพื้นที่ เช่น ภาคใต้ฝั่งตะวันออก

อิทธิพลจากลมมรสุมส่งผลให้เห็นอย่างชัดในส่วนของปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นในบรรยากาศ และทิศทางลม โดยในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกใต้พัดผ่าน(ฤดูฝน) ในช่วงนี้มีฝนตกติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายเดือน ฝุ่นละอองในบรรยากาศจะรวมตัวกับหยดน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดิน ทำให้ในช่วงนี้ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศเบาบาง ส่วนในช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน (ฤดูหนาว) ในช่วงนี้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและมีกำลังลมแรง ทำให้ฝุ่นละอองค้างอยู่ในบรรยากาศนานและจะกระจายตัวในวงกว้างตามกำลังและทิศทางของลม

2.5.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในบรรยากาศจะไม่เท่ากัน ความแตกต่างของอุณหภูมิที่แต่ละระดับความสูงเป็นตัวกำหนดความสามารถการกระจายตัวของฝุ่นละออง ในชั้นบรรยากาศที่เป็นความสูงแปรผันกับอุณหภูมิ หรือยิ่งสูงอากาศยิ่งเย็นลง โดยเฉพาะบรรยากาศในช่วงระดับความสูง 0-10 กิโลเมตร หรือชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้เป็นอย่างดี เนื่องจากอากาศบนพื้นผิวโลกซึ่งอุ่นและลอยตัวสูงขึ้น ขณะที่ลอยตัวขึ้นก็จะนำเอาฝุ่นละอองจากระดับพื้นดินขึ้นไปด้วย เมื่อกระทบกับอากาศเย็นที่อยู่เบื้องบนก็จะขยายตัวออก ในทางตรงกันข้ามฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลยในชั้นบรรยากาศที่ความสูงแปรผันกับอุณหภูมิ เนื่องจากฝุ่นละอองอาจจะกระจายตัวได้ดี และค้างอยู่ในบรรยากาศได้นานโดยเฉพาะแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่อยู่ในพื้นที่ที่มีปริมาณฝุ่นละอองสะสมอยู่มาก

2.5.3 ฝน

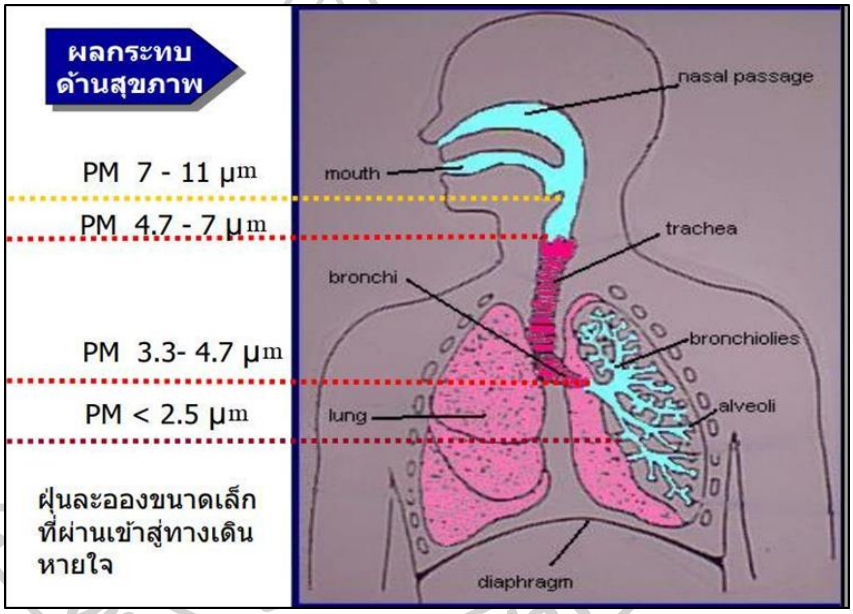
วันที่ฝนตก อนุภาคของฝุ่นในบรรยากาศจะจับกับอนุภาคน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดิน ช่วยลดการกระจายตัวของฝุ่นละออง นอกจากนี้น้ำฝนยังเป็นตัวทำละลายได้ดี สามารถรวมตัวกับก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศได้ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก ($H_2 SO_4$) หรือที่เรียกกันว่า “ฝนกรด”

2.5.4 ภูมิประเทศ

ภูมิประเทศจะมีผลต่อการเกิดลมในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น บริเวณชายฝั่งทะเล จะเกิดลมบก-ลมทะเล ในบริเวณหุบเขา จะเกิดลมภูเขา-ลมหุบเขา เป็นต้น อีกทั้งในบางพื้นที่ลักษณะทางภูมิประทศที่เป็นภูเขาในแนวระนาบจะช่วยลดอิทธิพลจากลมมรสุม เช่น ในช่วงฤดูฝน ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน ภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในแนวระนาบจะเป็นแนวกั้นลมที่พัดผ่าน ทำให้มีปริมาณน้ำฝนน้อยในบริเวณพื้นที่หลังภูเขา

2.6 กลไกการรับสัมผัสฝุ่นละอองและผลกระทบต่อสุขภาพ

จากการศึกษาฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (ภาพที่ 1) พบว่าฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน จะติดอยู่บริเวณโพรงจมูกและปากเท่านั้นไม่สามารถผ่านเข้าสู่หลอดลมได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาด 5-10 ไมครอนจะเข้าสู่หลอดลม (Trachea) และแขนงหลอดลม (Bronchus) สำหรับฝุ่นขนาด 2.5-5 ไมครอนจะเข้าสู่หลอดลมฝอย (Bronchioles) ถุงลม (Alveoli) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.02 ไมครอนสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตผ่านเส้นเลือดฝอยในปอดเข้าสู่ร่างกายได้ (วนิดา จีนศาสตร์, 2551) โดยมีกลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ



ภาพที่ 1 ฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่ทางเดินหายใจ
ที่มา: (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2557)

2.7 กลไกการตกค้างของฝุ่นในระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นละอองเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะผ่านส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจจะทำให้ความเร็วของการไหลของอากาศลดลง อันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความชื้น สิ่งกีดขวางขนาดของอนุภาค ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นต้น จึงเกิดการตกค้างของฝุ่นละอองในปอด ซึ่งกลไกของการตกค้างของฝุ่นละอองในปอด กลไกต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 และอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.7.1 การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (Inertial impaction**)**

การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย คือ ฝุ่นละอองเกิดการกระทบกับสิ่งกีดขวาง เช่น ขนจมูก ผนังหลอดลมฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่จะมีความเฉื่อย (Inertial) เมื่อลอยตามกระแสอากาศเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่จะหักเหตามกระแสอากาศไม่ทัน จึงเกิดการปะทะบริเวณ Nasophayrynx การปะทะกันนั้นทำให้ความเร็วของฝุ่นละอองมีค่าน้อยลง จนเกิดการตกค้าง มักจะเกิดขึ้นกับฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่

2.7.2 การตกค้างเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Sedimentation**)**

ฝุ่นละอองที่ผ่านจากกระบวนการปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (Inertial impaction) จะเคลื่อนที่เข้าสู่หลอดลมและตกค้างที่ระดับต่างๆกัน ฝุ่นละอองขนาด 2-5 ไมครอน จะตกค้างอยู่บริเวณหลอดลมส่วนบน สำหรับฝุ่นละอองที่มีขนาด 0.5-2 ไมครอน จะตกค้างอยู่บริเวณหลอดลมส่วนปลายตามแรงโน้มถ่วงของโลก

2.7.3 การแพร่ (Diffusion**)**

การแพร่ คือการที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก ที่มีมวลน้อย ฝุ่นละอองเหล่านี้จะเปรียบเสมือนเป็นก๊าซ (ขนาดประมาณ 0.5 ไมครอน) สามารถเข้าไปถึงถุงลมและปอดได้ทำให้เกิดการชนไม่สม่ำเสมอกับโมเลกุลรอบๆ อนุภาคนั้นหรือเรียกว่าการเคลื่อนที่แบบ Brownian Movement

ตารางที่ 2 ขนาดของฝุ่นละอองที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้าง ในส่วนต่างๆของระบบทางเดินหายใจ

ขนาดของฝุ่นละออง	**กลไกการตกค้างของฝุ่นละออง**	**บริเวณตกค้างของฝุ่นในระบบทางเดินอากาศหายใจ**
5-30 ไมครอน	Inertial impaction	จมูกและคอหอยส่วนจมูก
1-10 ไมครอน	Sedimentation	คอหอยและหลอดลม หลอดลมคอ-หลอดลมฝอย
<1 ไมครอน	Diffusion	ถุงลม บริเวณถุงลม

ที่มา : (ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์และถิรถงษ์ ถิรมนัส, 2545)

2.8 มลพิษภายในอาคาร (Indoor Air Pollution)

มลพิษอากาศภายในอาคาร หมายถึง การที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณและระยะเวลานาน พอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น ๆ นอกจากนี้ (สมชัย บวรกิตติ พรชัย สิทธิศรันณย์กุลและนรินทร์ หิรัญสุทธิกุล, 2548) ได้กล่าวว่า อากาศพิษ หรือ ภาวะมลพิษทางอากาศ สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ภาวะมลพิษในอาคาร (Indoor Air Pollution) และภาวะมลพิษนอกอาคาร (Atmospheric หรือ Outdoor Air Pollution) โดยตัวอย่างอาคารที่มีความเสี่ยงต่อมลพิษในอาคาร ได้แก่ บ้านเรือน สำนักงาน โรงพยาบาลและโรงเรียน ในส่วนของโรงเรียนนั้นในปัจจุบันจะตั้งในเขตเมืองติดถนนสายหลัก นักเรียน ครู อาจารย์และบุคลากรต้องใช้เวลาอยู่ภายในโรงเรียนอย่างน้อย 8 ชั่วโมงต่อวัน จากสภาพการจราจรที่มีรถวิ่งตลอดทั้งวัน จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับมลพิษทางอากาศมากกว่าปกติ

2.9 มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร

“มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร” หมายถึง มาตรฐานที่ใช้เป็นสัญญาณเตือนถึงสภาพอากาศภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับภาวะสบายเชิงความร้อน และมลภาวะอากาศภายในอาคารที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้อาคาร คุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศ เนื่องจากการพัฒนาทางสังคมเมือง ความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ความจำเป็นของการประหยัดพลังงาน ทำให้การสร้างอาคารมีลักษณะปิดทึบ ก่อให้เกิดปัญหาการระบายอากาศ รวมถึงมลพิษทางอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ประสิทธิภาพการทำงาน และความพึงพอใจในการเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยอาคาร เพื่อให้เกิดการคุ้มครองสุขภาพของประชาชน และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงเพื่อให้มีค่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เป็นประโยชน์สำหรับการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศตามค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (2520) เรื่อง ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี (กระทรวงมหาดไทย, 2548) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ดังนี้

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐาน

สำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม.

2.10 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริการวมทั้งองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency หรือ EPA) ด้วย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ ขั้นตอนการประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

ขั้นตอนที่ 2 คือ ขั้นตอนการประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

ขั้นตอนที่ 3 คือ ขั้นตอนการประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

ขั้นตอนที่ 4 คือ ขั้นตอนการอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) มีรายละเอียดดังนี้ (จรรยา บริวชยาวิสุทธิ์, 2552)

2.10.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อตอบคำถามว่าสิ่งที่กำลังคุกคามที่กำลังสนใจมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) โดยระบุถึงความเป็นอันตรายของสารหรือระบุว่าสารตัวใดมีความเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด ขั้นตอนการเลือกสารเคมีหรือสิ่งคุกคามต้องทราบคุณสมบัติของสารเคมีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมี 3 ประเด็นหลักที่นำมาประเมิน ได้แก่

1) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความเป็นพิษสูง

2) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความคงทนสูง มีความเข้มข้นและกระจายตัวสูง

3) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูง

การรายงานสารเคมีหรือสารคุกคามต้องประกอบด้วยความเสี่ยงของสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer Risk) และความเสี่ยงในอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non Cancer Risk)

2.10.2 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินการได้รับสัมผัสเป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณความเข้มข้นของสารที่คุกคามหรือสารที่แต่ละคนได้รับ โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส

การกำหนดลักษณะของการรับสัมผัส จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพอากาศ ตัวสภาพทางอุตุนิยมวิทยา สภาพทางภูมิศาสตร์ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ขั้นที่ 2 การค้นหาเส้นทางการรับสัมผัส

เส้นทางการรับสัมผัสเป็นการแสดงถึงการเป็นพิษและสารคุกคามจะเข้าสู่คนแต่ละคนได้อย่างไร ดังนั้นในการวิเคราะห์เส้นทางการรับสัมผัสต้องทราบแหล่งกำเนิดของสารคุกคาม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิถีที่ร่างกายได้รับสารพิษผ่านตัวกลางต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกาย

ตัวกลาง	วิถีที่ร่างกายได้รับสารผ่านตัวกลางต่างๆ เข้าสู่ร่างกาย
น้ำใต้ดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง ทางการหายใจระหว่างอาบน้ำ
น้ำผิวดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง ทางการหายใจระหว่างอาบน้ำ
ตะกอนดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง
อากาศ	ทางการหายใจ
ดินและฝุ่น	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง
อาหาร	ทางเดินอาหาร

ที่มา: (จรรยา บริวชยาวิสุทธิ์, 2552)

ขั้นที่ 3 การวัดการได้รับสัมผัส (Quantifying Exposure)

การวัดการได้รับสัมผัส คือการประเมินการรับสารเข้าสู่ร่างกายตามเส้นทางการรับสัมผัสผ่านตัวกลางต่าง ๆ ในส่วนของการได้รับสัมผัสสารในกรณีตัวกลางที่เป็นอากาศ สามารถคำนวณหาปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) ดังสมการที่ **1** (US EPA, 1989)

$$ADI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{(สมการที่1)}$$

ADI คือ ปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)

CA คือ ความเข้มข้นของสารในอากาศ (มก./ลบ.ม.)

IR คือ อัตราการหายใจ (ลบ.ม./ชม.)

ET คือ เวลาในการรับสัมผัส (ชม./วัน)

EF คือ ความถี่ในการได้รับสัมผัส (204 วัน/ปี)

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี) (อายุขัยเฉลี่ยของประชากร – อายุของนักเรียน)

BW คือ น้ำหนักของร่างกาย (กก.)

AT คือ ช่วงเวลาในการได้รับสัมผัส (วัน) (ED X 365 วัน/ปี)

โดยค่าคงที่สำหรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าคงที่สำหรับประเมินการได้รับสัมผัส

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่	ที่มา
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายผู้ใหญ่	BW	70 กก.	(US EPA, 1989)
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายเด็ก			
0 – 1.5 ปี		10 กก.	
1.5 – 5 ปี		14 กก.	
5 – 12 ปี		26 กก.	
อัตราการหายใจของผู้ใหญ่	IR	0.830 ลบ.ม./ชม.	
อัตราการหายใจของเด็ก		0.208 ลบ.ม./ชม.	
ระเวลาที่สัมผัส	ED	อายุขัยเฉลี่ยของประชากร (70ปี) – อายุนักเรียนจากแบบสอบถาม	(US EPA, 1991)
ความถี่ในการได้รับสัมผัส (วัน/ปี)	EF	เวลาราชการ (วันจันทร์-วันศุกร์)	(จรรยา บริวชยาวิสุทธิ์ , 2552)
ช่วงเวลาในการได้รับสัมผัส (วัน)	AT	ED × 365 วัน/ปี	

2.10.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

การประเมินความเป็นพิษมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยมีค่า Slope Factor (SF) เป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง สามารถค้นคว้าได้จาก http://www.epa.gov/iris (จรรยา บริวชยาวิสุทธิ์, 2552)

2.10.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง คือการพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงที่มนุษย์ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (Uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือ การตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใด ๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(สุชนะ บ่อคำ, 2556) ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียนอาการและการแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ และความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พื้นที่ที่ได้ศึกษาได้แก่ โรงเรียนวัดบ้างยาง ตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งไม่มีกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทราย และไม่ได้อยู่ในเส้นทางขนส่ง การศึกษาใน 2 ฤดูกาลพบว่าในฤดูฝน โรงเรียนวัดบ้านยางมีปริมาณ PM_{10}เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนค่าเฉลี่ย 0.126±0.062 มก./ลบ.ม. และโรงเรียนบ้านหนองกะโดน มีค่าเฉลี่ย 0.091±0.016 มก./ลบ.ม. ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดบ้านยาง มีอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองกะโดน อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ พบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดบ้านยาง มีความเสี่ยงเป็น 1.550 เท่าของนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองกะโดนส่วน

ในฤดูหนาว โรงเรียนวัดบ้านยางมีปริมาณ PM_{10}เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนค่าเฉลี่ย 0.167±0.042 มก./ลบ.ม. และโรงเรียนบ้านหนองกะโดน มีค่าเฉลี่ย 0.094±0.027 มก./ลบ.ม. ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าเด็กนักเรียนวัดบ้านยาง มีอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองกะโดน อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ส่วนความเสี่ยงพบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดบ้านยางมีความเสี่ยงเป็น 1.573 เท่าของโรงเรียนบ้านหนองกะโดน

(วีรนุช ปุยภิรมย์, 2556) ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียนและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ของโรงเรียนชุมชนวัดสมรโกฏิ ต.บางกระสอ อ.เมือง จ.นนทบุรี ซึ่งอยู่ใกล้กับเส้นทางสายหลัก และโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ ต.บางกระสอ ซึ่งไม่ได้อยู่ใกล้กับเส้นทางสายหลักการศึกษาใน 2 ฤดูการพบว่าในฤดูฝน โรงเรียนชุมชนวัดสมรโกฏิมีปริมาณ PM_{10} เฉลี่ย 8 ชั่งโมง ภายในห้องเรียนค่าเฉลี่ย 0.169±0.035 และโรงเรียนอนุราชประสิทธ์ มีค่าเฉลี่ย 0.113±0.018 มก./ลบ.ม. ความเสี่ยงพบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดสมร โกฏิมีความเสี่ยงเป็น 1.318 เท่าของเด็กนักเรียนโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์

(ปิยนุช ชัยพฤติตานนท์, 2556) ศึกษาความเข้มของฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในและภายนอกอาคารเรียนของวิทยาลัยการอาชีพพนมทวน พบว่าความเข้มของ TSP เฉลี่ยเท่ากับ (1.23±0.99) ถึง (2.30±0.97) มก./ลบ.ม. และระดับ PM_{10} เท่ากับ (0.91±0.48) ถึง (1.84±1.02) มก./ลบ.ม. ซึ่งทุกตรวจวัดมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของกระทรวงมหาดไทย (2520) และจากการศึกษาการประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองของครูและนักเรียนแสดงให้ทราบว่า ผู้ที่ได้รับสัมผัส TSP เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ครูยานยนต์>ครูไฟฟ้า>ครูคอมพิวเตอร์>เจ้าหน้าที่>ครูบัญชี ในส่วนของ PM_{10} พบว่าผู้ที่ได้รับสัมผัส PM_{10} เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ครูไฟฟ้า>ครูยานยนต์>ครูคอมพิวเตอร์>ครูบัญชี>เจ้าหน้าที่ จากการวิจัยพบว่า สภาพห้องเรียนภายในอาคารเรียนของทางมหาวิทยาลัยมีระบบระบายอากาศภายในไม่ดีพอ ซึ่งเป็นเหตุของการสะสมฝุ่นละออง

(ปรียาภรณ์ เหมวัตร, 2557) ได้ทำการศึกษาปริมาณและการได้รับสัมผัส PM_{10} ในโรงเรียน 4 แห่ง ที่อยู่ใกล้และไกลแหล่งอุตสาหกรรม ใน อ.เมือง จ.ราชบุรี ในช่วงเดือน มกราคม ถึง มีนาคม ปี พ.ศ. 2557 โดยโรงเรียนที่อยู่ใกล้อุตสาหกรรม ได้แก่ โรงเรียนวัดดอนตลุงราษฎร์ศรัทธาทานและโรงเรียนวัดเขางูสันติธรรม และโรงเรียนที่อยู่ไกลอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์บูรณวิทยาและโรงเรียนบ้านเขากรวด โดยเก็บตัวอย่างในช่วงการเรียนการสอนเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

ติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่บริเวณกลางห้องเรียน ร่วมกับการใช้แบบสอบถามที่ถามเกี่ยวกับอาการที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ การรับสัมผัสและผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ จำนวนโรงเรียนละ 30 ตัวอย่าง จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มโรงเรียนที่อยู่ใกล้อุตสาหกรรม ได้แก่ โรงเรียนวัดดอนตลุงราษฎร์และโรงเรียนเขางูสันติธรรม มีปริมาณการรับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (ADI) เท่ากับ 0.0105 และ 0.0071 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ไกลอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์บูรณวิทยาและโรงเรียนบ้านเขากรวด มีค่าเท่ากับ 0.0049 และ 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโรงเรียนในพื้นที่ใกล้อุตสาหกรรมมีการรับสัมผัส PM_{10} มากกว่าพื้นที่โรงเรียนที่อยู่ไกลอุตสาหกรรม

(พัชรีย์ ชุติมาสกุล, 2543) ได้เปรียบเทียบระดับของฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศภายในและภายนอกห้องเรียนในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมหินย่อย จังหวัดสระบุรี ณ โรงเรียนหน้าพระลานและโรงเรียนบ้านคุ้งเขาเขียว ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนหน้าพระลานมีค่าเฉลี่ยระดับ TSP และ PM_{10} ภายนอกอาคารเท่ากับ 237.47 มคก./ลบ.ม. และ 128.71 มคก./ลบ.ม. และภายในอาคารเท่ากับ 145.91 มคก./ลบ.ม. และ 84.33 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนบ้านคุ้งเขาเขียวค่าเฉลี่ยระดับ TSP และ PM_{10} ภายนอกอาคารเท่ากับ 234.47 มคก./ลบ.ม. และ 257.01 มคก.ลบ.ม. และภายในอาคารเท่ากับ 441.01 มคก./ลบ.ม. และ 248.88 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ

(ยศกิต เรืองทวีป, 2552)ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน อาการและการแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ และความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (Relative Rick) พื้นที่ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบคือ โรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง ต.ทุ่งหลวง อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี ซึ่งอยู่ใกล้กับอุตสาหกรรมโรงโม่หิน และโรงเรียนสนามสุทธาวาส ต.ทุ่งหลวง อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี ซึ่งอยู่ไกลออกไปจากโรงโม่หิน วิธีการศึกษาเป็นแบบ Prospective Study ประชากรที่ทำการศึกษาเป็นเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ของโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง จำนวน 57 คน และโรงเรียนสนามสุทธาวาส จำนวน 56 คน ผลการศึกษาพบว่าโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 0.531±0.301 มก./ลบ.ม. และ 0.302±0.250 มก./ลบ.ม. ส่วนโรงเรียนสนามสุทธาวาสมีปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 0.243±0.107 มก./ลบ.ม. และ 0.121±0.043 มก./ลบ.ม. ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าในฤดูฝนเด็กนักเรียน

โรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) และในฤดูหนาวเด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจแตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและแสดงอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ ระหว่างเด็กนักเรียน 2 โรงเรียน พบว่าในฤดูฝนเด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีความเสี่ยงเป็น 1.756 เท่าของนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส และในฤดูหนาวพบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวงมีความเสี่ยงเป็น 2.050 เท่าของนักเรียนโรงเรียนวัดสนามสุทธาวาส

(Chattertom J., 2001) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบริเวณพื้นที่ทั่วไปและบริเวณริมถนนที่อยู่ใกล้กัน 3 สาย ในเมือง Norwich ประเทศอังกฤษ พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณพื้นที่ทั่วไปกับริมถนนมีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในระดับสูง

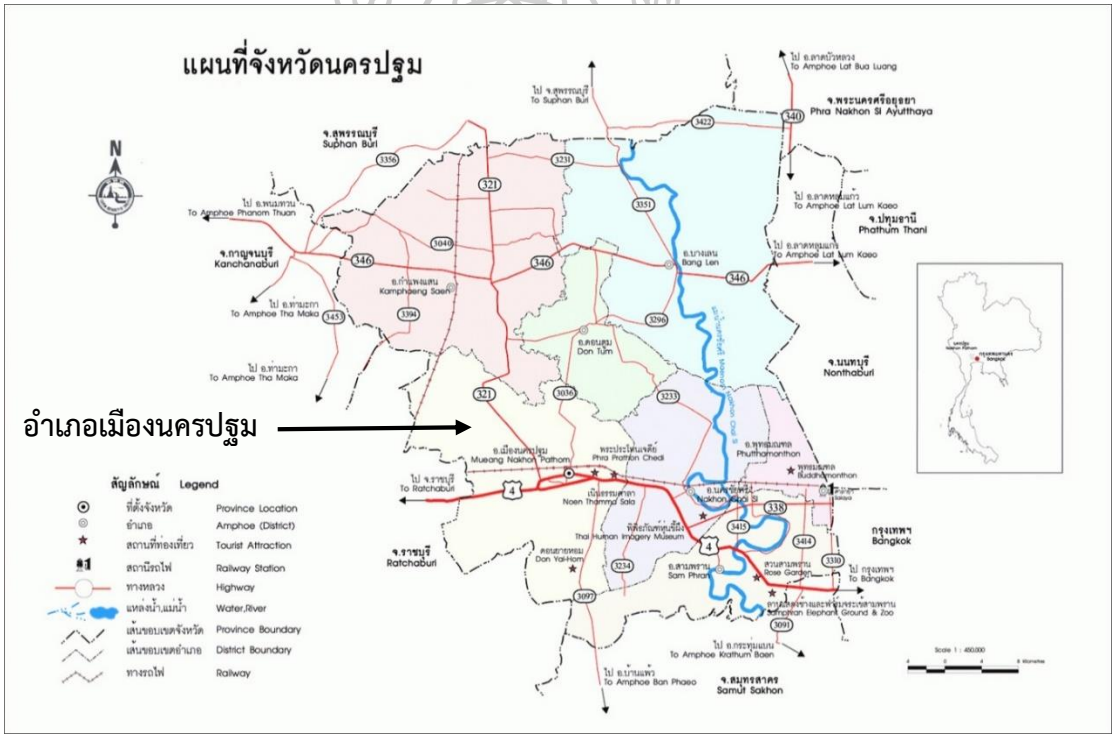
(Janssen N., Heak G., Harsema H., & Brunekreef, 1999) ทำการศึกษาในเด็กอายุ 10-12 ปี จากโรงเรียนในประเทศเนเธอร์แลนด์ จำนวน 4 โรงเรียน โดยทำการตรวจวัดปริมาณ PM_{10} ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนและทำการตรวจติดตามตัวบุคคลด้วย พบว่า Pearson’s Correlative ในเด็กที่มีพ่อแม่สูบบุหรี่ มีค่าเท่ากับ 0.59 และเด็กที่พ่อแม่ไม่ได้สูบบุหรี่ มีค่าเท่ากับ 0.63 และค่า PM_{10} เฉลี่ยที่แต่ละคนได้รับมีค่าเท่ากับ 105 มคก./ลบ.ม.

(Fromme H., Twardella, & Dietrich, 2007) ได้ทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียนทั้งหมด 64 โรงเรียน ในเมืองมิวนิค และบริเวณใกล้เคียงโดยรอบ โดยทำการเก็บตัวอย่างในฤดูหนาว จำนวน 92 ห้อง ฤดูร้อน จำนวน 75 ห้อง โดยทำการตรวจวัดค่า $PM_{2.5}$ PM_{10} และ CO_2 ผลการศึกษาพบว่าในฤดูหนาวในห้องเรียนมีปริมาณ CO_2 เฉลี่ยเท่ากับ 1,603 ppm. การตรวจวัดปริมาณ $PM_{2.5}$ ได้เท่ากับ 19.8 มคก./ลบ.ม. และ PM_{10} เท่ากับ 91.5 มคก./ลบ.ม. และในฤดูร้อนปริมาณ CO_2 มีค่าเท่ากับ 405 ppm. หารตรวจวัดปริมาณ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} มีปริมาณลดลง โดยทำการตรวจวัดได้เท่ากับ 12.7 มคก./ลบ.ม. และ 64.9 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective study) เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียนที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของเด็กนักเรียนโรงเรียนกลุ่มศึกษาที่อยู่ใกล้ถนนสายหลัก เปรียบเทียบกับเด็กนักเรียนโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่ตั้งอยู่ห่างจากถนนสายหลัก เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม



ภาพที่ 2 แผนที่จังหวัดนครปฐม ที่มา https://sites.goole.com

3.1 การเตรียมการ

3.1.1 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจะพิจารณาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1.1 กลุ่มศึกษา

1) เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) อันเกิดจากการจราจรบนถนนสายหลักมากที่สุด

2) การเข้าปฏิบัติงานของผู้ศึกษา ไม่มีผลกระทบหรือก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อนักเรียนในห้องเรียนนั้นๆ

3) ห้องเรียนที่ศึกษาเป็นห้องเรียนที่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน มีลักษณะกิจกรรมภายในห้องในแต่ละวัน ใกล้เคียงกับกลุ่มเปรียบเทียบมากที่สุด

3.1.1.2 กลุ่มเปรียบเทียบ

1) เป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

2) ที่ตั้งของโรงเรียนอยู่ห่างจากถนนสายหลัก

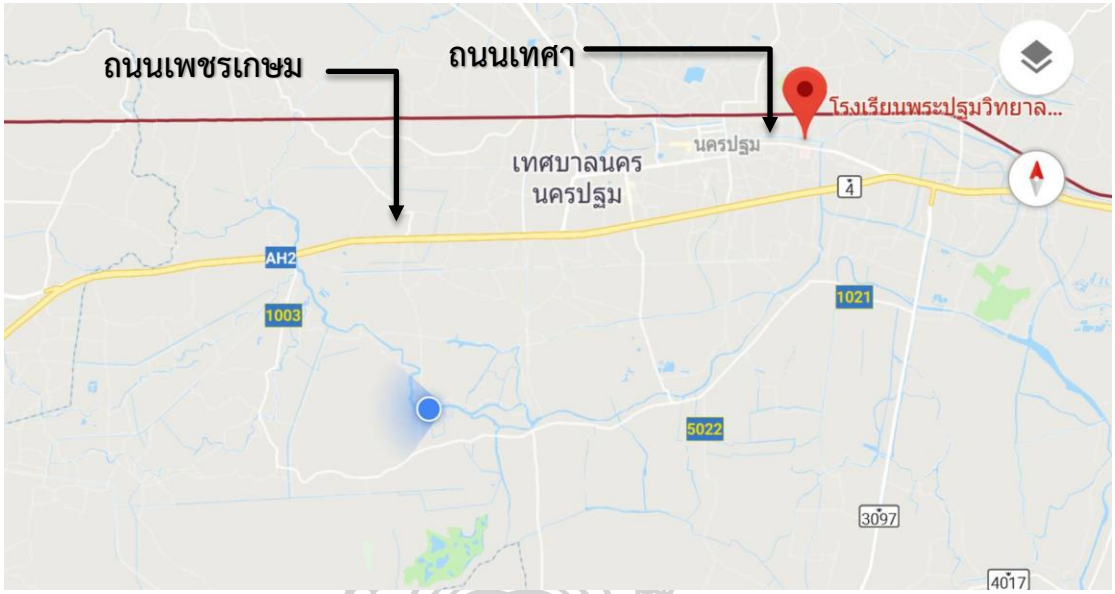
3) ห้องเรียนที่ศึกษาเป็นห้องเรียนที่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน มีลักษณะกิจกรรมภายในห้องในแต่ละวันใกล้เคียงกับกลุ่มศึกษามากที่สุด

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ในการคัดเลือกครบทุกหัวข้อ ให้พิจารณาคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ที่การคัดเลือกและใกล้เคียงมากที่สุด

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

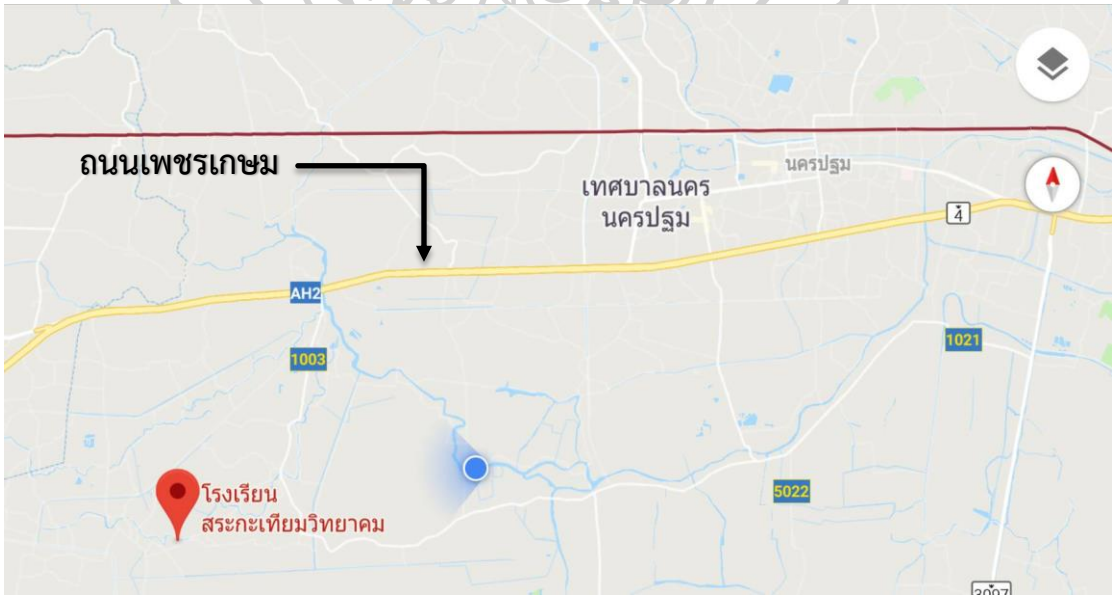
การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาประชากร 2 กลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาและนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ ดังนี้

กลุ่มศึกษา เป็นนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่ตั้งอยู่ใกล้กับถนนสายหลัก ซึ่งเป็นโรงเรียนระดับมัธยม ได้แก่ **โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย** เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่อยู่ติดกับถนนสายหลักมากที่สุด มีจำนวนนักเรียนค่อนข้างคงที่และสภาพแวดล้อมของนักเรียนแต่ละคนไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด



ภาพที่ 3 โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย (ปรับปรุงจาก Google map)

กลุ่มเปรียบเทียบ เป็นนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่อยู่ห่างจากถนนสายหลัก ได้แก่ **โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม** ในการวิจัยครั้งนี้จากการพิจารณาให้ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบมีความแตกต่างกับโรงเรียนในกลุ่มศึกษา



ภาพที่ 4 โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม (ปรับปรุงจาก Google map)

จากกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มีการเก็บข้อมูลแบบสอบถามเกี่ยวกับสภาวะฝุ่นละอองและสุขภาพของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา และกลุ่มเปรียบเทียบเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนนักเรียนมาก จึงได้เลือกนักเรียนที่เรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเก็บข้อมูลห้องที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม ทั้งนี้เพื่อลดอิทธิพลจากความแตกต่างด้านอายุของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา

3.3.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

3.3.2 ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมและข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

3.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศตามค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (2520) เรื่อง ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี (กระทรวงมหาดไทย, 2548) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ดังนี้

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม.

อากาศภายในอาคารสถานที่ต่างๆ หากผู้ที่ทำกิจกรรมภายในอาคารได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณที่เกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่กำหนดอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของผู้ที่ทำกิจกรรมต่างๆ ได้ จึงมีหลายหน่วยงานได้กำหนดค่ามาตรฐานควบคุม

ปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคาร โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ทั้งหน่วยงานของไทยและต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานของไทยและต่างประเทศ

หน่วยงาน	PM_{10} ภายในอาคาร (มก./ลบ.ม.)
ประเทศไทย[1]	**5**
WHO[2]	**5**
U.S.EPA[3]	**10**

ที่มา: (วนิดา จีนศาสตร์, 2551)

หมายเหตุ: 1.ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารของฝุ่นละอองตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (2520) เรื่อง ความปลอดภัยในการใช้สารเคมี

2.องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO)

3.องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency: U.S.EPA)

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.5.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์

การเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียน ประกอบด้วย

1.เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal Pump) 4 เครื่อง (สำรอง 2 เครื่อง)

2.กระดาษกรองชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) 60 แผ่น

3.แผ่นพยุงกระดาษกรอง (Support Pad) 60 แผ่น

4.ตลับกระดาษกรอง 2 ชั้น (Filter Cassette) 60 ชุด

5.ไซโคลน เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ข้อต่อและสายยาง 2 ชุด

6.เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง 1 เครื่อง

7.โถดูดความชื้น (Desiccator)	1 เครื่อง
8.ขาตั้งแบบ 3 ขา (Tripod)	2 ชุด
9.ชุดปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ	1 ชุด
10.ชุดประจุไฟ (Charger)	1 ชุด
11.ปากคีบปลายมน (Forcep)	1 อัน
12.เทปกระดาษกาว	1 ม้วน

3.5.2 แบบสอบถาม

แบบสอบถาม สำหรับเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวได้ศึกษาจากเอกสารและการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำขึ้นมาและได้มีการนำแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงได้มีการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษานี้มีการเก็บข้อมูล 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียน และการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยเริ่มดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2559 – มีนาคม 2560 ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง/สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 30 ครั้ง จะทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในวันจันทร์-วันศุกร์ ซึ่งเป็นวันที่เด็กนักเรียนมาเรียนหนังสือ ยกเว้นวันหยุดราชการและช่วงเวลาปิดภาคการศึกษา รวมเวลาทั้งสิ้น 8 เดือน หรือ 2 ฤดูกาล (ยกเว้นเดือนตุลาคม 2559 เนื่องจากเป็นช่วงปิดภาคการศึกษาเทอมต้น) เพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยในเรื่องอิทธิพลจากลมมรสุม การเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ส่วน โดยจะทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองพร้อมกันทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 การเก็บปริมาณฝุ่นละออง (PM_{10}) ในห้องเรียน

เริ่มดำเนินการศึกษานำกระดาษ PVC มาไว้ในเครื่องดูดความชื้น ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง แล้วนำกระดาษ PVC ที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาใส่ในตลับกระดาษกรองเก็บตัวอย่าง

โดยใส่กระดาษ PVC ก่อนตามด้วยแผ่นพยุงกระดาษกรองและปิดฝาตลับกระดาษกรองแล้วจึงต่อเข้ากับ Cyclone และต่อเข้ากับเครื่อง Personal Pump ด้วยสายยาง ซึ่งได้ปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศเครื่อง Personal Pump อยู่ที่ 2 ลิตร/นาที ในช่วงดำเนินการจะติดตั้งเครื่อง Personal Pump ในห้องเรียน ห้องละ 1 เครื่อง ตั้งเครื่อง Personal Pump ไว้บนขาตั้งสามขาที่ความสูงจากพื้นระดับที่นักเรียนนั่งเก้าอี้ในห้องเรียนที่ระดับจมูกนักเรียน (แสดงดังภาพที่ 5) โดยเครื่องจะติดตั้ง Cyclone สำหรับเก็บฝุ่นละออง (PM_{10}) ห้องเรียนที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ให้ห้องเรียนที่ศึกษาอยู่ในแนวระดับเดียวกัน (ชั้น 2) มีลักษณะกิจกรรมภายในห้องเรียนใกล้เคียงกันจะเริ่มดำเนินการตรวจวัดตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จุดที่ตั้งเครื่องตรวจวัดตั้งอยู่กลางห้องเรียน เพื่อเป็นตัวแทนอากาศในห้องเรียน หลังจากเก็บปริมาณฝุ่นละอองในห้องเรียนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำกระดาษ PVC ที่เก็บฝุ่นละออง (PM_{10}) มาไว้ในเครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ 5 ลักษณะการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนภายในห้องเรียน

3.6.2 การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม

การเก็บข้อมูลแบบสอบถามนักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวได้ศึกษาจากเอกสารและการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำขึ้นและได้นำแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เก็บข้อมูล

แบบสอบถาม ช่วงฤดูฝน 1 ครั้ง และช่วงฤดูหนาว 1 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS Statistic 17.0

1.ค่าเฉลี่ย (Average) พิสัย (Range) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับอธิบายข้อมูลปริมาณ PM_{10} ที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด

2.ใช้สถิติ (T-test) เพื่อทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณ PM_{10} ระหว่างโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

3.ใช้วิธีคำนวณ (Average Daily Intake หรือ ADI) คำนวณหาปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวันของนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.ใช้วิธีคำนวณ (Relative Risk) สำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ระหว่างเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ความเสี่ยงระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว

5.ค่าร้อยละ ใช้อธิบายข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ที่ได้จากแบบสอบถามนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์มาสรุปผลการศึกษา

บทที่ 4

ผลการการศึกษาและการอภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในห้องเรียนที่มีผลต่อสุขภาพของเด็กนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ให้ผลการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1.ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.ข้อมูลจากแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

3.ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.1.1 โรงเรียนกลุ่มศึกษา

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนมีต่ำสุดที่ 0.074 มก./ลบ.ม. ค่าสูงสุดที่ 0.749 มก./ลบ.ม. ค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 มก./ลบ.ม.

4.1.2 โรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนมีต่ำสุด 0.032 มก./ลบ.ม. ค่าสูงสุดที่ 0.251 มก./ลบ.ม. ค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 มก./ลบ.ม.

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ช่วงฤดูกาล	ครั้งที่	ปริมาณฝุ่นละออง เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	
		กลุ่มศึกษา	กลุ่มเปรียบเทียบ
		PM_{10}	PM_{10}
ฤดูฝน	1	0.152	0.091
	2	0.175	0.074
	3	0.248	0.141
	4	0.196	0.127
	5	0.150	0.095
	6	0.188	0.102
	7	0.098	0.085
	8	0.119	0.045
	9	0.080	0.039
	10	0.096	0.045
	11	0.074	0.032
	12	0.110	0.048
ฤดูหนาว	13	0.156	0.097
	14	0.134	0.052
	15	0.195	0.102
	16	0.245	0.135
	17	0.480	0.194
	18	0.352	0.232
	19	0.566	0.145
	20	0.496	0.193
	21	0.596	0.251
	22	0.471	0.157
	23	0.362	0.140
	24	0.749	0.125

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ช่วงฤดูกาล	ครั้งที่	ปริมาณฝุ่นละออง เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (ลูกบาศก์เมตร/มิลลิกรัม)	
		กลุ่มศึกษา	กลุ่มเปรียบเทียบ
		PM_{10}	PM_{10}
ฤดูหนาว	25	0.212	0.131
	26	0.191	0.099
	27	0.142	0.078
	28	0.177	0.089
	29	0.093	0.059
	30	0.110	0.086
พิสัย		0.074-0.749	0.032-0.251
ค่าเฉลี่ย		0.247	0.110
ส่วนเบี่ยงเบนค่ามาตรฐาน		0.178	0.056

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน ระหว่างโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ด้วยสถิติ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value = 0.05) พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ห้องเรียนของกลุ่มศึกษาแตกต่างกับกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลจากตารางข้างต้นมาสรุปโดยแบ่งออกเป็นช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว แสดงดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน

	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	
	กลุ่มศึกษา	**กลุ่มเปรียบเทียบ**
พิสัย	0.074-0.248	0.032-0.141
ค่าเฉลี่ย	0.141	0.077
S.D.	0.0536	0.0359

ตารางที่ 8 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว

	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	
	กลุ่มศึกษา	**กลุ่มเปรียบเทียบ**
พิสัย	0.093-0.749	0.052-0.251
ค่าเฉลี่ย	0.318	0.131
S.D.	0.1973	0.0566

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนระหว่างโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่าในฤดูฝน ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาแตกต่างกับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนในฤดูหนาว พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาแตกต่างกับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบในฤดูฝน และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนกับฤดูหนาว พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนกับฤดูหนาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับในกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนที่ตรวจวัดได้ในฤดูฝนกับฤดูหนาว โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2 ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ข้อมูลของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ที่ได้จากแบบสอบถาม รวมทั้งสิ้น 93 คน (กลุ่มศึกษา 56 คน กลุ่มเปรียบเทียบ 37 คน) แสดงข้อมูลดังนี้

4.2.1 ข้อมูลทั่วไป

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเพศชายจำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 73.2 เป็นเพศหญิงจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 26.8 โดยทั้งหมดมีอายุ 15 ปี เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 78.6 ผู้ปกครองที่ดูแลนักเรียนส่วนใหญ่เป็นบิดาและมารดา คิดเป็นร้อยละ 69.6 รองลงมาเป็นบิดาหรือมารดา คิดเป็นร้อยละ 19.6 โดยผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 48.5 รองลงมามีการศึกษาระดับประถมศึกษาคิดเป็นร้อยละ 23.8 อาชีพหลักของผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 35.7 รองลงมาอาชีพทำการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 9.9

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเพศชายจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 43.2 เป็นเพศหญิงจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 56.8 โดยทั้งหมดมีอายุ 15 ปี เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 75.7 ผู้ปกครองที่ดูแลนักเรียนส่วนใหญ่เป็นบิดาและมารดา คิดเป็นร้อยละ 67.6 รองลงมาเป็นบิดาหรือมารดา คิดเป็นร้อยละ 18.9 โดยผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 47.8 รองลงมามีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 32.8 อาชีพหลักของผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 31.3 รองลงมาอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 29.8

โดยข้อมูลทั่วไปจากแบบสอบถามของเด็กนักเรียน ทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลทั่วไปของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1.เพศ				
ชาย	41	73.2	16	43.2
หญิง	15	26.8	21	56.8
2.อายุ				
14 ปี	9	16.1	5	13.5
15 ปี	44	78.6	28	75.7
16 ปี	3	5.3	4	10.8
3.ผู้ปกครองที่ดูแลนักเรียน				
บิดาและมารดา	39	69.6	25	67.6
บิดาหรือมารดา	11	19.6	7	18.9
ปู่และย่า	2	3.6	2	5.4
ตาและยาย	4	7.2	3	8.1
ญาติอื่นๆ	-	-	-	-
4.ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง				
ไม่ได้เรียน	4	4.0	10	14.9
ประถมศึกษา	24	23.8	32	47.8
มัธยมศึกษาตอนต้น	49	48.5	22	32.8
มัธยมศึกษาตอนปลาย	19	18.8	3	4.5
อนุปริญญา	3	3.0	-	-
ปริญญาตรี	2	1.9	-	-
สูงกว่าปริญญาตรี	-	-	-	-

ตารางที่ 9 ข้อมูลทั่วไปของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
5.อาชีพหลักของผู้ปกครอง				
ทำการเกษตร	10	9.9	18	26.9
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	36	35.7	20	29.8
รับราชการ	6	5.9	4	6.0
รัฐวิสาหกิจ	5	4.9	2	3.0
บริษัทเอกชน	8	7.9	2	3.0
รับจ้าง	36	35.7	21	31.3
โรงงานอุตสาหกรรม	22	22.0	14	20.9
ทางการเกษตร	6	5.9	4	6.0
ขับรถ	4	3.9	3	4.4
ทั่วไป	4	3.9	-	-

4.2.2 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มี ลักษณะบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน คิดเป็นร้อยละ 48.2 รองลงมาบ้านทาวน์เฮาส์ คิดเป็นร้อยละ 28.6 สภาพบริเวณบ้านส่วนใหญ่เป็นบ้านไม่มีรั้ว คิดเป็นร้อยละ 44.6 รองลงมามีรั้วคอนกรีตรอบบ้าน คิดเป็นร้อยละ 26.8 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่จะมีจำนวน 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.1 รองลงมามีจำนวน 7 – 10 คน คิดเป็นร้อยละ 17.8 ระยะทางระหว่างบ้านพักกับถนนส่วนใหญ่มีระยะทาง 21 – 100 เมตร คิดเป็นร้อยละ 60.8 รองลงมามีระยะทาง 101 – 500 เมตร คิดเป็นร้อยละ19.6 ระยะทางระหว่างบ้านพักกับโรงเรียนส่วนใหญ่มีระยะทาง 1,001 – 2,000 เมตร คิดเป็นร้อยละ 44.6 รองลงมามีระยะทางมากกว่า 2,000 เมตร คิดเป็นร้อยละ 34 สภาพถนนใกล้บ้านพักส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 71.1 สภาพถนนที่ใช้เดินทางมาโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 100 โรงงานอุตสาหกรรมในรัศมี 1,000 เมตร จากบ้านพักมี คิดเป็นร้อยละ 41.1 และไม่มี คิดเป็นร้อยละ 58.9 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 75 ไม่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 25 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ในบ้าน คิดเป็นร้อยละ 69 สูบ

บุหรี่นอกบ้าน คิดเป็นร้อยละ 31 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้แก๊ส คิดเป็นร้อยละ 92.9 มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 64.3 ไม่มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 35.7 มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 71.4 ไม่มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 28.6 การจราจรบนถนนใกล้บ้านพัก ทำให้เกิดฝุ่นละอองมีน้อย คิดเป็นร้อยละ 73.2 ฝุ่นละอองมีมาก คิดเป็นร้อยละ 26.8 การเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนโดยยานพาหนะส่วนใหญ่เดินทางมาโดยรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาเดินทางมาโดยรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 26.8 กิจกรรมยามว่างของนักเรียนส่วนใหญ่คือการเล่นคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 32.1 รองลงมาคือดูทีวี เล่นกีฬาและอ่านหนังสือ คิดเป็นร้อยละ 22.9 19.3 และ 18.4 ตามลำดับ

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มี ลักษณะบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมาบ้านเดี่ยวมีใต้ถุน คิดเป็นร้อยละ 32.4 สภาพบริเวณบ้านส่วนใหญ่เป็นบ้านที่มีต้นไม้พุ่มเตี้ยเป็นแนวรอบบ้าน คิดเป็นร้อยละ 37.9 รองลงมาบ้านไม่มีรั้ว คิดเป็นร้อยละ 27 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่จะมีจำนวน 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 70.3 รองลงมามีจำนวน 7 – 10 คน คิดเป็นร้อยละ 16.2 ระยะทางระหว่างบ้านพักกับถนนส่วนใหญ่มีระยะทาง 21 – 100 เมตร คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมามีระยะทาง 101 – 500 เมตร คิดเป็นร้อยละ 27 ระยะทางระหว่างบ้านพักกับโรงเรียนส่วนใหญ่มีระยะทาง 1,001 – 2,000 เมตร คิดเป็นร้อยละ 48.7 รองลงมามีระยะทางมากกว่า 501 - 2,000 เมตร คิดเป็นร้อยละ 27 สภาพถนนใกล้บ้านพักส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 64.9 สภาพถนนที่ใช้เดินทางมาโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต คิดเป็นร้อยละ 91.9 โรงงานอุตสาหกรรมในรัศมี 1,000 เมตร จากบ้านพักมี คิดเป็นร้อยละ 13.5 และไม่มี คิดเป็นร้อยละ 86.5 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 75.7 ไม่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 24.3 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ในบ้าน คิดเป็นร้อยละ 71.4 สูบบุหรี่นอกบ้าน คิดเป็นร้อยละ 28.6 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้แก๊ส คิดเป็นร้อยละ 81.1 มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 75.7 ไม่มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 24.3 มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 18.9 ไม่มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 81.1 การจราจรบนถนนใกล้บ้านพัก ทำให้เกิดฝุ่นละอองมีน้อย คิดเป็นร้อยละ 45.9 ฝุ่นละอองมีมาก คิดเป็นร้อยละ 54.1 การเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนโดยยานพาหนะส่วนใหญ่เดินทางมาโดยรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 73 รองลงมาเดินทางมาโดยรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 16.2 กิจกรรมยามว่างของนักเรียนส่วนใหญ่คือดูทีวี คิดเป็นร้อยละ

30.7 รองลงมาคือทำงานบ้าน เล่นกีฬาและเล่นคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 22.7 18.2 และ 17 ตามลำดับ

โดยข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมจากแบบสอบถามของเด็กนักเรียน ทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ข้อมูลด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1.ลักษณะบ้านพักอาศัย				
บ้านเดี่ยวมีใต้ถุน	8	14.3	12	32.4
บ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน	27	48.2	18	48.7
บ้านทาวน์เฮาส์	16	28.6	4	10.8
อาคารพาณิชย์	5	8.9	3	8.1
2.สภาพบริเวณบ้าน				
มีต้นไม้ใหญ่เป็นแนวรอบบ้าน	6	10.7	8	21.6
มีต้นไม้พุ่มเตี้ยเป็นแนวรอบบ้าน	10	17.9	14	37.9
มีรั้วคอนกรีตรอบ	15	26.8	5	13.5
บ้านไม่มีรั้ว	25	44.6	10	27.0
3.จำนวนสมาชิกในครัวเรือน				
1-3 คน	9	16.1	5	13.5
4-6 คน	37	66.1	26	70.3
7-10 คน	10	17.8	6	16.2
มากกว่า 10 คน	-	-	-	-
4.ระยะทางระหว่างบ้านพักกับถนน				
1-20 เมตร	5	8.9	4	10.8
21-100 เมตร	34	60.8	18	48.7
101-500 เมตร	11	19.6	10	27.0
มากกว่า 500 เมตร	6	10.7	5	13.5

ตารางที่ 10 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ข้อมูลด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
5.ระยะทางระหว่างบ้านพักกับโรงเรียน				
น้อยกว่า 500 เมตร	-	-	3	8.1
501 - 1,000 เมตร	12	21.4	10	27.0
1,001 - 2,000 เมตร	25	44.6	18	48.7
มากกว่า 2,000 เมตร	19	34	6	16.2
6.สภาพถนนใกล้บ้านพัก				
ถนนลาดยางหรือคอนกรีต	42	75.1	24	64.9
ถนนหินคลุก	4	7.1	3	8.1
ถนนลูกรัง	6	10.7	5	13.5
ถนนดิน	4	7.1	5	13.5
7.สภาพถนนที่ใช้เดินทางมาโรงเรียน				
ถนนลาดยางหรือคอนกรีต	56	100	34	91.9
ถนนหินคลุก	-	-	-	-
ถนนลูกรัง	-	-	3	8.1
ถนนดิน	-	-	-	-
8.โรงงานอุตสาหกรรมในรัศมี 1,000 เมตร จากบ้านพัก				
ไม่มี	33	58.9	32	86.5
มี	23	41.1	5	13.5
9.สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่				
มี	42	75.0	28	75.7
ไม่มี	14	25.0	9	24.3
10.สมาชิกครอบครัวสูบบุหรี่บริเวณใด				
สูบบุหรี่ในบ้าน	29	69.0	20	71.4
สูบบุหรี่นอกบ้าน	13	31.0	8	28.6

ตารางที่ 10 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ข้อมูลด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
11.เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหาร				
ไฟฟ้า	4	7.1	2	5.4
แก๊ส	52	92.9	30	81.1
ถ่านหรือฟืน	-	-	5	13.5
12.สัตว์เลี้ยง				
มี	36	64.3	28	75.7
ไม่มี	20	35.7	9	24.3
13.เครื่องปรับอากาศ				
มี	40	71.4	7	18.9
ไม่มี	16	28.6	30	81.1
14.การจราจรบนถนนใกล้บ้านพัก ทำให้เกิดฝุ่นละออง				
มีน้อย	41	73.2	17	45.9
มีมาก	15	26.8	20	54.1
15.เดินทางมาโรงเรียนโดยยานพาหนะ				
รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ	6	10.7	-	-
รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ	28	50.0	27	73.0
รถไฟ	-	-	-	-
รถยนต์ส่วนบุคคล	5	8.9	-	-
รถจักรยานยนต์	15	26.8	6	16.2
รถจักรยาน	2	3.6	4	10.8
16.กิจกรรมยามว่าง				
เล่นกีฬา	21	19.3	16	18.2
เล่นคอมพิวเตอร์	35	32.1	15	17.0
ดูทีวี	25	22.9	27	30.7
ทำงานบ้าน	8	7.3	20	22.7
อ่านหนังสือ	20	18.4	10	11.4

4.2.3 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ

การเก็บข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนจากแบบสอบถาม จะทำการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง คือ ช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.2.3.1 ข้อมูลช่วงฤดูฝน

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีอาการจาม 15 คน คิดเป็นร้อยละ 14.7 ไอมีเสมหะ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 9.8 น้ำมูกไหล 13 คน คิดเป็นร้อยละ 12.7 คัดจมูก 11 คน คิดเป็นร้อยละ 10.8 ไอ 15 คน คิดเป็นร้อยละ 14.7 เจ็บคอ 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.8 เสียงแหบ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 12.7 หายใจติดขัด 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.9 ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล 4 คน คิดเป็นร้อยละ 3.9 มีไข้ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.9 และมีผื่นขึ้นตามผิวหนัง 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.9 ในฤดูฝน

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีอาการจาม 9 คน คิดเป็นร้อยละ 16.9 ไอมีเสมหะ 8 คน คิดเป็นร้อยละ 15.1 น้ำมูกไหล 10 คน คิดเป็นร้อยละ 18.9 คัดจมูก 5 คน คิดเป็นร้อยละ 9.4 ไอ 8 คน คิดเป็นร้อยละ 15.1 เจ็บคอ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 9.4 เสียงแหบ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5.7 หายใจติดขัด 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.8 ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.9 และมีไข้ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.8 ในฤดูฝน แสดงดังตารางที่ 11

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 11 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน				
จาม	15	14.7	9	16.9
ไอมีเสมหะ	10	9.8	8	15.1
น้ำมูกไหล	13	12.7	10	18.9
คัดจมูก	11	10.8	5	9.4
ไอ	15	14.7	8	15.1
เจ็บคอ	9	8.8	5	9.4
เสียงแหบ	13	12.7	3	5.7
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง				
หายใจติดขัด	5	4.9	2	3.8
หายใจหอบถี่	-	-	-	-
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ				
ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล	4	3.9	1	1.9
มีไข้	5	4.9	2	3.8
มีผื่นขึ้นตามผิวหนัง	2	1.9	-	-

* ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจเป็นเพียงการคาดการณ์ ซึ่งอาจไม่ได้มาจากผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้งหมด ทั้งนี้อาจมีอาการและอาการแสดงของเด็กนักเรียนที่เป็นไข้หวัดหรืออาการแทรกซ้อนอื่นๆปะปนอยู่ด้วย

4.2.3.2 ข้อมูลช่วงฤดูหนาว

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีอาการจาม 30 คน คิดเป็นร้อยละ 18.5 ไอมีเสมหะ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.7 น้ำมูกไหล 13 คน คิดเป็นร้อยละ 16.4 คัดจมูก 9 คน คิดเป็นร้อยละ 11.4 ไอ 25 คน คิดเป็นร้อยละ 15.4 เจ็บคอ คน คิดเป็น 17 ร้อยละ10.5 เสียงแหบลง 5 คน คิดเป็นร้อยละ 3.1 หายใจติดขัด 7 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3 ระคายเคืองตา หรือแสบตาน้ำตาไหล/ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 31. มีไข้ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 6.2 และมีผื่นขึ้นตามผิวหนัง 3 คน คิดเป็นร้อยละ 1.9 ในฤดูหนาว

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีอาการจาม 12 คน คิดเป็นร้อยละ 15.1 ไอมีเสมหะ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.7 น้ำมูกไหล 13 คน คิดเป็นร้อยละ 16.4 คัดจมูก 9 คน คิดเป็นร้อยละ 11.4 ไอ 11 คน คิดเป็นร้อยละ 13.9 เจ็บคอ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.7 เสียงแหบลง 3 คน คิดเป็นร้อยละ .38 หายใจติดขัด 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.8 ระคายเคืองตา หรือแสบตา/น้ำตาไหล 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 และมีไข้ 6 คน คิดเป็นร้อยละ 7.6 ในฤดูหนาว แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน				
จาม	30	18.5	12	15.1
ไอมีเสมหะ	20	12.3	10	12.7
น้ำมูกไหล	21	12.9	13	16.4
คัดจมูก	19	11.7	9	11.4
ไอ	25	15.4	11	13.9
เจ็บคอ	17	10.5	10	12.7
เสียงแหบ	5	3.1	3	3.8
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง				
หายใจติดขัด	7	4.3	3	3.8
หายใจหอบถี่	-	-	-	-

ตารางที่ 12 ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ				
ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล	5	3.1	2	2.5
มีไข้	10	6.2	6	7.6
มีผื่นขึ้นตามผิวหนัง	13	1.9	-	-

*ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจเป็นเพียงการคาดการณ์ ซึ่งอาจไม่ได้มาจากผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนทั้งหมด ทั้งนี้อาจมีอาการและอาการแสดงของเด็กนักเรียนที่เป็นไข้หวัดหรืออาการแทรกซ้อนอื่นๆปะปนอยู่ด้วย

4.3 ข้อมูลความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดิน

เมื่อนำข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว มาวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ สามารถแสดงข้อมูลได้ดังนี้

4.3.1 วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจในฤดูฝน

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเสี่ยงต่อการจาม 1.101 เท่า (95% CI = 0.539-2.250) ไอมีเสมหะ 0.826 เท่า (95% CI = 0.359-1.897) น้ำมูกไหล 0.859 เท่า (95% CI = 0.421-1.751) คัดจมูก 1.454 เท่า (95% CI = 0.550-3.843) ไอ 1.239 เท่า (95% CI = 0.585-2.625) เจ็บคอ 1.189 เท่า (95% CI = 0.433-3.270) เสียงแหบ 2.863 เท่า (95% CI = 0.876-9.362) หายใจติดขัด 1.652 เท่า (95% CI = 0.338-8.071) ระคายเคืองตา หรือแสบตา/น้ำตาไหล 2.643 เท่า (95% CI = 0.307-22.725) และมีไข้ 2.643 เท่า (95% CI = 0.307-22.725) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน

ข้อมูลทั่วไป	ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ			
	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	RR	95%CI	RR	95%CI
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน				
จาม	1.101	0.539-2.250	0.967	0.760-1.232
ไอมีเสมหะ	0.826	0.359-1.897	1.048	0.851-1.291
น้ำมูกไหล	0.859	0.421-1.751	1.052	0.825-1.342
คัดจมูก	1.454	0.550-3.843	0.929	0.775-1.114
ไอ	1.239	0.585-2.625	0.934	0.741-1.178
เจ็บคอ	1.189	0.433-3.270	0.970	0.818-1.152
เสียงแหบ	2.863	0.876-9.362	0.836	0.703-0.993
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง				
หายใจติดขัด	1.652	0.338-8.071	0.963	0.860-1.077
หายใจหอบถี่	-	-	-	-
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ				
ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล	2.643	0.307-22.725	0.954	0.872-1.045
มีไข้	2.643	0.307-22.725	0.954	0.872-1.045
มีผื่นขึ้นตามผิวหนัง	-	-	-	-

4.3.2 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจในฤดูหนาว

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเสี่ยงต่อการจาม 1.652 เท่า (95% CI = 0.977-2.793) ไอมีเสมหะ 1.321 เท่า (95% CI = 0.700-2.495) น้ำมูกไหล 1.067 เท่า (95% CI = 0.614-1.856) คัดจมูก 1.395 เท่า (95% CI = 0.710-2.741) ไอ 1.502 เท่า

(95% CI = 0.845-2.668) เจ็บคอ 1.123 เท่า (95% CI = 0.580-2.177) คันคอ .2161 เท่า (95% CI = 0.803-5.821) เสียงแหบ 1.101 เท่า (95% CI = 0.280-4.333) หายใจติดขัด 1.542 เท่า (95% CI = 0.426-5.585) ระคายเคืองตา หรือแสบตา/น้ำตาไหล 1.652 เท่า (95% CI = 0.338-8.071) และมีไข้ 1.101 เท่า (95% CI = 0.438-2.772) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว

ข้อมูลทั่วไป	**ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ**			
	กลุ่มศึกษา		**กลุ่มเปรียบเทียบ**	
	RR	**95%CI**	**RR**	**95%CI**
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน				
จาม	1.652	0.977-2.793	0.687	0.480-0.984
ไอมีเสมหะ	1.321	0.700-2.495	0.881	0.668-1.162
น้ำมูกไหล	1.067	0.614-1.856	0.964	0.705-1.316
คัดจมูก	1.395	0.710-2.741	0.873	0.672-1.134
ไอ	1.502	0.845-2.668	0.788	0.575-1.079
เจ็บคอ	1.123	0.580-2.177	0.954	0.735-1.240
เสียงแหบ	1.101	0.280-4.333	0.991	0.874-1.124
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง				
หายใจติดขัด	1.542	0.426-5.585	0.952	0.830-1.093
หายใจหอบถี่	-	-	-	-
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ				
ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล	1.652	0.338-8.071	0.963	0.860-1.077
มีไข้	1.101	0.438-2.772	0.980	0.813-1.182
มีผื่นขึ้นตามผิวหนัง	-	-	-	-

4.3.3 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว

เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในฤดูหนาว มีความเสี่ยงต่อการจาม 2.000 เท่า (95% CI = 1.217-3.287) ไอมีเสมหะ 2.000 เท่า (95% CI = 1.031-3.880) น้ำมูกไหล 1.615 เท่า (95% CI = 0.901-2.897) คัดจมูก 1.727 เท่า (95% CI = 0.908-3.288) ไอ 1.667 เท่า (95% CI = 0.989-2.809) เจ็บคอ 1.889 เท่า (95% CI = 0.921-3.873) เสียงแหบลง 0.385 เท่า (95% CI = 0.147-1.007) หายใจติดขัด 1.400 เท่า (95% CI = 0.472-4.148) ระคายเคืองตา หรือแสบตา/น้ำตาไหล 1.250 เท่า (95% CI = 0.354-4.414) และมีไข้ 2.000 เท่า (95% CI = 0.730-5.478) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ในฤดูฝน

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในฤดูหนาว มีความเสี่ยงต่อการจาม 1.333 เท่า (95% CI = 0.640-2.779) ไอมีเสมหะ 1.250 เท่า (95% CI = 0.556-2.811) น้ำมูกไหล 1.300 เท่า (95% CI = 0.654-2.584) คัดจมูก 1.800 เท่า (95% CI = 0.666-4.862) ไอ 1.375 เท่า (95% CI = 0.625-3.025) เจ็บคอ 2.000 เท่า (95% CI = 0.757-5.286) เสียงแหบลง 1.000 เท่า (95% CI = 0.216-4.637) หายใจติดขัด 1.500 เท่า (95% CI = 0.266-8.463) ระคายเคืองตา หรือแสบตา/น้ำตาไหล 2.000 เท่า (95% CI = 0.189-21.114) และมีไข้ 3.000 เท่า (95% CI = 0.647-13.911) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูฝน แสดงดังตารางที่ 15

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 15 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว

ข้อมูลทั่วไป	ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ			
	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	RR	95%CI	RR	95%CI
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน				
จาม	2.000	1.217-3.287	1.333	0.640-2.779
ไอมีเสมหะ	2.000	1.031-3.880	1.250	0.556-2.811
น้ำมูกไหล	1.615	0.901-2.897	1.300	0.654-2.584
คัดจมูก	1.727	0.908-3.288	1.800	0.666-4.862
ไอ	1.667	0.989-2.809	1.375	0.625-3.025
เจ็บคอ	1.889	0.921-3.873	2.000	0.757-5.286
เสียงแหบ	0.385	0.147-1.007	1.000	0.216-4.637
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง				
หายใจติดขัด	1.400	0.472-4.148	1.500	0.266-8.463
หายใจหอบถี่	-	-	-	-
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ				
ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล	1.250	0.354-4.414	2.000	0.189-21.114
มีไข้	2.000	0.730-5.478	3.000	0.647-13.911
มีผื่นขึ้นตามผิวหนัง	-	-	-	-

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษากับกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ในฤดูฝน ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา เป็น 1.272 เท่า (95% CI = 0.933-1.733) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนในฤดูหนาว ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียน

ในกลุ่มศึกษาเป็น 1.355 เท่า (95% CI = 1.065-1.724) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ และเมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว ทั้งเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า (95% CI = 1.270-1.986) ของฤดูฝน ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาวเป็น 1.491 เท่า (95% CI =1.080-2.057) ของฤดูฝน

4.3.4 การรับสัมผัส (Average Daily Intake หรือ ADI) ปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ผลการรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) นักเรียนในกลุ่มศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย พบว่ามีปริมาณการรับสัมผัส ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0060 และ 0.0611 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0202±0.0145 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน นักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม พบว่ามีปริมาณการรับสัมผัส ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0026 และ 0.0205 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0089±0.0045 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) นักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ปริมาณการรับสัมผัส (ADI)	โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย	โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม
ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	0.0060-0.0611	0.0026-0.0205
ค่าเฉลี่ย	0.0202	0.0089
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0145	0.0045

4.4 อภิปรายผลการศึกษา

4.4.1 อภิปรายผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

จากผลการศึกษาด้านปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 มก./ลบ.ม. ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ตามค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม. โดยค่าสูงสุดของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนอยู่ที่ 0.749 มก./ลบ.ม. ตรวจวัดได้ในครั้งที่ 24 วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นวันเดียวกัน เมื่อทำการตรวจเทียบกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า ในวันดังกล่าวมีอุณหภูมิ 23.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 46% ความเร็วลม 11.5 m/s ลมพัดมาจากทางทิศเหนือ ไม่มีฝนตก จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาสรุปได้ว่า ในวันที่ทำการตรวจวัดฝุ่นละออง อยู่ในช่วงฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความเร็วลมสูง ส่งผลให้ฝุ่นละอองมีการกระจายตัวสูง ค้างอยู่ในบรรยากาศนาน และลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือได้พัดพาเอาฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จำนวนมากที่อยู่บริเวณพื้นผิวถนนและการจราจรบนท้องถนน ซึ่งตั้งอยู่ในทางทิศใต้ของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ได้จึงมีค่าสูง อีกทั้งโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยซึ่งเป็นโรงเรียนในกลุ่มศึกษาติดกับถนนสายหลักที่มีรถขนส่ง รถโดยสารประจำทาง รถบรรทุก และรถยนต์ส่วนบุคคลผ่าน ทำให้ได้รับผลกระทบของฝุ่นละอองจากการขนส่งด้วย ส่วนค่าต่ำสุดของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน อยู่ที่ 0.074 มก./ลบ.ม. ตรวจวัดได้ในครั้งที่ 11 วันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2559 วันเดียวกัน เมื่อทำการตรวจเทียบกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า ในวันดังกล่าวมีอุณหภูมิ 29.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ความเร็วลม 1.8 m/s ลมพัดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีฝนตก ปริมาณน้ำฝนมาก จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาสรุปได้ว่า ในวันที่ทำการตรวจวัด อยู่ในช่วงฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกตลอดทั้งเดือน โดยในเดือนกันยายน มี

ฝนตกถึง 14 วัน ส่งผลให้ฝุ่นละอองมีการจับตัวกับน้ำฝน ดังนั้นฝุ่นละอองในบรรยากาศส่วนใหญ่จะตกลงสู่พื้นดิน ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ได้จึงมีค่าต่ำ

ส่วนผลการศึกษาด้านปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 มก./ลบ.ม. ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ตามค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม. โดยมีค่าสูงสุดของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน อยู่ที่ 0.251 มก./ลบ.ม. ตรวจวัดได้ในครั้งที่ 21 วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2559 พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลจากลมทิศเหนือ ฝุ่นละอองซึ่งส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มาจากพื้นดิน การเดินทาง หรือกิจกรรมต่างๆ ทำให้เกิดการกระจายตัวในบรรยากาศ เมื่อรวมกับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีผลให้ฝุ่นละอองมีการกระจายตัวสูง และค้างอยู่ในบรรยากาศนาน ส่วนค่าต่ำสุดของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน อยู่ที่ 0.032 มก./ลบ.ม. ตรวจวัดได้ในครั้งที่ 11 วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2559 วันเดียวกัน พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุกและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงมีฝุ่นละอองปริมาณน้อยที่ยังคงอยู่ในบรรยากาศ อีกทั้งโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม ซึ่งเป็นโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีต้นไม้ที่เป็นแนวกั้นฝุ่นละอองจำนวนมาก และห่างจากถนนสายหลักที่มีรถขนส่งรถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง และรถส่วนบุคคล ผ่านพอสมควร นอกจากนี้ เส้นทางเข้าโรงเรียนจากถนนสายหลักประมาณ 5-6 กม. มีต้นไม้ทั้งสองข้างทาง

จากผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่า อิทธิพลของลมมรสุมทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละครั้ง เนื่องจากในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดผ่านในช่วงกลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ความเร็วลมสูง โดยทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศเหนือ ส่งผลให้ฝุ่นละอองมีการกระจายตัวสูง ค้างอยู่ในบรรยากาศนาน อีกทั้ง

บริเวณทางทิศใต้ของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือ ได้พัดพาเอาฝุ่นละอองจำนวนมากที่อยู่บริเวณถนนสายหลักสู่บริเวณโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ดังนั้นปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาในช่วงนี้ จึงมีค่าสูง ส่วนโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบถึงแม้จะอยู่ห่างจากถนนสายหลัก แต่ก็ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นกัน ด้านอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่เกิดในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ช่วงดังกล่าว จะมีฝนตกชุก โดยเฉพาะในเดือนกันยายนฝุ่นละอองจะจับตัวกับน้ำฝนและตกลงสู่พื้นดิน ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ในทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบจึงมีค่าต่ำ

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในอาคารหรือห้องเรียนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ (ยศกิต เรืองทวีป, 2552) ศึกษาปริมาณปริมาณ PM_{10} ภายในห้องเรียน เปรียบเทียบโรงเรียนชุมชนวัดทุ่งหลวง ซึ่งอยู่ใกล้กับ อุตสาหกรรมโรงโม่หิน และโรงเรียนสนามพุทธาวาส ซึ่งอยู่ไกลออกไปจากโรงโม่หิน อ.ปากท่อ จ. ราชบุรี พบว่าโรงเรียนที่อยู่ใกล้กับอุตสาหกรรมโรงโม่หิน มีปริมาณ PM_{10} ภายในห้องเรียนมี ค่าเฉลี่ย 0.302±0.250 มก./ลบ.ม. ส่วนโรงเรียนที่ไกลออกไปจากโรงโม่หินมีปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีค่าเฉลี่ย 0.121±0.043 มก./ลบ.ม. ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าต่างจากการศึกษาครั้งนี้เล็กน้อย อาจเนื่องจาก ลักษณะการทำ งานของโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาโรงโม่หินจะมีลักษณะการทำงานโม่หินทุกวัน ทำให้เกิดปริมาณฝุ่นสะสมในอากาศได้จำนวนมาก เช่นเดียวกับ (สุชนะ บ่อคำ, 2556) ศึกษาปริมาณ PM_{10} ภายในโรงเรียนวัดบ้าน ซึ่งอยู่ใกล้กับเส้นทางขนส่งของกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทราย และโรงเรียนบ้านหนองกะโดน ตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม นอกเส้นทางขนส่ง พบว่าโรงเรียนที่ใกล้กับเส้นทางขนส่งของกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทราย และโรงเรียนที่ไกลเส้นทางขนส่ง มีปริมาณ PM_{10} 0.126±0.062 มก./ลบ.ม. และ 0.091±0.016 มก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากโรงเรียนที่ตั้งอยู่ติดกับเส้นทางขนส่งกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทราย ทำให้ได้รับฝุ่นละอองจำนวนมากขณะขนส่ง อาจมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกที่ไม่มีพลาสติกคลุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (ปิยนุช ชัยพฤติตานนท์, 2556) ศึกษาปริมาณ PM_{10} ภายในอาคารเรียนของวิทยาลัยการอาชีพพนมทวน พบว่าปริมาณ PM_{10} เท่ากับ 0.695±0.750 มก./ลบ.ม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสภาพห้องเรียนภายในอาคารเรียนของทางวิทยาลัยมีระบบระบายอากาศภายในไม่ดีพอ ซึ่งเป็นเหตุของการสะสมฝุ่นละออง แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) กับงานวิจัยอื่นๆ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) กับงานวิจัยอื่นๆ

งานวิจัย	ประเภทของแหล่งกำเนิด	ค่าเฉลี่ยปริมาณ PM_{10}
งานวิจัยนี้	**การจราจรถนนสายหลัก**	**0.247 ± 0.178**
ยศกิต (2552)	**อุตสาหกรรมโรงโม่หิน**	**0.302 ± 0.250**
สุชณะ (2556)	**อุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทราย**	**0.126 ± 0.062**
ปิยนุช (2556)	**ภายในอาคารเรียน**	**0.695 ± 0.750**

หมายเหตุ: ปริมาณ PM_{10} หน่วย คือ มก./ลบ.ม.

4.4.2 อภิปรายผลการศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากฝุ่นละออง ของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

จากผลการศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว พบว่าอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนบน เช่น อาการไอ น้ำมูกไหล เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ (ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์และถิรถงษ์ ถิรมนัส, 2545) โดยจะพบมากในฤดูหนาว ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้น ในช่วงฤดูหนาว ทำให้เด็กนักเรียนได้รับสัมผัสฝุ่นละอองมากขึ้น ประกอบกับในช่วงฤดูหนาว เป็นช่วงเปลี่ยนฤดู จากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศเย็นตัวลง เด็กนักเรียนที่อยู่ในช่วงอายุ 14-16 ปี อาจปรับตัวไม่ทัน รวมกับการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองที่มีปริมาณสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาว ทำให้เกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจสูงกว่าปกติ โดยเฉพาะเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนสูง นอกจากนี้เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปและข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม กับการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจ ($p > 0.05$) ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

4.4.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (Relative risk) ระหว่างเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการเก็บข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาวพบว่ามีความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาเป็น 1.355 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในส่วนฤดูฝนพบว่ามีความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาเป็น 1.272 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงของ 2 ฤดูกาล แตกต่างกัน โดยในฤดูหนาวเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาจะมีความเสี่ยงมากกว่าเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบของในฤดูฝน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ สัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้น ในช่วงฤดูหนาว เช่นเดียวกับผลการศึกษาอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว ทั้งเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า (95% CI = 1.270-1.986) ของฤดูฝน ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาวเป็น1.491 เท่า (95% CI = 1.080-2.057) ของฤดูฝน พบว่าความเสี่ยงในทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกัน โดยเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษามีความเสี่ยงระหว่างฤดูกาลมากกว่าเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

ซึ่งผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกันกับผลการศึกษาของ (สุชนะ บ่อคำ, 2556) ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน อาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจและความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ มีความสอดคล้องกันทั้งในฤดูฝนและฤดูหนาว โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของกลุ่มศึกษาโรงเรียนวัดบ้านยางที่ตรวจวัดในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 0.126±0.062 มก.ลบ.ม. ส่วนของงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ย 0.141±0.053 มก.ลบ.ม.

ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบโรงเรียนวัดหนองกระโดน มีค่าเฉลี่ย 0.091±0.016 มก.ลบ.ม. ส่วนของงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ย 0.077±0.035 มก.ลบ.ม. มีค่าใกล้เคียงกันเช่นกัน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของกลุ่มศึกษาโรงเรียนวัดบ้านยางที่ตรวจวัดในฤดูหนาว มีค่าเฉลี่ย 0.167±0.042 มก.ลบ.ม. ส่วนของงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ย 0.318±0.197 มก.ลบ.ม. ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบโรงเรียนวัดหนองกระโดน มีค่าเฉลี่ย 0.094±0.027 มก.ลบ.ม. ส่วนของงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ย 0.131±0.056 มก.ลบ.ม. มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในฤดูหนาวจะมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนมากกว่าในฤดูฝนทั้งในโรงเรียนกลุ่มศึกษาและโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ ทั้งเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบในฤดูฝน พบว่า งานวิจัยนี้มีความเสี่ยงเป็น 1.272 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนงานวิจัยของสุชนะ มีความเสี่ยงเป็น 1.550 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาวพบว่า งานวิจัยนี้มีความเสี่ยงเป็น 1.355 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนงานวิจัยของสุชนะ มีความเสี่ยงเป็น 1.573 เท่า ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งงานวิจัยนี้และงานวิจัยของสุชนะ พบว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกัน คือในฤดูหนาวจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการมากกว่าในฤดูฝน

4.4.4 อภิปรายผลการรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลการศึกษาการรับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0611 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย 0.0202 ± 0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0205 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย 0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{10} การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ PM_{10} มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} (0.0202 ±

0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ (0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) สอดคล้องกับการศึกษาของ (ปรียาภรณ์ เหมวัตร, 2557) โรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง มากกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรม

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน และปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน พบว่า โรงเรียนกลุ่มศึกษามีปริมาณ PM_{10} ค่าต่ำสุด 0.074 มก./ลบ.ม. ค่าสูงสุด 0.749 มก./ลบ.ม.และค่าเฉลี่ย 0.247 มก./ลบ.ม. ปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} ค่าต่ำสุด 0.0060 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ค่าสูงสุด 0.0611 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และค่าเฉลี่ย 0.0202 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีปริมาณ PM_{10} ค่าต่ำสุด 0.032 มก./ลบ.ม. ค่าสูงสุด 0.251 มก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ย 0.110 มก./ลบ.ม. ปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} ค่าต่ำสุด 0.0026 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ค่าสูงสุด 0.0205 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และค่าเฉลี่ย 0.0089 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน ปริมาณ PM_{10} ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} ของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ กล่าวคือ โรงเรียนกลุ่มศึกษา (โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย) มีปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} มากกว่าโรงเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ (โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม) แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงปริมาณ **PM_{10}** และปริมาณการรับสัมผัส **PM_{10} (ADI)** ของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ปริมาณ	กลุ่มศึกษา		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	PM_{10}	การรับสัมผัส	PM_{10}	การรับสัมผัส
ค่าต่ำสุด	**0.074**	**0.0060**	**0.032**	**0.0026**
ค่าสูงสุด	**0.749**	**0.0611**	**0.251**	**0.0205**
ค่าเฉลี่ย	**0.247**	**0.0202**	**0.110**	**0.0089**

หมายเหตุ: ปริมาณ PM_{10} หน่วย คือ มก./ลบ.ม.

ปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} หน่วย คือ มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการจราจรที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา คือโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย และโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ คือ โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม พร้อมทั้งศึกษาภาวะทางสุขภาพจากแบบสอบถาม เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทำการเก็บข้อมูลในฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในห้องเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน โรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่าปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 มก./ลบ.ม. โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 มก./ลบ.ม. เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคาร ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม. พบว่าค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดปริมาณได้ในโรงเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ระหว่างโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ T-test ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value = 0.05) พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียนของกลุ่มศึกษาแตกต่างกับกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

5.2 สรุปผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม และข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของเด็กนักเรียนจากแบบสอบถาม พบว่า เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาจำนวนทั้งหมด 56 คน เป็นเพศชาย 41 คน เพศหญิง 15 คน โดยส่วนใหญ่มีอายุ 15 ปี ผู้ปกครองที่ดูแลนักเรียนส่วนใหญ่เป็นบิดาและมารดา โดยผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อาชีพหลักของผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัว ส่วนเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบจำนวนทั้งหมด 37 คน เป็นเพศชาย 16 คน เป็นเพศหญิง 21 คน โดยส่วนใหญ่มีอายุ 15 ปี ผู้ปกครองที่ดูแลนักเรียนส่วนใหญ่เป็นบิดาและมารดา โดยผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา อาชีพหลักของผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้าง ส่วนความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งนั้น สรุปได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการศึกษาข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของเด็กนักเรียนจากแบบสอบถาม พบว่า เด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ลักษณะบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน สภาพบริเวณบ้านส่วนใหญ่เป็นบ้านไม่มีรั้ว จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่จะมีจำนวน 4-6 คน ระยะทางระหว่างบ้านพักกับถนนส่วนใหญ่มีระยะทาง 21 – 100 เมตร ระยะทางระหว่างบ้านพักกับโรงเรียนส่วนใหญ่มีระยะทาง 1,001 – 2,000 เมตร สภาพถนนใกล้บ้านพักส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต สภาพถนนที่ใช้เดินทางมาโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต โรงงานอุตสาหกรรมในรัศมี 1,000 เมตร จากบ้านพักมี คิดเป็นร้อยละ 41.1 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 75 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ในบ้าน คิดเป็นร้อยละ 69 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้แก๊ส มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 64.3 มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 71.4 ไม่มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 28.6 การจราจรบนถนนใกล้บ้านพัก ทำให้เกิดฝุ่นละอองส่วนใหญ่มีน้อย การเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนโดยยานพาหนะส่วนใหญ่เดินทางมาโดยรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ กิจกรรมยามว่างของนักเรียนส่วนใหญ่คือการเล่นคอมพิวเตอร์ ส่วนความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งนั้น สรุปได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจ

เด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ลักษณะบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน สภาพบริเวณบ้านส่วนใหญ่เป็นบ้านที่มีต้นไม้พุ่มเตี้ยเป็นแนวรอบบ้าน จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่จะมีจำนวน 4-6 คน ระยะทางระหว่างบ้านพักกับถนนส่วนใหญ่มีระยะทาง 21 – 100 เมตร ระยะทางระหว่างบ้านพักกับโรงเรียนส่วนใหญ่มีระยะทาง 1,001 – 2,000 เมตร สภาพถนนใกล้บ้านพักส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต สภาพถนนที่ใช้เดินทางมาโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยางหรือคอนกรีต โรงงานอุตสาหกรรมในรัศมี 1,000 เมตร จากบ้านพักมี คิดเป็นร้อยละ 13.5 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 75.7 สมาชิกในครอบครัวสูบบุหรี่ในบ้าน คิดเป็นร้อยละ 71.4 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้แก๊ส มีสัตว์เลี้ยงที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 75.7 มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 18.9 การจราจรบนถนนใกล้บ้านพัก ทำให้เกิดฝุ่นละอองส่วนใหญ่มีมาก การเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนโดยยานพาหนะส่วนใหญ่เดินทางมาโดยรถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ กิจกรรมยามว่างของนักเรียนส่วนใหญ่คือดูทีวี ส่วนความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่ง สรุปได้ว่า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการและอาการแสดงทางโรคระบบทางเดินหายใจ

จากการศึกษาโรคระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียน โรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ข้อมูลอาการและอาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษา ในฤดูฝน อาการจามและอาการไอ มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 14.7 รองลงมาเป็นอาการน้ำมูกไหลและอาการเสียงแหบ คิดเป็นร้อยละ 12.7 อาการที่ไม่พบคือ อาการหายใจหอบถี่ ส่วนในฤดูหนาว มีอาการจาม มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.5 รองลงมาเป็นอาการไอ คิดเป็นร้อยละ 15.4 อาการที่ไม่พบคือ อาการหายใจหอบถี่ และมีผื่นขึ้นตามผิวหนัง

นักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ในฤดูฝน มีอาการน้ำมูกไหลมากที่สุด 18.9 รองลงมาเป็นอาการจาม คิดเป็นร้อยละ 16.9 อาการที่ไม่พบคือ หายใจหอบถี่ และมีผื่นขึ้นตามผิวหนัง ส่วนในฤดูหนาว มีอาการน้ำมูกไหล มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.4 รองลงมาเป็นอาการจาม คิดเป็นร้อยละ 15.1 อาการที่ไม่พบคือ อาการหายใจหอบถี่ และมีผื่นขึ้นตามผิวหนัง

5.3 สรุปวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจระหว่างเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการเก็บข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ของเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจพบว่า เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษากับกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ในฤดูฝน มีความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา เป็น 1.272 เท่า (95% CI = 0.933-1.733) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนในฤดูหนาว ความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาเป็น 1.355 เท่า (95% CI = 1.065-1.724) ของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ และเมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงฤดูฝนกับฤดูหนาว ทั้งเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษา ในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า (95% CI = 1.270-1.986) ของฤดูฝน ส่วนความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาวเป็น 1.491 เท่า (95% CI =1.080-2.057) ของฤดูฝน

5.4 สรุปการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ของนักเรียนกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษาค่าเฉลี่ย 0.0202 ± 0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ย 0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ PM_{10} มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} (0.0202 ± 0.0145 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ (0.0089 ± 0.0045 มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)

5.5 ข้อเสนอแนะ

1.การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้นภายในห้องเรียนมีผลทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในฤดูหนาว ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้จะไม่เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคาร ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารของประเทศไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2520) และค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารของกรมควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับควบคุมระดับ PM_{10} ภายในอาคารตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 5 มก./ลบ.ม. ซึ่งทางโรงเรียนควรมีการเฝ้าระวังมากยิ่งขึ้น เช่น การปลูกต้นไม้เป็นแนวชิดกัน เพื่อป้องกันและลดการกระจาย ของฝุ่นละออง

2.หน่วยงานราชการส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานสาธารณสุขควรมีการจัดอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของฝุ่นละอองและการป้องกันให้กับชุมชนในพื้นที่เสี่ยง

3.ควรมีการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองแก่โรงเรียน ที่มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากฝุ่นละออง เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของฝุ่นละออง เพื่อใช้เป็นแนวทางการวางแผนป้องกันและแก้ไข

4.โรงเรียนในพื้นที่ควรมีการรวมกลุ่ม แลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อใช้เป็นแนวทางวางแผนป้องกันความเสี่ยงอันตรายจากฝุ่นละออง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Chattertom J. (2001). Regional and urban scale modeling of particulate matter: can PM10 be managed at a local level. Ph. D. Dissertation University of East Anglia.

Fromme H., Twardella, D., & Dietrich, S. (2007). *Particulate matter in the indoor air of classroom exploratory results from Munich and surrounding aera. Atmos Environ.* 41: 854-866.

Janssen N., Heak G., Harsema H., & Brunekreef, a. B. (1999). *Personal exposure to fine particles in children correlate closely with ambient fine particles. Archives Environmental Health.* 54: 95-101. .

US EPA. (1989). Risk Asessment Guidance for superfund Volumn I:Human Health valuation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002.

US EPA. (1991). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance “Standard Default Exposure Factors” Interim Final. Washington, D.C.: Office of Emergency and Remedial Response Toxics Integration Branch U.S., Environmental Protection Agency.

US EPA. (1999). Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Atomic Absorption (AA) Spectroscopy, Available Source: .

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). ฝุ่นละออง. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm>, 14 กรกฎาคม 2557.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงมหาดไทย. (2548). ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงาน. แหล่งที่มา: http://www.tei.or.th. .

กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ. (2549). การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2557). ฝุ่นละอองในบรรยากาศ. แหล่งที่มา: *http://www.en.mahidol.ac.th/elearning/upload/Dust_Patcharawadee.pdf*, 10

กุมภาพันธ์ 2558.

จรรยา บริวชยาวิสุทธิ์. (2552). การประเมินความเสี่ยงของการได้รับสารไตฮาโลมีเทนจากสระว่ายน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน. ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ปรียาภรณ์ เหมวัตร. (2557). ปริมาณและการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองในโรงเรียนใกล้แหล่งอุตสาหกรรม อ.เมือง จังหวัดราชบุรี. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยศิลปากร , นครปฐม.

ปวีณา ทิพย์เสวต. (2546). อิทธิพลของสิ่งก่อสร้างต่อการกระจายตัวของฝุ่นละอองบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยนุช ชัยพฤติตานนท์. (2556). การประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองของบุคลากรและนักศึกษาในวิทยาลัยการอาชีพพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. (2547). การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชรีย์ ชุติมาสกุล. (2543). การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารเรียนของโรงเรียนในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมย่อยหิน จังหวัดสระบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัpมหิดล.

ยศกิต เรืองทวีป. (2552). การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากโรงโม่หินที่มีต่อสุขภาพของนักเรียน กรณีศึกษา โรงเรียนในตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร. .

วนิดา จีนศาสตร์. (2551). มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วสันต์ มาพริก เจษฎา วงษ์มากและศุลีพร โลหะเวช. (2548). ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) จากการก่อสร้างอาคาร. โครงงานปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วีรนุช ปุยภิรมย์. (2556). การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากการจราจรที่มีต่อสุขภาพของนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์และถิรถงษ์ ถิรมนัส. (2545). ผลกระทบของปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่มีผลต่อสุขภาพนักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงโม่หินในเขตภาคตะวันออก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ. (2555). ฝุ่นละอองในอากาศกับปรับตัว. ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ. แหล่งที่มา: http://www.bangkokhealth.com/indexphp, 1 สิงหาคม 2555.

สมชัย บวรกิตติ พรชัย สิทธิศรันณย์กุลและนรินทร์ หิรัญสุทธิกุล. (2548). โรคเหตุความศิวิไลซ์. พิมพ์

ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, กรุงเทพฯ.

สาธารณสุขจังหวัดนครปฐม. (2558). (สรุปรายงานการ ป่วย, 2558) ในส่วนของจังหวัดนครปฐม รายงานผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) โรคระบบทางเดินหายใจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2558. . Retrieved from

สุชนะ บ่อคำ. (2556). การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อ ดิน-บ่อทราย ที่มีต่อสุขภาพของนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

แบบสอบถามเพื่อการศึกษา

เรื่อง ผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

เลขที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2560

ชื่อ.....นามสกุล.....

บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

คำชี้แจง เติมข้อความลงในช่องว่างที่ได้กำหนด หรือใส่เครื่องหมาย √ ลงใน □ ที่ได้กำหนดไว้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

   □ ชาย

   □ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ปัจจุบันท่านศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....

4. ศาสนา

   □ พุทธ

   □ คริสต์

   □ อิสลาม

   □ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

5. ปัจจุบันท่านอยู่ในความดูแลหรือปกครองของใคร (ตอบได้มากกว่า 1 ช่อง)

☐ บิดาและมารดา

☐ บิดาหรือมารดา

☐ ปู่และย่า

☐ ตาและยาย

☐ ญาติอื่น ๆ (โปรดระบุ.....)

6. ระดับการศึกษาของบิดา

☐ ไม่ได้เรียน

☐ ประถมศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย

☐ อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่า

7. ระดับการศึกษาของมารดา

☐ ไม่ได้เรียน

☐ ประถมศึกษา

☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย

☐ อนุปริญญา

☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่า

8. อาชีพหลักของบิดาของท่านคือ

☐ ทำการเกษตร

☐ ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ รับจ้าง (โปรดระบุ.....)

☐ รับราชการ

☐ รัฐวิสาหกิจ

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ.....)

9. อาชีพหลักของมารดาของท่านคือ

☐ ทำการเกษตร

☐ ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ รับจ้าง (โปรดระบุ.....)

☐ รับราชการ

☐ รัฐวิสาหกิจ

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ.....)

10. อาชีพหลักของผู้ปกครองหรือบุคคลที่ดูแลท่านคือ

☐ ทำการเกษตร

☐ ค้าขาย/ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ รับจ้าง (โปรดระบุ.....)

☐ รับราชการ

☐ รัฐวิสาหกิจ

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ.....)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

1. ลักษณะของบ้านพักอาศัยของท่าน

   ☐ บ้านเดี่ยวมีใต้ถุน

   ☐ บ้านเดี่ยวไม่มีใต้ถุน

   ☐ บ้านทาวน์เฮาส์

   ☐ อาคารพาณิชย์

   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

2. สภาพบริเวณบ้านพักอาศัยของท่าน

   ☐ มีต้นไม้ใหญ่เป็นแนวรอบบ้าน

   ☐ มีต้นไม้พุ่มเตี้ยเป็นแนวรอบบ้าน

   ☐ มีรั้วคอนกรีตรอบบ้าน

   ☐ ไม่มีรั้ว

   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

3. ครอบครัวของท่านมีผู้อยู่อาศัยประจำที่บ้านจำนวนกี่คน.....คน
4. บ้านพักของท่านอยู่ห่างจากถนนสายหลักเป็นระยะทาง.....เมตร
5. บ้านพักของท่านอยู่ห่างจากโรงเรียนเป็นระยะทาง.....เมตร
6. สภาพถนนที่อยู่ใกล้บ้านพักของท่านมีลักษณะเป็น

   ☐ ถนนลาดยางหรือคอนกรีต

   ☐ ถนนหินคลุก

   ☐ ถนนลูกรัง

   ☐ ถนนดิน

7. สภาพถนนที่ใช้ในการเดินทางมาโรงเรียนมีลักษณะเป็น

☐ ถนนลาดยางหรือคอนกรีต

☐ ถนนหินคลุก

☐ ถนนลูกรัง

☐ ถนนดิน

8. บริเวณบ้านพักของท่านในระยะรัศมี 1000 ม. มีโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศหรือไม่

☐ มีโรงงานอุตสาหกรรม (โปรดระบุ.....)

☐ ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม

9. สมาชิกในครอบครัวของท่านมีคนสูบบุหรี่หรือไม่

☐ มี (โปรดระบุจำนวน.....)

☐ ไม่มี

10. สมาชิกในครอบครัวของท่านสูบบุหรี่บริเวณใด

☐ สูบในบ้าน

☐ สูบนอกบ้าน

11. บ้านพักของท่านใช้เชื้อเพลิงชนิดใดประกอบอาหาร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ไฟฟ้า

☐ แก๊ส

☐ ถ่าน หรือฟืน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

12. บ้านพักของท่านมีสัตว์เลี้ยงหรือไม่

☐ มี (โปรดระบุชนิดสัตว์เลี้ยง.....)

☐ ไม่มี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

13. บ้านพักของท่านมีเครื่องปรับอากาศหรือไม่

☐ มี (โปรดระบุห้อง.....)

☐ ไม่มี

14. มีการเปิดเครื่องปรับอากาศนานเพียงใด

☐ 1 - 6 ชั่วโมง

☐ 7 - 12 ชั่วโมง

☐ 13 - 18 ชั่วโมง

☐ 19 - 24 ชั่วโมง

15. ฝุ่นที่บ้านพักของท่านเป็นฝุ่นที่มาจากแหล่งใด

☐ ถนน

☐ โรงงานอุตสาหกรรม

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

16. การจราจรบนถนนที่อยู่ใกล้บ้านพักของท่าน ทำให้เกิดฝุ่นละอองปลิวมาตกที่บ้านพักของท่านหรือไม่

☐ มีน้อย

☐ มีมาก

☐ ไม่มี

17. ท่านเดินทางมาโรงเรียนโดยใช้ยานพาหนะประเภทใด

☐ รถโดยสารประจำทางปรับอากาศ

☐ รถโดยสารประจำทางไม่ปรับอากาศ

☐ รถไฟ

☐ รถยนต์ส่วนบุคคล

☐ รถจักรยานยนต์

☐ รถจักรยาน

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

18. ท่านเดินทางจากบ้านพักมาถึงโรงเรียนใช้เวลา.....นาที
19. ท่านเดินทางจากโรงเรียนกลับมาถึงบ้านพักใช้เวลา.....นาที
20. กิจกรรมยามว่างของท่านขณะอยู่ที่พักอาศัยท่านประกอบกิจกรรม

☐ เล่นกีฬา (โปรดระบุชนิดกีฬา.....)

☐ เล่นคอมพิวเตอร์

☐ ดูทีวี

☐ ทำงานบ้าน

☐ อ่านหนังสือ

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ.....)

ส่วนที่ 3 ข้อมูลทางด้านสุขภาพและการเจ็บป่วยระบบทางเดินหายใจ

อาการหรืออาการแสดง	มี	ไม่มี
ระบบทางเดินหายใจส่วนบน		
-จาม		
-ไอมีเสมหะ		
-น้ำมูกไหล		
-คัดจมูก		
-ไอ		
-เจ็บคอ		
-คันคอ		
-เสียงแหบลง		
ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง		
-หายใจติดขัด		
-หายใจหอบถี่		
กรณีอื่นนอกเหนือจากโรคระบบทางเดินหายใจ		
-ระคายเคืองตาหรือแสบตา/น้ำตาไหล		
-มีไข้		
-มีผื่นตามผิวหนัง		

หมายเหตุ : กรณีที่มีอาการหรืออาการแสดงนอกเหนือจากที่แบบสอบถามกำหนด โปรดระบุ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน

วิธีคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน

มีวิธีการดังนี้

1.ก่อนการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในห้องเรียน นำกระดาษกรอง Polyvinyl Chloride (PVC) ขนาด pore size 5.0 ไมครอน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง นำไปใส่เครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.ทำการชั่งน้ำหนักกระดาษก่อนทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง ด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง โดยชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง 3 ครั้ง แล้วบันทึกน้ำหนักของกระดาษกรองไว้

3.เมื่อทำการตรวจวัดฝุ่นละอองตามกำหนดการแล้ว นำกระดาษกรองออกจากตลับด้วยปากคีบ (Forceps)

4.นำกระดาษกรองหลังทำการตรวจวัดฝุ่นละอองใส่เครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังทำการตรวจวัดฝุ่นละออง 3 ครั้ง แล้วบันทึกน้ำหนักของกระดาษกรองไว้

6.ทำการคำนวณหาปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ มีวิธีดังนี้

$$\text{ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ} = \frac{\text{น้ำหนักสุทธิของฝุ่นละออง(มิลลิกรัม)}}{\text{ปริมาตรของอากาศ(ลูกบาศก์เมตร)}}$$

น้ำหนักสุทธิของฝุ่นละออง = น้ำหนักของฝุ่นหลังทำการตรวจวัด – น้ำหนักของฝุ่นก่อนทำการตรวจวัด

ปริมาตรของอากาศ = อัตราการไหลของอากาศ × เวลาที่ทำการตรวจวัด

โดยที่ อัตราการไหลของอากาศ = 2 ลิตร ต่อ นาที

เวลาที่ใช้ในการตรวจวัด = 480 นาที

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายเดือน

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR JUNE 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	34.3	25.5	24.5	96	56	23.9	7.1	86	3.3	5.0	SE	31.0	31.8	31.7	32.4	32.7	32.6
2	34.5	25.2	25.2	98	56	T	5.5	75	4.5	8.3	E	30.6	31.5	31.4	32.0	32.4	32.6
3	35.0	24.3	23.8	96	58	0.0	2.8	66	5.8	5.0	SSE	30.5	31.6	31.4	32.0	32.4	32.5
4	36.5	25.0	24.5	92	57	1.8	6.0	79	7.6	3.6	S	31.0	31.7	31.5	31.9	32.4	32.5
5	36.5	26.0	25.0	96	45	0.0	5.7	75	6.4	7.6	WSW	30.9	31.5	31.4	32.0	32.5	32.4
6	36.3	25.5	25.3	96	50	0.0	7.4	60	7.0	5.0	SE	31.1	31.5	31.4	31.5	32.2	32.2
7	37.5	25.9	25.3	96	51	0.0	6.0	74	9.2	8.3	W	31.4	31.7	31.5	31.8	32.3	32.3
8	36.4	26.8	25.4	89	44	0.0	7.8	80	5.7	8.6	W	30.9	31.7	31.4	31.7	32.4	32.4
9	36.5	25.5	24.5	83	48	0.0	5.8	68	10.3	5.8	W	31.3	31.6	31.6	32.0	32.4	32.3
10	36.2	25.8	25.0	87	47	T	6.0	71	4.1	4.0	S	31.1	31.4	31.4	32.0	32.7	32.5
11	36.4	25.8	24.2	88	47	0.1	7.4	73	4.1	6.5	SSE	30.6	31.4	31.4	32.0	32.5	32.5
12	34.7	25.5	24.2	92	49	0.0	4.8	99	0.0	6.8	W	30.7	31.4	31.4	31.9	32.5	32.4
13	36.5	25.3	23.7	90	46	0.0	7.1	56	7.5	5.8	W	30.8	31.5	31.5	31.8	32.4	32.4
14	35.2	26.0	24.2	90	53	0.0	6.0	54	4.8	4.7	SSE	30.8	31.5	31.5	32.0	32.5	32.4
15	36.0	26.5	25.7	94	54	5.2	2.9	83	5.7	3.6	SE	30.3	31.5	31.5	32.0	32.4	32.3
16	34.5	25.5	25.0	96	51	0.5	4.4	100	0.0	3.2	E	29.6	30.4	30.5	31.4	32.1	32.5
17	33.9	24.9	24.3	100	60	4.7	6.5	91	0.1	7.2	SE	29.9	30.7	30.5	31.1	31.8	32.2
18	32.6	24.3	25.1	99	66	0.0	4.0	100	0.5	3.2	E	30.0	30.8	30.6	31.2	31.6	32.2
19	36.0	25.0	24.0	94	54	0.0	1.8	66	4.2	4.0	S	31.1	31.5	31.3	31.2	31.9	32.0
20	35.6	26.1	25.0	92	60	6.7	7.6	88	2.2	4.7	SE	30.7	31.6	31.3	31.7	32.0	32.1
21	33.2	24.6	24.5	91	61	3.5	0.7	90	2.5	6.5	SE	30.0	31.1	30.8	31.4	31.7	32.0
22	34.5	24.2	24.0	97	59	0.0	4.7	88	2.4	5.4	SW	30.1	30.6	30.4	31.1	31.6	32.0
23	34.7	25.5	25.0	96	61	0.0	5.2	86	2.5	4.7	S	30.5	31.2	31.0	31.3	31.7	32.0
24	34.7	25.3	25.1	96	57	0.0	5.3	94	4.1	3.2	SSE	30.2	31.4	31.2	31.5	31.8	31.9
25	34.5	25.2	25.0	93	56	0.0	3.8	74	4.9	3.2	SSE	30.9	31.1	31.0	31.4	31.8	31.9
26	34.5	25.5	25.3	94	55	0.4	5.3	90	4.1	5.8	WSW	31.1	31.0	30.9	31.4	31.9	32.0
27	34.5	25.3	25.0	98	56	4.7	0.9	100	1.4	5.0	S	30.3	30.9	30.8	31.3	31.6	32.0
28	34.2	25.2	25.2	97	59	T	5.7	70	1.7	7.2	W	29.6	30.5	30.2	30.9	31.3	31.8
29	35.3	25.6	25.5	87	60	T	4.8	85	3.3	6.5	SSW	29.6	30.4	30.2	30.7	31.1	31.7
30	34.0	25.2	24.5	97	60	T	3.8	93	2.0	3.6	WSW	29.8	30.7	30.4	30.8	31.1	31.6
Total	1055.2	762.0	743.0	2810	1636	51.5	152.8	2414	121.9	162.0		916.4	937.2	933.1	947.4	961.7	966.2
Mean	35.2	25.4	24.8	94	55	1.7	5.1	80	4.1	5.4	S	30.5	31.2	31.1	31.6	32.1	32.2

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 30 June 2016 = 51.5 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR JULY 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hr.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	34.9	25.0	24.7	95	56	1.5	4.7	94	4.2	4.0	SSW	30.2	31.0	30.8	31.0	31.2	31.6
2	33.1	25.2	25.0	98	66	13.1	4.1	99	0.9	4.0	SSE	29.4	30.6	30.5	31.0	31.4	31.6
3	33.5	25.5	25.3	99	63	0.0	3.2	100	1.2	3.6	E	29.7	30.5	30.2	30.6	31.1	31.6
4	35.2	26.2	25.9	92	58	T	4.5	93	5.1	3.6	WSW	30.6	31.2	30.9	31.0	31.3	31.6
5	35.1	26.2	26.0	96	61	1.2	2.6	95	1.1	3.6	WSW	30.1	31.1	30.8	31.2	31.4	31.4
6	32.0	25.0	24.8	93	66	5.6	2.1	100	0.0	3.2	SSW	28.8	29.0	29.6	30.4	31.1	31.6
7	33.5	24.6	24.5	98	67	0.0	3.7	89	3.4	5.4	S	29.8	30.3	30.1	30.4	30.8	31.4
8	34.1	24.9	23.7	96	56	0.0	5.6	68	4.0	5.8	WSW	30.2	30.9	30.5	30.8	31.0	31.4
9	33.8	25.8	25.2	85	64	0.2	1.2	88	3.6	5.8	W	29.9	30.6	30.4	30.7	31.1	31.3
10	31.5	25.0	24.5	96	78	5.8	4.7	98	0.0	2.9	S	29.2	29.7	29.6	30.3	31.0	31.2
11	34.3	25.1	24.2	98	58	T	3.6	78	3.1	5.0	SSE	30.2	30.5	30.1	30.4	30.7	31.3
12	36.3	25.2	24.5	94	50	0.5	6.2	94	9.7	6.5	W	30.5	31.1	30.8	30.9	31.3	31.4
13	35.0	25.0	25.7	97	59	31.9	7.8	100	3.9	5.8	ESE	29.1	29.8	29.8	30.8	31.5	31.3
14	35.2	25.1	25.1	98	54	0.0	5.0	75	5.4	5.0	W	29.9	30.3	30.1	30.6	31.0	31.3
15	35.2	25.3	24.7	92	57	0.2	3.5	76	7.5	4.0	NW	30.8	31.5	31.1	31.1	31.3	31.4
16	36.0	25.5	24.7	95	55	12.0	7.4	73	9.6	4.0	SSE	30.7	30.9	30.6	31.0	31.6	31.4
17	37.0	24.5	24.0	96	48	0.0	6.9	75	10.2	4.0	W	31.9	31.2	31.0	30.8	31.5	31.3
18	37.0	25.7	25.0	93	51	0.4	7.7	71	8.5	5.8	W	31.7	31.5	31.7	31.5	31.9	31.3
19	36.5	26.0	25.5	96	50	2.8	3.8	75	10.2	4.0	WSW	32.2	32.1	32.0	32.3	32.4	31.6
20	34.0	25.3	24.7	96	64	0.8	3.9	98	2.7	3.6	ESE	30.7	31.8	31.6	31.9	32.2	31.9
21	32.8	24.8	24.5	98	70	0.0	2.2	96	1.3	2.9	WNW	30.1	31.1	30.9	31.5	31.8	31.8
22	34.5	24.8	24.7	98	63	1.2	4.7	84	6.7	4.7	ESE	30.6	31.5	31.2	31.4	31.5	31.8
23	33.2	24.8	24.8	97	62	T	3.3	81	4.7	3.2	ESE	30.5	31.5	31.3	31.4	31.8	31.8
24	34.0	26.0	25.0	96	61	T	6.1	76	6.6	3.2	SE	30.8	31.1	30.9	31.6	31.8	31.8
25	34.4	24.5	24.4	96	62	T	5.3	59	9.6	2.9	NE	31.0	32.1	31.6	31.7	32.0	31.8
26	36.1	23.7	24.3	99	51	42.1	8.8	71	9.6	5.8	S	30.6	31.7	31.5	32.2	32.5	31.8
27	35.0	24.0	23.7	97	55	3.9	9.0	78	7.4	7.6	W	28.9	29.7	29.6	30.7	31.8	32.0
28	35.3	24.5	23.7	93	52	1.6	5.5	76	10.0	2.2	E	29.9	30.5	30.3	30.6	31.5	31.9
29	33.5	24.9	24.3	96	54	0.0	5.3	81	7.8	2.2	WSW	30.1	31.0	30.7	31.1	31.7	31.8
30	32.5	25.2	25.0	93	60	0.0	4.5	76	3.4	5.0	SE	30.0	30.2	30.1	31.1	31.8	31.7
31	35.0	24.5	24.0	89	46	0.0	6.8	74	3.8	5.0	W	30.2	30.3	30.2	31.1	31.8	31.8
Total	1069.5	777.8	766.1	2955	1817	124.8	153.7	2591	165.2	134.3		938.3	956.3	950.5	963.1	976.8	978.9
Mean	34.5	25.1	24.7	95	59	4.0	5.0	84	5.3	4.3	W	30.3	30.8	30.7	31.1	31.5	31.6

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 31 July 2016 = 205.3 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR AUGUST 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hr.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	35.0	25.7	25.6	87	52	0.0	5.2	76	8.6	4.7	S	30.5	31.0	30.7	31.1	31.4	31.7
2	34.5	25.5	25.0	92	57	0.0	3.9	89	1.2	4.7	SW	30.1	30.7	30.6	31.1	31.4	31.8
3	34.0	25.5	25.5	83	56	0.1	6.1	93	2.5	6.8	W	30.0	30.4	30.4	30.8	31.4	31.7
4	33.5	25.8	25.3	86	58	0.0	5.9	86	2.1	6.5	W	30.0	30.5	30.4	31.0	31.4	31.7
5	34.2	25.8	25.5	92	56	4.4	3.2	96	1.3	5.8	W	28.9	30.6	30.4	30.8	31.3	31.5
6	34.0	24.0	25.0	96	57	2.5	3.5	96	3.1	4.7	W	28.5	29.9	29.7	30.4	31.2	31.6
7	35.0	24.0	24.0	92	52	0.0	5.0	68	5.5	6.5	W	29.4	30.3	30.2	30.5	31.0	31.5
8	35.0	25.2	24.2	93	53	0.0	5.2	63	6.3	8.3	W	29.7	30.6	30.4	30.7	31.1	31.4
9	35.9	25.0	24.0	97	49	2.0	5.6	66	10.0	2.9	W	30.7	31.1	30.9	31.2	31.5	31.4
10	35.5	25.8	25.4	97	53	T	5.8	73	6.7	7.6	W	30.5	31.2	31.0	31.2	31.5	31.5
11	36.3	26.2	26.0	83	48	0.0	8.0	86	9.0	11.9	W	30.2	31.0	30.9	31.1	31.4	31.5
12	34.5	25.5	24.5	88	53	0.0	7.7	86	4.2	7.6	W	30.2	31.0	30.8	31.1	31.5	31.5
13	35.7	25.5	24.6	88	58	1.1	6.0	81	5.5	7.2	W	30.2	30.9	30.7	31.1	31.4	31.5
14	32.2	25.6	25.2	87	67	3.0	3.5	95	0.3	6.8	W	29.9	30.6	30.6	30.8	31.3	31.5
15	32.5	25.6	25.5	93	70	0.0	2.2	91	1.2	4.0	W	29.1	29.9	29.8	30.5	31.0	31.5
16	34.5	25.6	25.2	97	62	6.4	4.7	90	4.0	3.6	SSW	29.9	30.6	30.3	30.6	30.9	31.3
17	35.8	25.2	25.0	96	46	0.0	5.0	76	7.5	4.0	W	30.4	31.1	30.8	30.9	31.2	31.0
18	35.5	25.5	24.5	90	54	0.0	6.1	69	7.6	10.1	W	30.4	31.2	31.1	31.0	31.4	31.4
19	34.0	25.2	24.0	90	57	0.0	4.0	89	1.5	6.5	WSW	30.1	30.6	30.5	30.8	31.0	31.4
20	35.0	25.0	24.3	88	56	0.0	6.3	70	8.8	9.0	W	29.9	30.5	30.1	30.7	31.0	31.2
21	37.3	24.5	23.0	96	49	0.0	6.5	54	10.5	4.0	W	31.2	31.0	30.8	31.2	31.3	31.4
22	37.0	25.9	-	92	46	0.0	7.6	58	10.5	13.0	WSW	31.3	32.1	31.7	31.7	32.0	31.4
23	36.0	26.5	26.0	92	54	0.0	4.4	84	6.4	10.4	NNE	30.7	31.8	28.8	31.6	32.2	31.6
24	37.5	26.5	26.0	88	61	3.2	5.6	86	4.4	6.8	S	29.7	31.6	31.4	32.0	32.3	31.6
25	34.5	24.1	23.7	98	61	27.3	6.1	83	6.5	4.0	N	30.8	31.5	31.4	31.7	32.0	31.7
26	35.8	24.1	23.8	99	55	0.0	3.6	68	9.3	7.2	SW	30.5	31.6	31.4	31.5	31.8	31.7
27	35.5	26.5	25.5	96	59	T	8.1	60	7.8	2.9	W	31.4	31.8	31.8	31.9	32.2	31.6
28	34.6	24.4	25.7	98	62	27.3	9.3	89	2.9	2.2	E	30.6	31.4	31.2	31.7	32.1	31.8
29	33.2	25.0	23.7	98	70	1.8	8.6	94	0.5	4.0	W	30.0	30.8	30.6	31.2	31.6	31.7
30	34.0	25.2	24.7	98	62	0.0	1.4	78	4.8	3.6	SSE	30.4	31.5	31.0	31.3	31.8	31.8
31	34.5	25.6	24.7	98	63	3.6	3.6	79	6.2	4.7	SSE	30.4	31.4	31.2	31.4	31.7	31.7
Total	1082.5	785.5	745.1	2868	1756	82.7	167.7	2472	166.7	192.0		935.6	960.2	951.6	964.6	976.3	977.6
Mean	34.9	25.3	24.8	93	57	2.7	5.4	80	5.4	6.2	W	30.2	31.0	30.7	31.1	31.5	31.5

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 31 August 2016 = 288.0 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR SEPTEMBER 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hr.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	35.5	25.0	25.0	96	56	0.0	5.3	100	3.2	5.4	SW	30.5	30.6	30.4	31.0	31.8	31.7
2	33.0	25.0	24.7	92	61	0.3	6.1	89	1.2	10.1	W	29.3	30.0	29.9	31.2	31.7	31.7
3	34.7	25.1	25.1	88	55	0.0	4.4	70	6.5	7.6	W	29.5	30.3	29.9	30.3	31.0	31.6
4	34.3	25.3	24.2	93	56	5.5	5.7	60	7.3	1.4	WSW	29.7	30.4	30.2	30.7	31.1	31.5
5	34.5	25.2	25.2	89	54	0.0	-	62	2.6	0.0	C	29.5	29.9	29.9	30.6	31.1	31.5
6	35.5	25.1	-	93	57	2.7	4.2	63	7.5	3.6	ESE	29.8	30.5	30.2	30.5	30.9	31.5
7	33.8	26.2	26.0	96	63	0.0	3.0	79	6.3	5.8	SE	31.0	31.8	31.4	31.2	31.4	31.5
8	33.5	24.5	24.3	96	64	1.7	4.9	90	1.9	4.0	ENE	31.0	31.1	30.7	31.3	31.4	31.4
9	34.9	24.8	24.8	98	57	1.9	3.9	79	5.8	2.9	SSE	30.6	31.2	30.8	31.1	31.4	31.5
10	35.5	24.6	24.3	92	56	0.0	10.0	65	6.5	4.7	WNW	30.9	31.0	30.7	31.1	31.5	31.5
11	33.8	25.2	24.7	92	60	2.0	2.6	86	1.8	1.4	SSW	30.7	30.7	30.4	31.0	31.8	31.4
12	31.3	25.3	25.2	96	68	2.5	1.3	98	0.0	4.0	NNE	29.2	30.1	30.0	30.6	31.1	31.5
13	31.5	25.0	-	97	75	2.2	2.2	94	0.7	2.9	W	29.4	29.8	29.6	30.2	30.7	31.3
14	34.0	25.0	24.7	93	59	0.0	4.7	98	2.1	5.8	WSW	29.2	29.5	29.4	30.0	30.4	31.3
15	34.7	24.0	22.7	92	58	0.0	2.3	61	8.0	4.0	SW	29.9	30.4	30.0	30.2	30.5	31.1
16	35.7	24.0	23.7	97	54	0.0	6.2	55	9.4	6.8	W	30.9	31.1	30.8	30.9	31.3	31.2
17	36.0	25.2	25.0	96	53	1.2	6.3	48	9.2	5.8	WSW	31.1	31.3	30.9	31.4	31.4	31.3
18	34.0	24.8	25.0	96	54	4.9	5.7	91	5.7	4.0	W	30.4	31.0	30.6	31.2	31.4	31.5
19	34.5	24.3	24.0	98	59	60.3	FULL	86	6.1	2.2	E	29.5	29.9	29.7	30.3	31.1	30.8
20	30.8	25.2	25.0	98	77	1.9	6.4	94	1.3	4.7	N	29.0	29.5	29.2	30.1	30.6	31.3
21	34.7	24.8	24.8	99	75	9.1	4.9	99	0.3	1.4	E	29.2	30.0	29.7	30.2	30.5	31.2
22	31.3	24.2	24.5	98	72	5.1	3.2	97	3.2	5.8	NNW	28.8	29.8	29.8	30.2	30.5	31.1
23	29.8	25.0	24.8	98	80	28.5	FULL	96	0.8	1.8	NW	28.6	29.4	29.0	29.8	30.4	30.5
24	32.5	25.0	25.1	100	69	46.9	FULL	89	3.3	2.2	E	29.2	29.8	29.4	29.9	30.2	30.9
25	33.8	24.5	24.3	99	66	0.0	5.3	91	6.2	3.6	SSE	29.8	29.8	29.6	29.8	30.3	30.8
26	34.0	25.3	25.0	98	63	6.2	4.1	88	4.6	2.2	SSW	29.7	29.9	29.9	30.2	30.6	30.8
27	33.1	25.2	25.1	99	64	28.5	3.3	86	5.6	5.8	SW	29.8	30.1	30.1	30.5	30.8	30.9
28	34.2	25.2	25.0	98	60	T	4.0	84	7.9	3.2	SSW	31.3	30.6	30.4	30.8	31.0	30.8
29	34.5	24.2	23.9	97	58	0.0	6.3	76	8.2	3.6	W	30.2	31.0	30.8	30.9	31.1	31.0
30	34.5	24.9	24.6	93	62	0.0	2.7	54	8.7	4.0	WSW	30.5	31.0	30.9	31.1	31.3	31.1
Total	1013.9	747.1	690.7	2867	1865	211.4	119.0	2428	141.9	120.7		898.2	911.5	904.3	918.3	930.3	937.2
Mean	33.8	24.9	24.7	96	62	7.0	4.6	81	4.7	4.0	W	29.9	30.4	30.1	30.6	31.0	31.2

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 30 September 2016 = 499.4 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR NOVEMBER 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hr.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	30.5	24.5	20.3	96	72	9.0	3.2	73	2.8	3.6	WNW	29.4	29.7	29.5	29.7	30.1	30.6
2	31.3	24.4	24.2	96	64	15.2	3.0	78	2.9	1.4	NNE	28.6	29.6	29.3	29.4	29.9	30.6
3	30.5	25.0	24.7	97	61	0.0	3.5	61	5.2	5.8	N	27.8	28.8	28.4	28.8	29.8	30.6
4	30.2	22.7	22.5	96	60	0.0	2.5	59	1.6	5.4	N	27.4	28.6	28.0	29.1	29.5	30.6
5	32.0	23.5	23.2	98	61	0.0	5.9	64	6.2	3.6	NE	28.6	28.9	28.7	29.2	29.3	29.4
6	32.8	23.7	23.7	97	60	T	4.1	66	3.5	2.9	N	29.3	29.7	29.6	29.5	29.5	30.3
7	32.8	24.2	24.0	97	61	7.0	2.2	34	3.8	1.8	E	29.3	30.0	29.6	29.7	30.0	30.3
8	31.9	24.8	24.8	98	71	11.3	3.7	93	1.8	1.1	NE	29.0	30.0	29.5	29.8	30.0	30.4
9	31.2	24.3	24.0	98	74	1.3	2.1	89	1.6	1.4	SW	28.8	29.8	29.4	29.8	30.0	30.3
10	32.2	24.8	24.5	99	71	14.6	1.1	75	3.7	2.9	NNE	28.8	29.7	29.4	29.7	29.9	30.3
11	31.0	24.5	24.0	98	70	0.0	5.4	45	8.8	3.2	N	28.7	29.8	29.4	29.5	29.8	30.4
12	32.2	22.5	22.1	98	57	0.0	3.6	3	9.3	4.7	N	29.1	29.4	29.2	29.7	29.8	30.3
13	32.6	23.8	23.5	98	60	0.0	2.4	39	6.0	4.0	NE	28.9	29.7	29.4	29.3	29.6	30.3
14	33.6	23.6	23.2	99	58	0.0	4.1	21	9.2	3.6	N	29.3	30.3	29.7	29.4	29.6	30.4
15	33.3	25.0	24.5	95	59	0.0	5.0	39	5.8	3.2	NNE	29.9	30.7	30.2	30.2	30.5	30.4
16	32.7	24.0	23.0	94	53	0.0	3.3	11	9.4	5.0	N	29.9	30.6	30.1	30.2	30.4	30.5
17	31.5	23.0	21.8	96	57	0.0	5.5	33	7.7	3.2	NE	29.2	29.9	29.4	29.9	30.2	30.5
18	32.3	21.7	21.0	99	55	0.0	3.8	8	9.5	5.0	WNW	28.6	29.5	28.9	29.7	29.9	30.2
19	33.6	21.2	19.7	100	56	0.0	2.8	0	9.0	3.2	N	28.5	29.4	29.3	29.5	29.9	30.6
20	33.0	25.2	24.8	96	57	0.0	4.5	26	8.1	3.6	NNW	29.5	30.1	29.6	29.8	30.0	30.5
21	33.0	23.0	22.5	97	58	0.0	2.8	10	7.6	4.0	N	29.1	29.3	29.6	29.9	30.2	30.5
22	32.9	22.3	21.1	98	52	0.0	4.0	36	8.6	4.0	NNE	28.7	29.5	29.1	29.6	29.9	30.4
23	33.5	22.5	22.0	96	54	0.4	4.4	29	8.6	4.7	N	28.9	29.3	28.9	29.5	29.9	30.4
24	32.1	22.5	-	94	69	0.0	5.5	85	6.8	3.2	N	29.3	29.8	29.5	29.7	30.1	30.4
25	34.0	24.5	23.7	100	61	0.0	0.3	41	6.4	4.0	NW	29.6	30.0	29.7	29.8	30.3	30.4
26	33.1	25.0	24.1	98	59	0.0	2.4	28	7.8	3.6	ENE	29.6	30.3	29.9	30.2	30.4	30.3
27	31.5	23.5	22.5	100	57	0.0	5.8	20	9.1	2.2	N	29.3	30.0	29.8	30.0	30.4	30.4
28	29.8	22.6	21.2	100	61	0.0	2.4	56	5.6	4.0	N	28.4	29.3	28.8	29.6	30.0	30.5
29	31.0	21.0	20.3	97	54	0.0	7.1	0	9.5	5.0	NNE	28.0	28.9	28.2	29.2	29.8	30.5
30	30.7	21.0	20.6	95	58	0.0	3.6	5	9.5	5.8	NNW	28.2	29.2	28.6	28.9	29.6	30.4
Total	962.8	704.3	661.5	2920	1820	58.8	110.0	1227	195.4	109.1		867.7	889.8	878.7	888.3	898.3	911.7
Mean	32.1	23.5	22.8	97	61	1.5	3.7	41	6.5	3.6	NNE	28.9	29.7	29.3	29.6	29.9	30.4

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 30 November 2016 = 790.6 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR DECEMBER 2016

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hr.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	29.8	21.4	20.5	95	52	0.0	4.5	9	8.3	9.4	NNW	28.1	29.2	28.4	29.0	29.5	30.3
2	30.4	22.6	20.3	84	52	0.0	1.4	46	8.6	8.3	N	28.8	29.4	28.6	29.0	29.5	30.2
3	29.8	21.0	20.8	84	61	0.0	4.6	91	1.0	10.4	N	28.0	29.0	28.4	28.9	29.5	30.2
4	31.2	24.0	22.0	91	56	0.0	0.7	76	5.1	6.8	NNW	28.8	29.3	28.5	29.1	29.2	30.1
5	29.0	22.0	22.0	90	63	0.0	4.3	89	1.5	5.8	NNW	28.7	29.0	28.4	28.8	29.1	30.0
6	28.0	23.0	25.5	84	60	0.0	5.0	95	0.0	6.8	NE	27.8	28.5	28.0	28.6	29.0	30.2
7	28.9	22.5	21.0	87	56	0.0	1.7	79	1.5	7.2	NNW	27.3	27.5	27.5	28.2	28.5	29.9
8	29.8	21.2	21.0	89	56	0.0	3.4	90	0.6	7.6	NE	27.3	28.3	27.7	28.1	28.5	29.7
9	30.2	21.0	19.7	95	47	0.0	5.5	35	9.1	4.7	NE	27.8	28.7	27.5	28.0	28.5	29.6
10	30.5	20.0	18.5	93	50	0.0	2.3	25	8.9	5.4	NW	27.3	28.5	27.8	28.2	28.6	29.4
11	30.0	18.8	17.3	96	52	0.0	2.8	24	8.5	4.0	N	27.0	28.2	27.3	28.1	28.7	29.4
12	30.8	18.0	17.0	100	50	0.0	5.8	21	8.2	3.2	WNW	27.1	28.5	27.6	28.0	28.6	29.5
13	32.5	19.1	17.1	95	46	0.0	3.3	38	7.3	3.6	NW	26.3	28.6	27.7	28.2	28.6	29.4
14	31.5	18.5	17.0	99	52	0.0	1.0	9	5.3	2.9	NNE	27.7	28.4	27.6	28.0	28.6	29.3
15	30.5	23.2	21.0	96	61	0.0	4.2	56	1.2	6.8	NNE	27.9	28.8	28.1	28.6	28.8	29.4
16	26.0	21.5	21.0	87	61	0.0	3.4	100	0.0	10.1	N	26.1	27.5	27.1	28.0	28.4	29.4
17	28.8	19.0	18.7	82	54	0.0	6.5	60	7.2	7.2	N	26.1	27.2	26.7	28.0	28.0	29.3
18	30.0	19.0	18.0	95	53	0.0	5.1	25	9.5	5.4	N	26.8	27.8	27.4	27.4	28.2	29.2
19	31.4	19.6	18.8	93	54	0.0	1.3	4	9.3	5.0	N	27.8	28.5	27.7	27.8	28.2	29.1
20	32.8	20.0	18.7	98	52	0.0	6.5	35	8.0	4.0	W	28.0	28.8	28.0	28.2	28.5	29.0
21	33.8	21.5	20.5	97	50	0.0	4.3	31	8.8	3.2	NNE	29.3	29.8	28.8	28.7	29.0	29.2
22	31.8	23.2	21.6	91	61	0.0	0.7	51	4.7	2.9	N	29.0	29.9	29.1	29.0	29.3	29.3
23	32.2	22.2	20.0	94	57	0.0	3.4	18	5.0	4.7	NNE	28.9	29.4	28.6	28.6	29.2	29.4
24	33.4	22.2	20.5	96	50	0.0	4.6	30	8.8	3.2	N	28.0	29.7	28.7	29.1	29.4	29.4
25	34.0	20.6	19.0	96	53	0.0	2.8	25	9.2	5.8	NNE	29.6	29.8	29.3	29.5	29.3	29.5
26	34.2	21.2	20.0	99	48	0.0	4.9	25	9.3	3.6	W	29.8	30.0	29.7	29.4	29.5	29.5
27	31.5	23.0	20.0	91	43	0.0	5.0	29	9.0	4.7	NNW	28.7	29.5	28.9	29.1	29.4	29.6
28	28.0	20.7	17.6	89	53	0.0	6.3	18	9.4	4.0	NNE	27.4	28.8	28.3	28.6	29.1	29.6
29	27.9	17.5	16.5	92	46	0.0	4.2	1	9.5	6.8	N	26.0	27.5	27.0	28.0	28.5	29.5
30	28.2	17.5	19.5	81	44	0.0	3.7	35	6.0	6.5	NE	26.1	27.3	26.8	28.1	28.0	29.5
31	28.2	19.5	22.5	82	55	0.0	5.4	63	2.2	8.3	NW	26.6	27.7	27.0	27.7	28.0	29.3
Total	945.1	644.5	613.6	2841	1648	0.0	118.6	1333	191.0	178.3		860.1	889.1	868.2	882.0	893.2	916.4
Mean	30.5	20.8	19.8	92	53	0.0	3.8	43	6.2	5.8	N	27.7	28.7	28.0	28.5	28.8	29.6

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 31 December 2016 = 790.6 Millimetre

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR JANUARY 2017

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	29.5	23.0	22.5	79	59	0.0	2.7	48	7.5	7.6	NNE	27.5	28.4	27.6	27.9	28.2	29.0
2	31.2	20.5	21.5	87	57	0.0	4.9	35	6.2	8.3	NNW	27.3	28.4	27.7	28.0	28.2	28.6
3	30.2	22.7	21.5	88	63	0.0	3.0	59	3.5	5.8	NNW	27.7	28.4	27.9	28.2	28.1	29.0
4	30.5	22.2	22.0	88	58	0.1	3.8	66	3.0	4.0	NW	27.8	28.2	27.9	29.2	28.7	29.0
5	28.1	24.0	24.0	96	69	T	3.8	90	0.7	8.3	N	27.2	28.0	27.6	28.2	28.2	29.0
6	29.7	22.6	22.6	89	70	0.0	2.0	93	0.7	7.6	NNW	26.5	27.6	27.1	27.7	27.9	29.0
7	29.5	21.5	21.3	91	66	0.0	3.0	98	0.2	4.0	NNE	27.4	27.5	27.1	27.5	28.0	28.9
8	28.0	23.6	23.5	99	77	3.4	1.0	99	0.0	2.9	NW	26.8	27.6	27.1	27.7	27.9	28.9
9	26.1	22.8	22.5	99	92	17.9	FULL	100	0.0	2.2	NNW	26.0	26.9	26.6	27.3	27.5	28.8
10	26.5	20.0	23.5	100	86	12.4	FULL	100	0.0	2.9	WNW	25.9	26.4	26.2	26.6	27.5	28.2
11	31.2	23.2	23.0	99	62	0.0	FULL	84	3.8	5.4	S	26.8	27.3	26.9	27.2	27.5	28.6
12	33.2	24.3	23.8	97	61	0.0	5.0	63	5.8	4.0	ESE	28.2	28.5	28.0	27.8	28.0	28.5
13	33.5	21.5	20.3	98	43	0.0	0.6	56	8.0	3.2	W	28.0	27.7	27.9	27.9	28.4	28.6
14	32.5	19.8	18.8	98	56	0.0	4.5	38	9.0	3.2	ENE	27.9	28.4	27.9	28.0	28.1	28.7
15	32.5	23.0	22.3	96	52	0.0	3.9	46	8.1	4.0	N	28.3	28.7	28.3	28.4	28.5	28.7
16	32.0	21.0	19.7	95	60	0.0	2.3	28	8.5	4.0	NNW	28.0	28.3	27.9	28.2	28.6	28.3
17	29.9	24.8	24.3	95	71	1.9	1.7	59	1.3	2.9	NW	27.6	28.4	28.0	28.3	28.5	28.8
18	32.4	23.2	22.5	98	56	0.0	4.7	68	8.0	3.6	E	28.6	29.1	28.6	28.5	28.6	28.8
19	32.5	22.5	22.5	93	55	0.0	2.7	40	9.2	5.4	N	28.5	29.0	28.4	28.6	29.0	28.9
20	32.5	21.5	19.5	98	53	0.0	4.6	33	9.3	2.2	NNW	28.6	29.3	28.5	28.7	28.8	28.9
21	30.5	22.6	20.7	87	59	0.0	4.2	53	9.3	3.2	NW	28.4	29.0	28.6	28.7	28.9	29.1
22	29.8	20.2	20.0	86	58	0.0	3.1	11	9.5	4.0	N	27.4	28.2	27.8	28.4	29.0	29.1
23	28.8	21.7	20.5	79	57	0.0	4.0	34	6.0	5.0	N	27.5	28.2	27.8	28.1	28.6	29.1
24	29.5	20.0	18.2	89	50	0.0	2.5	24	8.4	6.5	N	27.2	28.1	27.7	28.0	28.4	29.1
25	30.8	21.0	19.5	83	55	0.0	5.6	0	8.5	7.6	NNW	27.2	27.5	27.2	28.1	28.4	29.0
26	30.5	22.5	20.8	90	58	0.0	3.9	25	8.2	6.8	N	28.0	28.6	28.0	28.2	28.4	29.0
27	31.3	21.2	18.9	93	49	0.0	3.8	9	9.4	3.6	N	28.5	29.1	28.6	28.8	28.8	29.0
28	31.5	17.5	14.7	96	38	0.0	2.7	6	9.1	3.2	NW	28.4	28.1	27.8	28.6	29.1	29.0
29	32.5	17.5	16.0	98	46	0.0	4.6	26	7.6	2.9	E	27.8	28.4	28.1	28.4	28.8	29.1
30	32.5	18.5	16.3	98	43	0.0	4.3	13	8.7	3.2	E	28.4	28.9	28.4	28.5	28.9	29.1
31	31.3	18.8	16.5	95	49	0.0	4.3	23	9.0	3.6	E	28.2	29.0	28.5	28.7	29.1	29.1
Total	950.5	669.2	643.7	2877	1828	35.7	97.2	1527	186.5	141.1		857.6	875.2	861.7	872.4	880.6	894.9
Mean	30.7	21.6	20.8	93	59	1.2	3.5	49	6.0	4.6	E	27.7	28.2	27.8	28.1	28.4	28.9

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 31 January 2017 = 35.7 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR FEBRUARY 2017

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	32.2	16.8	15.0	95	40	0.0	3.8	19	8.8	4.0	W	27.9	28.7	28.4	28.8	29.0	29.3
2	30.6	17.7	16.3	95	58	0.0	2.9	31	6.9	4.0	NE	27.8	27.4	28.2	28.5	29.0	29.2
3	30.8	23.0	22.0	91	61	0.0	4.5	55	5.2	4.7	NE	29.0	29.4	28.8	28.8	29.3	29.1
4	33.0	20.5	19.0	98	50	0.0	4.0	16	9.6	3.2	NW	28.5	29.5	28.5	29.1	30.0	29.1
5	34.6	19.4	17.5	99	28	0.0	5.4	1	9.7	2.2	N	29.2	29.8	29.5	29.5	29.8	29.4
6	34.5	18.0	16.2	90	35	0.0	5.1	0	9.4	2.9	E	29.2	29.4	29.2	29.4	30.0	29.5
7	35.3	20.8	18.0	79	33	0.0	5.9	18	9.7	5.4	N	28.9	30.2	29.6	29.3	30.0	29.5
8	34.8	19.2	15.7	96	37	0.0	3.6	0	9.7	2.2	SE	29.6	29.9	29.6	29.6	30.3	29.6
9	34.5	19.0	16.3	98	42	0.0	4.7	6	8.7	1.4	ENE	29.5	30.1	29.7	29.7	30.1	29.8
10	33.0	21.6	20.0	96	57	0.0	2.3	35	5.5	3.2	E	29.2	30.1	29.6	29.7	30.2	29.8
11	31.7	20.0	17.5	99	46	0.0	6.3	6	8.8	5.0	NE	29.2	29.9	29.5	29.6	30.1	29.8
12	29.2	20.7	16.7	81	50	0.0	5.1	23	10.0	8.6	NNW	28.5	28.1	27.8	29.1	29.9	29.9
13	28.8	19.5	16.7	81	46	0.0	4.3	0	9.8	8.6	N	27.4	28.3	28.2	29.0	29.9	29.8
14	29.7	17.5	14.4	85	49	0.0	4.5	19	9.5	6.8	NNW	27.8	28.6	28.2	28.7	29.1	29.8
15	30.2	19.5	16.0	87	54	0.0	5.9	30	9.5	8.3	N	28.0	28.8	28.4	28.9	29.3	29.7
16	31.0	18.2	16.7	83	40	0.0	2.2	38	10.2	9.0	NNW	27.8	28.9	28.5	29.0	29.6	29.5
17	32.7	16.9	15.0	98	39	0.0	6.5	10	9.5	3.2	E	28.9	29.3	28.8	29.0	29.6	29.6
18	33.2	17.9	15.0	96	43	0.0	3.9	23	9.2	5.8	ENE	29.1	29.7	29.0	29.3	29.7	29.6
19	33.5	18.8	17.0	95	38	0.0	2.6	30	9.3	3.6	E	28.3	29.4	29.2	29.4	30.1	29.6
20	35.1	19.5	17.3	96	46	0.0	2.4	13	8.9	7.6	SSE	29.6	30.2	29.6	29.8	30.0	29.8
21	35.8	21.4	18.5	92	36	0.0	3.0	23	10.0	7.2	ESE	30.8	31.2	30.3	30.0	30.6	29.9
22	35.2	22.5	19.5	96	42	0.0	6.2	4	8.2	7.2	ESE	30.6	31.2	30.4	30.3	30.9	29.9
23	36.6	23.9	21.8	96	44	0.0	4.4	19	9.7	6.8	SE	32.2	32.3	31.4	30.9	31.1	30.1
24	35.5	25.5	22.5	97	51	0.0	5.7	26	9.0	12.6	SE	32.4	33.1	32.0	31.4	31.6	30.3
25	35.5	24.0	22.3	96	49	0.0	5.9	0	7.6	9.4	SSE	30.9	32.6	31.7	31.5	30.7	30.5
26	34.9	23.9	22.2	97	50	0.0	6.2	26	8.5	10.4	SE	31.7	33.0	32.2	31.8	31.7	30.7
27	32.5	24.0	22.3	97	56	0.7	4.2	46	3.5	5.0	S	30.9	31.7	31.2	31.5	31.7	30.9
28	34.0	22.0	20.3	96	48	0.0	5.3	0	8.6	5.0	N	30.6	30.7	30.3	30.6	31.4	30.8
Total	928.4	571.7	507.7	2605	1268	0.7	126.8	517	243.0	163.3		823.5	841.5	827.8	832.2	844.7	834.5
Mean	33.2	20.4	18.1	93	45	0.0	4.5	18	8.7	5.8	N	29.4	30.1	29.6	29.7	30.2	29.8

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 28 February 2017 = 36.4 Millimetres

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR MARCH 2017

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	34.5	22.0	20.1	97	44	0.0	5.5	13	9.1	5.4	NE	31.0	31.3	30.9	30.9	31.2	30.8
2	32.0	22.0	21.5	98	43	0.0	5.1	0	7.8	6.8	N	30.5	31.2	30.6	30.8	31.6	30.6
3	34.7	20.3	17.7	93	41	0.0	4.8	24	8.8	6.5	E	30.9	31.4	31.0	30.9	31.1	30.8
4	35.8	22.6	19.5	96	41	0.0	4.0	1	9.3	11.2	SE	31.5	32.0	31.3	31.2	31.3	30.8
5	36.2	24.3	22.9	97	44	0.0	4.2	23	8.8	5.4	S	32.4	32.4	31.7	31.5	31.6	30.8
6	37.6	23.8	23.5	95	28	0.0	5.6	23	9.5	8.6	SE	32.7	33.0	32.1	31.8	31.8	30.9
7	36.2	24.1	21.5	97	46	0.0	5.3	4	9.4	5.0	SSE	32.8	33.2	32.3	31.8	24.0	31.0
8	34.6	25.4	23.9	98	53	0.0	4.8	25	9.3	10.4	S	32.5	33.3	32.5	32.3	32.4	31.1
9	34.5	24.8	23.0	95	52	0.0	7.0	34	9.5	16.2	SE	32.3	33.2	32.3	32.0	32.4	31.4
10	34.7	25.0	24.1	87	51	0.0	6.7	14	10.0	10.4	SE	33.0	33.5	32.7	32.4	32.5	31.3
11	35.5	23.8	22.0	93	52	0.0	2.2	15	10.0	8.6	S	33.0	33.7	32.9	32.5	32.8	31.4
12	38.2	24.0	23.5	92	33	0.0	9.2	4	9.8	8.3	S	33.4	33.8	32.8	32.5	33.2	31.3
13	37.5	24.5	22.0	93	38	0.0	9.8	16	9.9	6.5	SE	34.1	34.4	33.3	32.9	33.2	31.6
14	38.0	25.0	23.5	96	34	0.0	0.0	0	9.3	7.6	ESE	33.6	34.0	33.1	32.9	33.4	31.7
15	36.2	26.0	24.5	99	57	0.0	4.9	26	8.8	5.8	SE	34.0	34.4	33.5	33.1	33.4	32.2
16	35.8	26.3	25.0	99	58	0.0	6.1	19	8.7	11.9	SSE	34.1	34.6	33.7	33.3	33.5	32.4
17	35.3	26.4	25.0	96	52	0.0	9.1	35	9.1	9.4	SSE	34.0	34.7	33.8	33.2	33.8	32.1
18	35.7	25.0	24.0	97	54	0.0	3.7	18	7.7	7.6	SSE	33.3	34.3	33.4	33.3	33.8	32.2
19	36.2	24.5	23.3	96	44	0.0	3.3	20	10.2	6.8	SE	34.1	34.7	33.9	33.5	33.8	32.3
20	36.0	24.5	22.5	96	50	0.0	5.4	10	9.5	6.5	S	34.2	34.8	34.0	33.6	34.1	32.3
21	37.5	25.0	23.5	92	31	0.0	5.9	0	9.9	5.8	SSE	34.5	34.8	33.9	33.8	34.4	32.5
22	37.0	24.9	22.5	86	38	0.0	FULL	5	9.4	6.8	SE	34.5	34.9	34.0	33.8	34.2	32.6
23	36.5	24.5	23.0	92	40	0.0	7.3	0	10.3	8.3	SSE	34.0	34.9	33.8	33.8	34.4	32.7
24	36.0	26.5	25.5	92	57	0.0	6.3	23	2.1	12.6	SE	33.5	34.3	33.6	33.8	34.4	32.8
25	36.9	24.5	23.3	95	47	0.0	4.0	50	7.2	5.0	SE	34.2	34.8	34.0	33.8	34.1	32.8
26	37.2	24.8	22.5	94	46	114.1	FULL	5	10.1	8.6	ESE	34.4	34.8	34.0	33.8	34.5	32.6
27	29.8	22.2	22.2	100	70	0.0	FULL	78	1.6	8.6	E	27.3	28.7	28.4	29.6	31.3	32.5
28	33.3	23.3	22.5	97	55	0.0	4.5	40	9.0	2.9	NW	29.6	30.5	29.9	30.6	31.0	32.5
29	35.2	25.0	23.0	96	49	0.0	6.2	29	9.4	10.1	E	29.9	30.8	30.6	30.8	31.5	32.0
30	36.0	24.6	23.7	96	51	0.0	5.2	23	10.0	10.4	SE	30.5	31.4	30.9	31.0	31.5	31.5
31	36.4	25.5	24.7	94	47	0.0	5.7	34	8.8	9.4	SSE	31.6	31.9	31.2	31.4	31.6	31.6
Total	1107.0	755.1	709.4	2944	1446	114.1	151.8	611	272.3	253.4		1011.4	1029.7	1006.1	1002.6	1007.8	985.1
Mean	35.7	24.4	22.9	95	47	3.7	5.4	20	8.8	8.2	SE	32.6	33.2	32.5	32.3	32.5	31.8

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

FULL = Error data because of heavy rainfall

= Reoccurrence minimum temperature

Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 31 March 2017 = 150.5 Millimetres

Sourec: Nakhonpathom Meteorological Station Tel./Fax. 0-3435-1945

คำย่อ และความหมาย

คำย่อ	คำเต็ม	ความหมาย	หน่วยวัด	หมายเหตุ
-	AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR ...	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกษตร ประจำเดือน....	-	
-	NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION	สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม	-	
Air Temperature (°C)	Air Temperature (Degree Celsius)	อุณหภูมิอากาศ	องศาเซลเซียส	
Max.	Maximum Temperature	อุณหภูมิสูงสุด	องศาเซลเซียส	
Min.	Minimum Temperature	อุณหภูมิต่ำสุด	องศาเซลเซียส	
G.min.	Grass Minimum Temperature	อุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้า	องศาเซลเซียส	
Humidity (%)	Humidity (Percentage)	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	เปอร์เซ็นต์	
Max.	Maximum Humidity	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	เปอร์เซ็นต์	
Min.	Minimum Humidity	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด	เปอร์เซ็นต์	
Rain (mm.)	Rainfall (Millimetre)	ปริมาณฝน	มิลลิเมตร	
Evap. (mm.)	Evaporation (Millimetre)	ปริมาณน้ำระเหย	มิลลิเมตร	
Cloud (%)	Cloud (Percentage)	จำนวนเมฆในท้องฟ้า	เปอร์เซ็นต์	
Sun. (hrs.)	Sunshine Recorder (hour)	ความนานของแสงแดด	ชั่วโมง นาที -	
Wind (km./hrs.)	Wind (Kilometer / hour)	ลมผิวพื้น ระดับสูงจากพื้นดิน 11 เมตร	-	
Spd.	Wind Speed	ความเร็วลม	กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
Dir.	Wind Direction	ทิศทางลม	องศา	
Soil Temperature (°C)	Soil Temperature (Degree Celsius)	อุณหภูมิใต้ดิน	องศาเซลเซียส	
0 cm.	0 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน ระดับผิวพื้น	องศาเซลเซียส	
5 cm.	5 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน จากผิวพื้นลึกลงไปใต้ดิน 5 เซนติเมตร	องศาเซลเซียส	
10 cm.	10 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน จากผิวพื้นลึกลงไปใต้ดิน 10 เซนติเมตร	องศาเซลเซียส	
20 cm.	20 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน จากผิวพื้นลึกลงไปใต้ดิน 20 เซนติเมตร	องศาเซลเซียส	
50 cm.	50 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน จากผิวพื้นลึกลงไปใต้ดิน 50 เซนติเมตร	องศาเซลเซียส	
100 cm.	100 Centimeter	อุณหภูมิใต้ดิน จากผิวพื้นลึกลงไปใต้ดิน 100 เซนติเมตร	องศาเซลเซียส	
T	= Trace of rainfall less than 0.1 millimetre	ฝนเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้ (น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร(	-	
FULL	= Error data because of heavy rainfall	ข้อมูลผิดพลาด เนื่องจากมีฝนตกหนัก	-	
	= Reoccurrence minimum temperature	อุณหภูมิต่ำสุดเปลี่ยนจร (สาเหตุจากฝนตกหนัก และหนาว (	-	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย วรวุฒิ คะมนตรี
วัน เดือน ปี เกิด	5 May 1979 or 5 พฤษภาคม 2522
สถานที่เกิด	อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	50 ม. 1 ต. วังเย็น อ. เมือง จ. นครปฐม