

การรับรู้สภาวะสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมของนักเรียน กรณีสิ่งเราที่เป็นฝุ่นละออง

Students' perception of industrial environmental stimuli: focus on particulate matter

รัฐพล อันฉ่ง (Rattapon Onchang) *

ปรียาภรณ์ เหมวัตร (Preeyaphon Hemwat)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้ถึงสภาวะคุณภาพอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสุขภาพของนักเรียนระดับชั้นประถมและมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรม โดยมีปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณและการได้รับสัมผัส PM_{10} ของนักเรียน เปรียบเทียบระหว่างโรงเรียนที่อยู่ใกล้และที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมอย่างละ 2 โรงเรียน และใช้แบบสอบถามเพื่อสอบถามการรับรู้อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและทัศนคติด้านคุณภาพอากาศในห้องเรียนและผลกระทบต่อสุขภาพของนักเรียน จากนั้นนำผลการตรวจวัด PM_{10} และข้อมูลจากแบบสอบถามมาคำนวณการได้รับสัมผัส PM_{10} เฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) เปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อยู่ใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของ PM_{10} ของโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ย 174 ± 87 มคก./ลบ.ม. ซึ่งมากกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าเฉลี่ย 136 ± 51 มคก./ลบ.ม. อย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ส่วนการได้รับสัมผัสของนักเรียนในโรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีค่า ADI (หน่วย มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) เฉลี่ย 10 ± 2 ซึ่งสูงกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าเฉลี่ย 5 ± 1 ผลของแบบสอบถามชี้ว่านักเรียนในโรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีความรู้สึกหายใจติดขัดมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ส่วนอาการอื่น ๆ อาทิ ภูมิแพ้ แสบคอ/จมูก เป็นหวัดบ่อยและระคายเคืองตาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในประเด็นทัศนคติด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพพบว่านักเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมรู้สึกว่ามีฝุ่นในห้องเรียน ได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้รับความรำคาญ กังวล เครียดและรู้สึกว่าฝุ่นมีผลต่อสุขภาพมากกว่านักเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ยกเว้นความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศในห้องเรียนที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทั้งสอง

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

(Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Tel.

034 245 3300, E-mail: rattapon.onchang@gmail.com)

** มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

(Holder of a master's Degree, Environmental Science, Graduate School, Silpakorn University)

คำสำคัญ : ฝุ่นละออง, การได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (ADI), การรับรู้สภาวะสิ่งแวดล้อม, นักเรียน, สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, จังหวัดราชบุรี

Abstract

This research has an objective to investigate perception on air quality and its health effects of elementary and primary school students in schools located in an industrial area. Quantities of particulate matters with a diameter less than 10 microns (PM_{10}) were used as an air quality indicator. Initially, PM_{10} quantities and students' exposure of PM_{10} were analyzed compared between the schools near and far from the factories. Two schools located each of the locations were selected for the study. Questionnaire survey was conducted to find the students' perceptions of symptoms relevant to the respiratory system. Students' attitudes on classroom indoor air quality and their health impacts were also included in the survey. Average Daily Intake (ADI) of PM_{10} in schools near to and far from industries was then calculated using the results of PM_{10} quantities and from the question survey. The results found that average PM_{10} concentration at the near-factory schools (NS) was $174 \pm 87 \mu g/m^3$ statistically higher than those in the far-factory schools (FS), which was $136 \pm 51 \mu g/m^3$ ($\alpha = 0.05$). For PM_{10} exposure assessment, NS students have average ADI value (unit: $\mu g/kg$ body weight per day) of 10 ± 2 , higher than those in FS in which the value was 5 ± 1 . The questionnaire study indicate that NS students had a significant feeling of obstructed breathing than those in FS ($\alpha = 0.05$). Other feelings such as allergy, sore nose and throat, frequent of flue and eyes irritation, however, had no significant different. For the attitudes toward air quality and health impact, NS students replied a feeling of dusty in their classrooms, facing an impact from industries, feeling annoyance; worry; stress, and feeling of health impact due to particulate matters exposures than those in FS students, with a statistical significant ($\alpha = 0.05$). Excepted satisfy of air quality in their classrooms, where there was no statistical significant difference found between the both groups.

Key words: Particulate matter, Average Daily Intake (ADI), Environmental Perception, Student, Industrial Environment, Ratchaburi Province

บทนำ

ปัจจัยที่สำคัญที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ คือ ภาคอุตสาหกรรม มีการขยายตัวของพื้นที่อุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องในภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก ในอีกด้านหนึ่งการเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้เกิดความต้องการที่พักอาศัยเพิ่มขึ้น ซึ่งหากขาดการวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างชัดเจนย่อมทำให้เกิดความทับซ้อน

ของพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่พักอาศัย ซึ่งทำให้ประชาชนได้รับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสมลพิษ อุตสาหกรรม ในพื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของเขตตัวเมือง จังหวัดราชบุรี เป็นพื้นที่ที่พบการใช้ประโยชน์พื้นที่ทับซ้อนระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมกับพักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณนี้ประกอบด้วย โรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผา (โอ่ง กระถาง ฯลฯ) อิฐมอญ ปูนขาวและโรงงานผสมคอนกรีต กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมดังกล่าวมีทั้งการปลดปล่อยฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการฟุ้งกระจายจากการพัดพาโดยลม ทำให้มีฝุ่นละอองกระจายทั่วบริเวณชุมชน เกิดการร้องเรียนปัญหาฝุ่นละอองอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) สามารถผ่านเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถูกลมพัดได้เป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจต่าง ๆ ได้ ซึ่งผลกระทบจะมีความรุนแรงอย่างชัดเจนในกลุ่มประชากรเด็ก (Arden and Dockery, 1992: 1123)

การจัดการภาวะมลพิษที่ผ่านมาใช้การตรวจวัดมลพิษและนำผลมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศเพื่อประเมินผลกระทบเป็นหลัก การวิเคราะห์เชื่อมโยงไปถึงการประเมินการรับสัมผัสมลพิษ (Exposure Assessment) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) รวมถึงการวิเคราะห์ร่วมกับทัศนคติด้านคุณภาพและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนยังมีอยู่อย่างจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประชากรกลุ่มเด็ก การศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ถึงสภาวะคุณภาพอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสุขภาพของนักเรียนในโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการศึกษา

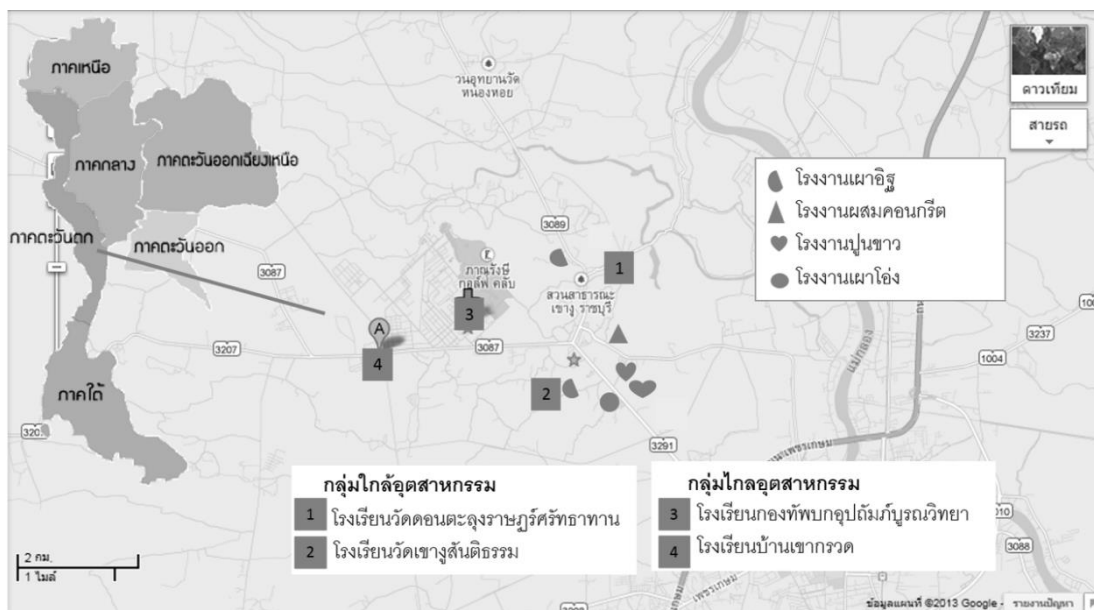
พื้นที่ศึกษา

1) กลุ่มโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม คือ โรงเรียนที่ตั้งอยู่ในบริเวณอุตสาหกรรม ในระยะไม่เกิน 2 กม. จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใกล้ที่สุด ซึ่งพบว่ามีอยู่ 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนวัดดอนตะลุงราษฎร์ศรัทธาทาน หมู่ที่ 2 ตำบลเกาะพลับพลา อำเภอมะอ้อม จังหวัดราชบุรี และโรงเรียนวัดเขาสูงสันติธรรม หมู่ที่ 6 บ้านรางไม้แดง ตำบลเจดีย์หัก อำเภอมะอ้อม จังหวัดราชบุรี ข้อมูลของโรงเรียนและสภาพแวดล้อมแสดงดังตารางที่ 1

2) กลุ่มโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรม เป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในระยะมากกว่า 2 กม. จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใกล้ที่สุด ซึ่งพบว่ามีอยู่ 2 โรงเรียนคือ โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์บุญนาควิทยา หมู่ 7 ตำบลเกาะพลับพลา อำเภอมะอ้อม จังหวัดราชบุรี และโรงเรียนบ้านเขากรวด หมู่ที่ 15 บ้านเขากรวด ตำบลเกาะพลับพลา อำเภอมะอ้อม จังหวัดราชบุรี (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลของโรงเรียนที่ศึกษาและสภาพแวดล้อม

	โรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรม		โรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรม	
	วัดดอนตลุงฯ	วัดเขาสูงฯ	กองทัพบกฯ	บ้านเขารวด
จำนวนนักเรียน	615 คน	62 คน	695 คน	70 คน
ระดับชั้นเรียนที่เปิดสอน	อ.1-ม.3	อ.1-ป.6	อ.1-ม.3	อ.1-ป.6
สภาพแวดล้อมรอบโรงเรียน	มีทุ่งนาโดยรอบ ติดกับหมู่บ้านเล็กๆ ด้านหน้าอยู่ห่างจากถนนหลัก 500 ม.	ด้านหน้าติดกับภูเขา ด้านหลังติดกับทุ่งนา อยู่ห่างจากถนนสายหลัก 600 ม.	มีต้นไม้ใหญ่ ปลูกโดยรอบ อยู่ติดกับหน่วยงานทหารห่างจากถนนสายหลัก 300 ม.	มีต้นไม้ใหญ่ปลูกโดยรอบ อยู่บนเนินเขา ตัวอาคารห่างจากถนนสายหลัก 100 ม.
สภาพอาคารที่เก็บตัวอย่าง	อาคารปูน 2 ชั้น ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ	อาคารไม้ 2 ชั้น ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศตะวันตก	อาคารปูน 2 ชั้น ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้	อาคารไม้ 2 ชั้น ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ
ระยะห่างจากโรงงานที่ใกล้ที่สุด	1.6 กม.	0.1 กม.	2.2 กม.	3.2 กม.



รูปที่ 1 สถานที่ตั้งของโรงเรียนและโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

การตรวจวัดปริมาณ PM₁₀ ในห้องเรียน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ชุดเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal Air Sampler) ตลับกระดาษกรอง (Filter Cassette) กระดาษกรองชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) และไซโคลนเพื่อคัดขนาดฝุ่น ก่อนการเก็บตัวอย่างได้นำกระดาษมาใส่ในเครื่องดูดความชื้นเป็นระยะเวลา 24 ชม. จากนั้นนำกระดาษไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง และนำมาใส่ลงในตลับกระดาษกรองที่ต่อกับไซโคลนเพื่อคัดขนาดฝุ่นให้ได้ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและต่อกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศซึ่งได้มีการปรับเทียบอัตราการไหลอากาศของเครื่องให้อยู่ในอัตรา 2 ลิตร/นาที การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-มีนาคม 2557) โดยติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างไว้บริเวณกลางห้องเรียน มีระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชม. (8.00–16.00 น.) ซึ่งห้องเรียนในทุกโรงเรียนที่ทำการศึกษาได้เลือกที่อยู่ในชั้นที่ 2 และมีกิจกรรมการเรียนการสอนต่อเนื่องตลอดระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

ภายหลังจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองครบ 8 ชม. นำกระดาษกรองมาปรับสภาพโดยใส่ในเครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาน้ำหนักฝุ่นจากผลต่างระหว่างน้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง และนำมาหารกับปริมาณอากาศที่เก็บตัวอย่างที่ปรับให้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ดังสมการที่ 1

สมการที่ 1

$$\text{ปริมาณ PM}_{10} \text{ (มก./ลบ.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มก.)} - \text{น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มก.)}}{\text{ปริมาตรอากาศในสภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (ลบ.ม.)}}$$

การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม

ทำการศึกษาความคิดเห็นในประเด็นด้านผลของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพและทัศนคติด้านคุณภาพอากาศในห้องเรียนโดยใช้แบบสอบถาม นักเรียนที่เลือกมาศึกษาเป็นนักเรียนในห้องเดียวกับที่มีการเก็บตัวอย่างฝุ่น โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสอบถามในช่วงเดียวกับที่มีการเก็บตัวอย่างฝุ่น จำนวนตัวอย่างแต่ละโรงเรียนมีทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง แบบสอบถามที่ในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยที่ดำเนินการก่อนหน้านี้ (Stenlund et al., 2009: 343; Nikolopoulou et al., 2011: 2493) และได้มีการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย แบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) ข้อมูลทั่วไป 2) อาการทางร่างกายที่พบจากการได้รับสัมผัสฝุ่น และ 3) ทัศนคติด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ โดยนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามอยู่ในช่วงชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น (การศึกษานี้ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเยาวชนเพราะต้องการลดความลำเอียงที่ซึ่งประชากรในกลุ่มผู้ใหญ่มีมากกว่า) ก่อนทำแบบสอบถามคุณครูประจำชั้นได้เป็นผู้อธิบายแบบสอบถามที่ละประเด็น จากนั้นให้นักเรียนเป็นผู้ตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง ในส่วนที่ 1) ของแบบสอบถามนี้ได้สอบถามระยะเวลาที่ทำการศึกษานักเรียนแต่ละคนเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณการได้รับสัมผัส PM₁₀ ของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดนำมาตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีสถิติที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณ PM₁₀ ระหว่างโรงเรียนอยู่ใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรมด้วยสถิติ Independent T-test

ในส่วนของการประเมินการได้รับสัมผัส PM₁₀ ของนักเรียน ได้ใช้ค่าการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) ตามวิธีการของ US EPA (1989) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 ส่วนข้อมูลที่นำมาแทนค่าในสมการได้มาจากข้อมูลทุติยภูมิและจากแบบสอบถามโดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

สมการที่ 2

$$ADI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

โดยที่	ADI	คือ ปริมาณการได้รับสัมผัส PM ₁₀ เฉลี่ยรายวัน (มคก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)
	CA	คือ ความเข้มข้นของ PM ₁₀ (มคก./ลบ.ม.)
	IR	คือ อัตราการหายใจ (ลบ.ม./ชม.)
	ET	คือ เวลาในการสัมผัส (ชม./วัน)
	EF	คือ ความถี่ในการได้รับสัมผัส (วัน/ปี)
	ED	คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)
	BW	คือ น้ำหนักของร่างกาย (กก.)
	AT	คือ ช่วงเวลาในการได้รับสัมผัส (วัน) สำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง AT = ED × 365 วัน/ปี

ตารางที่ 2 ค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการประเมินการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน

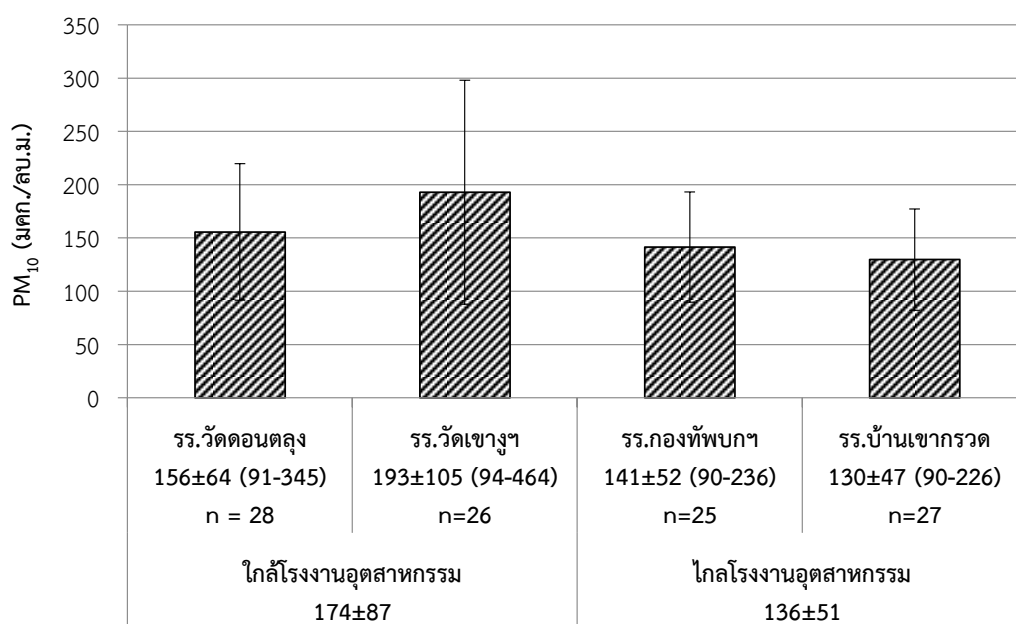
	หน่วย	ผู้ใหญ่	เด็ก	แหล่งที่มา
ความเข้มข้นของ PM ₁₀ (CA)	มคก./ลบ.ม.	-	-	จากการตรวจวัดในห้องเรียน
อัตราการหายใจ (IR)	ลบ.ม./ชม.	0.830	0.208	US EPA (1989: 6-43)
เวลาในการสัมผัส (ET)	ชม./วัน	8	8	เวลาที่อยู่โรงเรียน 8.00 น.-16.00 น.
ความถี่ในการได้รับสัมผัส (EF)	วัน/ปี	204	204	จำนวนวันจันทร์-ศุกร์ ปี 2557
ระยะเวลาที่สัมผัส (ED)	ปี	-	-	แบบสอบถามในการศึกษา
น้ำหนักของร่างกาย (BW)	กก.	55	26	กิตติ อินทรานนท์ (2548: 25)

หมายเหตุ: ผู้ใหญ่ หมายถึง ประชากรที่มีอายุมากกว่า 12 ปี (US EPA, 1989: 6-43)

ผลการศึกษา

ปริมาณ PM_{10} ระหว่างโรงเรียนใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม

ผลการตรวจวัดปริมาณ PM_{10} ภายในห้องเรียนแสดงดังรูปที่ 2 โดยพบว่า โรงเรียนวัดเขาสันติธรรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โรงเรียนวัดดอนตลุงราษฎร์ศรัทธาทาน โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์บุญวัฒนา และโรงเรียนบ้านเขากรวด ตามลำดับ โดยที่สองโรงเรียนแรกเป็นโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมและเป็นที่น่าสังเกตว่าโรงเรียนวัดเขาสันติธรรมที่พบปริมาณ PM_{10} สูงที่สุดนั้น มีระยะใกล้กับโรงงานอุตสาหกรรมมากที่สุด เมื่อเทียบกับอีก 3 โรงเรียนอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณ PM_{10} ด้วย Independent T-test พบว่าปริมาณ PM_{10} ของโรงเรียนในกลุ่มที่อยู่ใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$)



รูปที่ 2 ปริมาณ PM_{10} ในห้องเรียนของโรงเรียนใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม

การประเมินการได้รับสัมผัส

ผลการวิเคราะห์การได้รับสัมผัส PM_{10} ของนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม (ตารางที่ 3) พบว่านักเรียนในกลุ่มใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีการได้รับสัมผัสสูงกว่านักเรียนในกลุ่มไกลอุตสาหกรรม โดยนักเรียนของโรงเรียนวัดดอนตลุงราษฎร์ศรัทธาทานและโรงเรียนวัดเขาสันติธรรม (กลุ่มใกล้โรงงานอุตสาหกรรม) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) ในหน่วย มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เท่ากับ 11 และ 9 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 โรงเรียนมีค่าเท่ากับ 10 ในส่วนของกลุ่มโรงเรียนไกลโรงงานอุตสาหกรรมพบว่านักเรียนในโรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์บุญวัฒนามีค่าเฉลี่ยเท่ากับโรงเรียนบ้านเขากรวดซึ่งมีค่าเท่ากับ 5

ตารางที่ 3 ปริมาณการได้รับสัมผัส PM_{10} เฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม

หน่วย: มคก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน

โรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรม				โรงเรียนไกลโรงงานอุตสาหกรรม	
วัดดอนตลุง*	วัดเขาสูง*	เฉลี่ย	กองทัพบก*	บ้านเขาวรด*	เฉลี่ย
11±0	9±3	10±2	5±1	5±0	5±1

หมายเหตุ: * ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัดดอนตลุง* และบ้านเขาวรดมีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดมีอายุอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

การวิเคราะห์แบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปและอาการที่พบ

ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม (ตารางที่ 4) พบว่า นักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 60 คน เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง (เพศชายมีร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด) ส่วนใหญ่จะมีอายุมากกว่า 13 ปี คิดเป็นร้อยละ 65 และกำลังศึกษาอยู่ในช่วงมัธยมศึกษาตอนต้นคิดเป็นร้อยละ 56.7 โดยระยะเวลาที่นักเรียนอยู่ในโรงเรียนแห่งนี้มากกว่า 7 ปี (เรียนระดับประถมศึกษาต่อเนื่องถึงมัธยมศึกษาตอนต้น) คิดเป็นร้อยละ 58.3 เมื่อสอบถามในเรื่องของอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจพบว่า มีนักเรียนที่หายใจไม่ปกติ (มีอาการหายใจติดขัด) คิดเป็นร้อยละ 25 และมีอาการอื่น ๆ ที่พบด้วย เช่น ภูมิแพ้ (ร้อยละ 5) แสบคอ/จุก (ร้อยละ 1.7)

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปและอาการทางร่างกายที่พบจากการได้รับสัมผัสฝุ่น

	โรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรม			โรงเรียนไกลโรงงานอุตสาหกรรม			T-test Sig.
	วัดดอนตลุง*	วัดเขาสูง*	รวม	กองทัพบก*	บ้านเขาวรด*	รวม	
จำนวนตัวอย่าง	30	30	60	30	30	60	
เพศ							0.001
ชาย	23 (76.6%)	19 (63.3%)	42 (70.0%)	16 (53.3%)	28 (93.3%)	44 (73.3%)	
หญิง	7 (23.3%)	11 (36.7%)	18 (30.0%)	14 (46.7%)	2 (6.7%)	16 (26.7%)	
อายุ							<0.001
น้อยกว่า 9 ปี	0 (0.0%)	3 (10.0%)	3 (5.0%)	8 (26.7%)	6 (20.0%)	14 (23.3%)	
10-12 ปี	0 (0.0%)	18 (60.0%)	18 (30.0%)	22 (73.3%)	23 (76.7%)	45 (75.0%)	
มากกว่า 12 ปี	30	9 (30.0%)	39	0 (0.0%)	1 (3.3%)	1 (1.7%)	

	(100.0%)	(65.0%)				
ระดับการศึกษา						<0.001
ประถมต้น	0 (0.0%)	5 (16.7%)	5 (8.3%)	8 (26.7%)	5 (16.7%)	13 (21.7%)
ประถมปลาย	0 (0.0%)	21 (70.0%)	21 (35.0%)	22 (73.3%)	23 (76.7%)	45 (75.0%)
มัธยมต้น	30 (100.0%)	21 (13.3%)	34 (56.7%)	0 (0.0%)	2 (6.7%)	2 (3.3%)
เวลาที่ศึกษา						0.036
น้อยกว่า 3 ปี	4 (13.3%)	4 (13.3%)	8 (13.3%)	0 (0.0%)	9 (3.0%)	9 (15.0%)
4-6 ปี	4 (13.3%)	13 (43.3%)	17 (28.3%)	12 (40.0%)	11 (36.6%)	23 (38.3%)
มากกว่า 7 ปี	22 (73.3%)	13 (43.3%)	35 (58.3%)	18 (60.0%)	10 (33.3%)	14 (46.7%)
การหายใจ						0.002
ปกติ	29 (96.7%)	16 (53.3%)	45 (75.0%)	30 (100.0%)	27 (90.0%)	57 (95.0%)
ไม่ปกติ	1 (3.3%)	14 (46.7%)	15 (25.0%)	0 (0.0%)	3 (10.0%)	3 (5.0%)
อาการที่พบ						0.156
ภูมิแพ้	2 (6.7%)	1 (3.3%)	3 (5.0%)	0 (0.0%)	3 (10.0%)	3 (5.0%)
แสบจมูก/คอ	1 (3.3%)	0 (0.0%)	1 (1.7%)	2 (6.7%)	0 (0.0%)	2 (3.3%)
เป็นหวัดบ่อย	4 (13.3%)	4 (13.3%)	8 (13.3%)	1 (3.3%)	2 (6.7%)	3 (5.0%)
ระคายเคืองตา	3 (10.0%)	2 (6.7%)	5 (8.3%)	0 (0.0%)	1 (3.3%)	1 (1.7%)
อื่น ๆ	0 (0.0%)	2 (6.7%)	2 (3.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
ไม่มีอาการ	16 (53.3%)	15 (50.0%)	31 (51.7%)	26 (86.7%)	23 (76.7%)	49 (81.7%)
มีมากกว่า 2 อาการ	4 (13.3%)	6 (20.0%)	10 (16.7%)	1 (3.3%)	1 (3.3%)	2 (3.3%)

สำหรับนักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ในกลุ่มใกล้โรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 60 คน พบว่าเป็นเพศชายร้อยละ 73.3 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะมีอายุอยู่ในช่วง 10-12 ปี คิดเป็นร้อยละ 75 ซึ่งมีสัดส่วนของอายุน้อยกว่ากลุ่มที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากส่วนใหญ่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงประถมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 75) มีระยะเวลาที่นักเรียนอยู่ในโรงเรียนแห่งนี้มากกว่า 7 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.7 ในส่วนของอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการหายใจ

ปกติคิดเป็นร้อยละ 95 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ร้อยละ 75 และส่วนใหญ่ตอบว่าไม่พบอาการผิดปกติถึงร้อยละ 81.7 ในขณะที่กลุ่มที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีเพียงร้อยละ 51.7

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปและสุขภาพของนักเรียนในโรงเรียนใกล้และไกลโรงงานอุตสาหกรรม ด้วย Independent T-test พบว่า เพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา เวลาที่ศึกษา และการหายใจ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอาการที่พบ อาทิ เป็นโรคมะเร็ง แพ้ แสบจมูก/คอ เป็นไข้หวัด ระบายท้อง ฯลฯ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

ทัศนคติด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลการศึกษาทัศนคติด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นแสดงดังตารางที่ 5 โดยพบว่านักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมรู้สึกมีฝุ่นอยู่ในห้องเรียนในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 55 ของนักเรียนทั้งหมด และมีความเห็นว่าได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรมในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 65 และมีความรู้สึกรำคาญ กังวล เครียด ในระดับปานกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 และคิดว่าฝุ่นมีผลต่อสุขภาพในระดับปานกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65 และนักเรียนร้อยละ 56.7 มีความพึงพอใจกับคุณภาพอากาศในห้องเรียนในระดับปานกลาง

ในส่วนของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มไกลโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 55) มีความรู้สึกว่ามีฝุ่นในห้องเรียนในระดับน้อย และร้อยละ 40 คิดว่าโรงงานอุตสาหกรรมไม่ได้ส่งผลกับตัวนักเรียนเลย นักเรียนมีความรู้สึกรำคาญ กังวล เครียด ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 35 โดยรวมแล้วนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากต่อคุณภาพอากาศในห้องเรียนคิดเป็นร้อยละ 45 ของนักเรียนทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของทัศนคติในประเด็นด้านคุณภาพอากาศพบว่า นักเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีความรู้สึกมีฝุ่นในห้องเรียน ได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้รับความรำคาญ กังวล เครียด และรู้สึกว่ามีผลต่อสุขภาพ มากกว่านักเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ยกเว้นความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศในห้องเรียนที่ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5 ทัศนคติด้านคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่น

	โรงเรียนใกล้โรงงานอุตสาหกรรม			โรงเรียนไกลโรงงานอุตสาหกรรม			T-test Sig.
	วัดตอนตลิ่งฯ	วัดเขางู	รวม	กองทัพบกฯ	บ้านเขากวด	รวม	
จำนวนตัวอย่าง	30	30	60	30	30	60	
รู้สึกมีฝุ่นในห้องเรียน							0.000
ไม่มีฝุ่น	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	7 (23.3%)	0 (0.0%)	7 (11.7%)	
มีฝุ่นน้อย	5 (16.7%)	8 (26.7%)	13 (21.7%)	21 (70.0%)	12 (40.0%)	33 (55.0%)	
มีฝุ่นปานกลาง	19 (63.3%)	14 (46.7%)	33 (55.0%)	2 (6.7%)	8 (26.7%)	10 (16.7%)	
มีฝุ่นมาก	6 (20.0%)	8 (26.7%)	14 (23.3%)	0 (0.0%)	10 (33.3%)	10 (16.7%)	
ได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรม							0.000

	โรงเรียนใกล้เคียงโรงงานอุตสาหกรรม			โรงเรียนไกลโรงงานอุตสาหกรรม			T-test Sig.
	วัดดอนตุ้งฯ	วัดเขาสูง	รวม	กองทัพบกฯ	บ้านเขากวด	รวม	
ไม่ได้รับ	2 (6.7%)	0 (0.0%)	2 (3.3%)	21 (70%)	3 (10.0%)	24 (40.0%)	0.013
น้อย	3 (10.0%)	5 (16.7%)	8 (13.3%)	8 (26.7%)	10 (33.3%)	18 (30.0%)	
ปานกลาง	21 (70.0%)	18 (60.0%)	39 (65.0%)	1 (3.3%)	11 (36.7%)	12 (20.0%)	
มาก	4 (13.3%)	7 (23.3%)	11 (18.3%)	0 (0.0%)	6 (20.0%)	6 (10.0%)	
ได้รับความรำคาญ กังวล เครียด							0.013
ไม่ได้รับ	1 (3.3%)	3 (10.0%)	4 (6.7%)	21 (70.0%)	0 (0.0%)	21 (35.0%)	0.000
น้อย	5 (16.7%)	10 (33.3%)	15 (25.0%)	7 (23.3%)	9 (30.0%)	16 (26.7%)	
ปานกลาง	20 (66.7%)	10 (33.3%)	30 (50.0%)	1 (3.3%)	5 (16.7%)	6 (10.0%)	
มาก	4 (13.3%)	7 (23.3%)	11 (18.3%)	1 (3.3%)	16 (53.3%)	17 (28.3%)	
รู้สึกว่ามีผลต่อสุขภาพ							0.000
ไม่รู้สึก	0 (0.0%)	1 (3.3%)	1 (1.7%)	6 (20.0%)	1 (3.3%)	7 (11.7%)	0.826
น้อย	1 (3.3%)	7 (23.3%)	8 (13.3%)	22 (73.3%)	6 (20.0%)	28 (46.7%)	
ปานกลาง	21 (70.0%)	18 (60.0%)	39 (65.0%)	1 (3.3%)	18 (60.0%)	19 (31.7%)	
มาก	8 (26.7%)	4 (13.3%)	12 (20.0%)	1 (3.3%)	5 (16.7%)	6 (10.0%)	
พอใจกับคุณภาพอากาศในห้องเรียน							0.826
ไม่พอใจ	0 (0.0%)	1 (3.3%)	1 (1.7%)	2 (6.7%)	0 (0.0%)	2 (3.3%)	0.826
น้อย	2 (6.7%)	8 (26.7%)	10 (16.7%)	2 (6.7%)	16 (53.3%)	18 (30.0%)	
ปานกลาง	18 (60%)	16 (53.3%)	34 (56.7%)	5 (16.7%)	8 (26.7%)	13 (21.7%)	
มาก	10 (33.3%)	5 (16.7%)	15 (25.0%)	21 (70.0%)	6 (20.0%)	27 (45.0%)	

อภิปรายผล

จากการตรวจวัดปริมาณ PM₁₀ ในห้องเรียนของโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม พบว่าโรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณสูงกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการคำนวณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (ADI) ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม แต่จากการที่มีนักเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีอาการหายใจไม่ปกติรวมทั้งอาการที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจในสัดส่วนที่มากกว่านักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบกับเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านทัศนคติในประเด็นด้านคุณภาพอากาศซึ่งพบว่า นักเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรมมีความรู้สึกที่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่า (มีนัยสำคัญทางสถิติ) แสดงให้เห็นถึงนัยว่าฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถส่งผลถึงการรับรู้ของนักเรียนทั้งทางด้านผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Marques and Lima (2011: 314) ได้ทำการศึกษาทัศนคติของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรมพบว่า การอาศัยอยู่

ในพื้นที่อุตสาหกรรมกับระดับคุณภาพชีวิตที่ลดลงมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ และพบความวิตกกังวลและความเครียดของกลุ่มตัวอย่างมีระดับสูงในพื้นที่ที่มีปัญหามลพิษทางอากาศ และผลการศึกษครั้งนี้ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Nikolopoulou et al. (2011: 2493) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับระดับความรู้สึกรังสีของประชาชนที่มีต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่เขตเมือง และ Pudpong et al. (2011: 3) ที่พบว่าเด็กในสถานรับเลี้ยงของกรุงเทพฯ ในพื้นที่ที่มีปริมาณ PM_{10} สูงมีอาการทางระบบทางเดินหายใจสูงกว่าในพื้นที่ที่มีปริมาณ PM_{10} ต่ำกว่า

การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นร่วมกับการประเมินการได้รับสัมผัสและทัศนคติด้วยแบบสอบถามทำให้มิติในการวิเคราะห์ผลกระทบของฝุ่นมีความหลากหลายมากกว่าการใช้ข้อมูลที่ได้จากตรวจวัดเพียงอย่างเดียว ถึงแม้การตรวจวัดจะเป็นที่ยอมรับเนื่องจากให้ผลลัพธ์เชิงปริมาณที่ชัดเจนแต่มีข้อจำกัดในเรื่องของการไม่สามารถเป็นตัวแทนของสถานการณ์มลพิษตลอดระยะเวลาและทุกพื้นที่ได้ เนื่องจากการตรวจวัดกระทำได้เพียงช่วงเวลาและพื้นที่หนึ่งเท่านั้น ในส่วนของทัศนคติและความคิดเห็นถึงแม้ว่าจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของความลำเอียง (Bias) ของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ข้อมูลที่ได้จะเป็นประสบการณ์เชิงประจักษ์ของผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ ซึ่งหากนำวิธีการทางการสถิติมาช่วยในการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลก็สามารถนำมาใช้ประกอบการประเมินผลกระทบร่วมกับการตรวจวัดได้ นอกจากนี้การเข้าใจถึงการรับรู้ภาวะมลพิษสิ่งแวดล้อมของประชากรยังสามารถนำมาใช้ในการกำหนดแผนในการพัฒนาเมืองและการประเมินนโยบายด้านการจัดการคุณภาพอากาศได้อีกด้วย (Nikolopoulou et al., 2011: 2493; Oglesbet al., 2000: 75)

ปริมาณ PM_{10} ที่พบในพื้นที่อุตสาหกรรมมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ดังตารางที่ 6 ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม การระบายอากาศของอาคาร การเปิดปิดประตูหน้าต่าง ฯลฯ

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาการตรวจวัดปริมาณ PM_{10} ในอาคารจากการศึกษาต่างๆ

		หน่วย: มคก./ลบ.ม.
	ประเภทของแหล่งกำเนิด/พื้นที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ยปริมาณ PM_{10}
การศึกษาครั้งนี้	อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ปูนขาว อิฐ การ	174±87
	ผสมคอนกรีต/ภายในอาคารของโรงเรียน อ.เมือง จ.	(ใกล้โรงงาน)
	ราชบุรี	135±50
		(ใกล้โรงงาน)
พัชรีย์ ชุตินาสกุล (2543: ง)	กลุ่มอุตสาหกรรมการบดย่อยหิน/ อ.หน้าพระลาน จ.สระบุรี	249
ยศกิต เรืองทวีป (2552: ง)	โรงโม่หิน/โรงเรียนใน อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี	302±250
		(ใกล้โรงงาน)
		121±34 (ใกล้โรงงาน)
สุขณะ บ่อคำ (2556: ง)	เส้นทางขนส่งของกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน บ่อทราย/ อ.เมือง จ.นครปฐม	126±62

ปิยนุช ชัยพฤกตตานนท์ (2556: ง)	กิจกรรมการเชื่อมโลหะ /ภายในอาคารฝึกปฏิบัติการของ วิทยาลัยการอาชีพ อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี	695±75
Lee and Chang (2000: 111)	โรงเรียนในพื้นที่ชนบทที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ ใกล้เคียง /ฮ่อ่งกง	ประมาณ 200
Sulaiman et al. (2005: 45)	อาคารที่อยู่ในพื้นที่อุตสาหกรรม / Balakong Selangor มาเลเซีย	48,610±29,460

ฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษามีผลต่อนักเรียนทั้งทางด้านสุขภาพและคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับผลกระทบได้ ดังนั้นจึงควรมีการกำหนดมาตรการในการลดปริมาณฝุ่นทั้งจากแหล่งกำเนิดและในห้องเรียน มาตรการที่นำเสนอ ได้แก่ 1) การฉีดพรมน้ำบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่น 2) การปลูกต้นไม้โดยรอบโรงเรียน 3) การให้ความสำคัญกับการทำความสะอาดห้องเรียน 4) การขอความร่วมมือโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ในการลดการระบายฝุ่น นอกจากนี้ในระดับนโยบายควรมีการกำหนดมาตรการด้านผังเมืองเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ระหว่างพื้นที่อุตสาหกรรมกับพื้นที่อื่น ๆ อย่างชัดเจนและควรมีการบังคับใช้อย่างเคร่งครัด

กิจกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ อินทรานนท์. 2548. การยศาสตร์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ปิยนุช ชัยพฤกตตานนท์. (2556). “การประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองของบุคลากรและนักศึกษาในวิทยาลัยการอาชีพพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พัชรีย์ ชุตินาสกุล. (2543). “การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารเรียนของโรงเรียนในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมย่อยหิน จังหวัดสระบุรี”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ยศกิต เรืองทวีป. (2552). “การศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากโรงโม่หินที่มีต่อสุขภาพของนักเรียนกรณีศึกษา โรงเรียนในตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุชนะ บ่อคำ. (2556). “การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากกิจกรรมอุตสาหกรรมบ่อดิน-บ่อทรายที่มีต่อสุขภาพของนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม.” การค้นคว้าอิสระ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาษาต่างประเทศ

- Arden, C. Pope, III and Douglas W. Dockery. (1992). “Acute health effects of PM₁₀ pollution on symptomatic and asymptomatic children.” **American Review of Respiratory Disease** 145, 5: 1123-1128.
- Lee, S.C. and M. Chang. (2000). “Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong.” **Chemosphere** 41: 109-113.
- Lucy, Oglesby, and others. (2000). “Validity of annoyance scores for estimation of long term air pollution exposure in epidemiologic studies the Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) .” **American Journal of Epidemiology** 152, 1: 75-83.
- Marques, Sibila and Maria Luísa Lima. (2011). “Living in grey areas: industrial activity and psychological health.” **Journal of Environmental Psychology** 31: 314-322.
- Nikolopoulou, Marialena, and others. (2011). “Pedestrians' perception of environmental stimuli through field surveys: focus on particulate pollution.” **Science of the Total Environment** 409: 2493–2502.
- Pudpong, Nareerut, Krassi Rumchev and Nipapun Kungskulniti .(2011). “Indoor concentrations of PM₁₀ and factors influencing its concentrations in day care centres in Bangkok, Thailand.” **Asia Journal of Public Health**2, 1: 3-12.
- Stenlund, T., and others. (2009). “Annoyance and health symptoms and their influencing factors: a population-based air pollution intervention study.” **Public Health** 123: 339–345.
- Sulaiman, Norela, Maimon Abdullah and Phyllis Lo Poh Chieu. (2005). “Concentration and composition of PM₁₀ in outdoor and indoor air in industrial area of Balakong Selangor, Malaysia.” **Sains Malaysiana** 34, 2: 43-47.
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002. Accessed June 5, 2017. Available from https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf.