

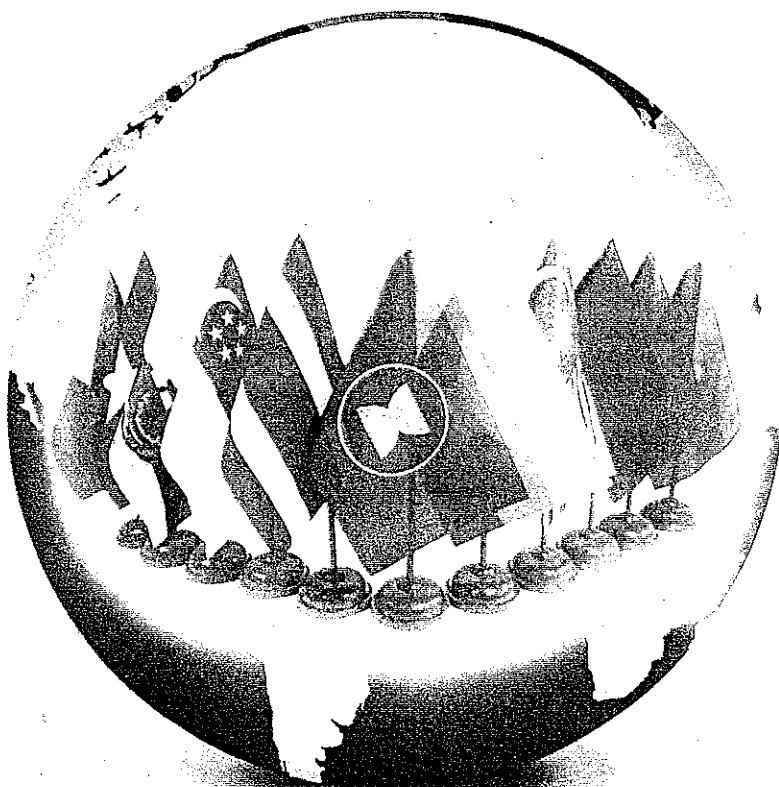


Proceedings

การประชุมทางวิชาการ

“สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 9

The 9th Naresuan Environmental Annual Conference



1 สิงหาคม 2556

“การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในภูมิภาคอาเซียน”
Natural Resource and Environmental Management in ASEAN

ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร



คำสั่งคณะกรรมการศาสตร์ฯ

ที่ ๕๕ /๒๕๕๖

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณามผลงานวิจัย
ในการประชุมทางวิชาการ“สิ่งแวดล้อมมนเรศวร ครั้งที่ ๙”

ด้วยคณะกรรมการศาสตร์ฯ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้จัดงานประชุมทางวิชาการ“สิ่งแวดล้อมมนเรศวร ครั้งที่ ๙” ในวันที่ ๑ สิงหาคม ๒๕๕๖ ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยรูปแบบการจัดงานเป็นการประชุมทางวิชาการโดยการนำเสนอบทความวิจัยภาคบรรยาย และโปสเตอร์

เพื่อให้การดำเนินการจัดทำรายงานสืบเนื่อง (Proceedings) เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและเกิดมีประสิทธิภาพ ฉะนั้น อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๗ และ ๒๐ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. ๒๕๓๓ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๑ จึงขอแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณามผลงานวิจัยในการประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมมนเรศวร ครั้งที่ ๙” ดังนี้

- | | |
|---|-------------------------------------|
| ๑. รองศาสตราจารย์ ดร.เสวียน เปรมประสิทธิ์ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมแจ็ก | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิดา ธนเจริญชนภาส | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญธร บุญญาภาพ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๗. ดร.วภากร ศิริวงศ์ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๘. ดร.จรรยา สารินทร์ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๙. ดร.ชาญยุทธ กฤตสุนันท์กุล | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ๑๐. ดร.กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์ | คณะกรรมการศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยพะเยา |
| ๑๑. ดร.สุภาพร พงศ์ธรพุกษ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๖

10-

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ อัมพรสถิร)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โลหะหนักในฝุ่นละอองภายในห้องเรียนโรงเรียนประถมศึกษา จ.พิษณุโลก
Composition of heavy metals in classroom dust in primary schools,
Phitsanulok

ภาณุพันธุ์ ศาสตร์ศรี¹ และ ธันวดี ศรีธาวิรัตน์^{1*}
Panupan Sassree¹ and Thunwadee Srithawirat^{1*}

Abstract

This research studied on composition of heavy metals in PM₁₀ and dust fall in class rooms of six primary schools, three located near high density traffic road, the other three in low density traffic areas. Particulates smaller less than 10 micrometer in diameter (PM₁₀) were collected by a mini volume air sampler for 8-hour. Dust fall was collected by a small brush. Average concentration of PM₁₀ in the schools near high density traffic roads was 214.9-346.1 ngm⁻³ whereas PM₁₀ in the control sites was 109.6-202.1 ngm⁻³. Among heavy metals analyzed in PM₁₀, Zn was found to be high concentration in the schools near high traffic roads (9.5-47.5 ngm⁻³) while the highest heavy metal concentration in the schools far from traffic roads was Fe (21.1-28.5 ngm⁻³). High concentrations of Fe were detected in dust fall of all schools which in range 2,042-8,714 µgg⁻¹ suggesting that indoor sources are capable of generating heavy metals in indoor environments.

Keywords: Indoor PM₁₀, dust fall, heavy metals

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) และฝุ่นตกในห้องเรียนของโรงเรียนประถมศึกษา 6 แห่ง ซึ่งพื้นที่ศึกษา 3 แห่งอยู่ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ส่วนอีก 3 แห่งตั้งในพื้นที่การจราจรไม่หนาแน่น โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM₁₀ ด้วยเครื่องเก็บอากาศแบบปริมาตรต่ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่วนฝุ่นตกทำการเก็บตัวอย่างด้วยแปรงขนาดเล็ก ปริมาณเฉลี่ยของ PM₁₀ ในโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่นมีค่า 214.9-346.1 ngm⁻³ ส่วนโรงเรียนที่ห่างจากการจราจรมีค่าเท่ากับ 109.6-202.1 ngm⁻³ การวิเคราะห์โลหะหนักใน PM₁₀ พบว่าสังกะสีมีค่าสูงสุดในโรงเรียนติดกับการจราจร (9.5- 47.5 ngm⁻³) ส่วนโรงเรียนที่ห่างจากถนนพบเหล็กมีค่าสูงสุด (21.1-28.5 ngm⁻³) ตัวอย่างฝุ่นตกในทุกโรงเรียนพบเหล็กมีค่าสูงสุด โดยอยู่ในช่วง 2,042-8,714 µgg⁻¹ ซึ่งอาจมาจากแหล่งกำเนิดภายในห้องเรียน

คำสำคัญ: PM₁₀ ภายในอาคาร, ฝุ่นตก, โลหะหนัก

¹สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

1Program in Technology and Environmental Management, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author : thunwadeey@live.psu.ac.th

บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศภายในอาคารมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากคนส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ภายในอาคารเกือบร้อยละ 90 ของแต่ละวัน องค์การอนามัยโลก (WHO) คาดว่าร้อยละ 30 ของอาคาร จะมีปัญหาด้านมลพิษทางอากาศภายในอาคาร ซึ่งในปี ค.ศ. 2000 ทั่วโลกมีการเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศภายในอาคาร 1.5 ล้านคน สำหรับประเทศไทยพบว่ามี การเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศภายในอาคารประมาณ 5,000 คน (วิกรม และสสิธร, 2548) โดยมลพิษในบรรยากาศสามารถแพร่กระจายเข้าสู่อาคารได้ โดยเฉพาะอาคารที่อยู่ใกล้กับพื้นที่การจราจรหนาแน่น

ในเขตเมืองซึ่งมีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่อย่างหนาแน่น ส่งผลให้โรงเรียนหลายแห่งตั้งอยู่ในเขตการจราจรคับคั่ง เด็กนักเรียนในพื้นที่ดังกล่าวจึงเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และโลหะหนักต่างๆ ที่ปลดปล่อยมาจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เนื่องจากอาคารตั้งอยู่ใกล้แหล่งมลพิษ และมีระบบการถ่ายเทอากาศที่ไม่ดี ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเด็กไทยมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วย และเสียชีวิตจากสารมลพิษทางอากาศ เนื่องจากระบบภูมิคุ้มกัน และระบบทางเดินหายใจของเด็กยังพัฒนาไม่สมบูรณ์จึงมีโอกาสดำรับมลพิษทางอากาศมากกว่าวัยอื่น ซึ่งอันตรายของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพ คือ ทำให้หลอดลมอักเสบ รวมทั้งเปลี่ยนแปลงการทำงานของปอดในเด็ก (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2540) ฝุ่นละอองซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีธาตุโลหะหนักปนเปื้อนในระดับต่างๆ กัน (มงคล และคณะ, 2549) เมื่อร่างกายได้รับในปริมาณมาก จะรบกวนการทำงานของเอนไซม์ของเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย เกิดโรคมะเร็ง เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม และเกิดความเสียหายต่อโครโมโซม (พรพรรณ, 2549)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{10} รวมทั้งปริมาณโลหะหนักใน PM_{10} และฝุ่นตก ภายในอาคารของโรงเรียนประถมศึกษาที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น โดยเปรียบเทียบกับโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจร ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาด้านมลพิษทางอากาศภายในอาคารต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

สถานที่ศึกษา การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM_{10} ในโรงเรียนประถมศึกษา 6 แห่งในพื้นที่ อ.เมือง จ. พิษณุโลก ในระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555 - มีนาคม พ.ศ. 2556 โดยแบ่งเป็นโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น 3 แห่ง ซึ่งได้แก่ โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก (H1) โรงเรียนเทศบาล วัดท่ามะปราง (H2) และโรงเรียนบ้านกร่าง-พระขาวชัยสิทธิ์ (H3) และโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น 3 แห่ง โรงเรียนวัดอรุณญิก (L1) โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันตก (L2) และโรงเรียนวัดคูหาสวรรค์ (L3)

การเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM_{10} โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปริมาตรต่ำ (Airmetrics) ที่อัตราการไหล 5 ลิตรต่อนาที โดยทำการเก็บตัวอย่างวันจันทร์-ศุกร์ ช่วงเวลา 8.00-16.00 น. โรงเรียนละ 2 ห้องเรียน (ในอาคารปูน และอาคารไม้) ห้องละหนึ่งสัปดาห์เว้นหนึ่งสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน ส่วนการเก็บฝุ่นตก ใช้แปรงปัดฝุ่นขนาดเล็กเก็บตัวอย่างฝุ่น โดยทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละหนึ่งวันในตลอดระยะเวลา 3 เดือน

การวิเคราะห์โลหะหนัก นำกระดาศกรงที่จะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาตัด 1 ใน 4 ของกระดาศ เพื่อทำการย่อย (digestion) ด้วยกรดไนตริก 5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ย่อยด้วยความร้อนให้เหลือปริมาตร 15-20 มิลลิลิตร หรือจนสารละลายใส ใช้กรดไนตริก 1% ฉีดล้างสาร ปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดโพลีเอทิลีน เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ส่วนตัวอย่างฝุ่นตก นำฝุ่นตกมาชั่ง 0.1 กรัม แล้วย่อยด้วยกรดเช่นเดียวกันกับกระดาศกรง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu AA-6200)

การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) การวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีการทดสอบด้วยค่าสถิติ (t - test) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของความเข้มข้นฝุ่นละออง PM₁₀ รวมทั้งปริมาณโลหะหนักใน PM₁₀ และฝุ่นตก

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM₁₀ ทั้งในอาคารปูนและอาคารไม้ ในโรงเรียนประถมศึกษาพบว่าโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่นมีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM₁₀ อยู่ในช่วง 214.9-346.1 ngm⁻³ ส่วนโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรมีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM₁₀ อยู่ในช่วง 109.6-202.1 ngm⁻³ (ดังตารางที่ 1) โรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM₁₀ มากกว่าโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากกิจกรรมโดยรอบโรงเรียน ลักษณะโครงสร้างของอาคาร สภาพของห้องเรียนที่ตั้งอาคาร การระบายอากาศ กิจกรรมรอบอาคาร เป็นต้น

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM₁₀

อาคาร	ความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM ₁₀ (ngm ⁻³)	
	โรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น	โรงเรียนที่อยู่ห่างพื้นที่การจราจรหนาแน่น
อาคารปูน		
H1	306.1 ±72.5	134.1±44.2
H2	223.7±61.8	167.9±47.3
H3	224.6±51.5	160.7±88.8
อาคารไม้		
L1	214.9±99.2	109.6±64.5
L2	346.1±72.8	173.1±72.3
L3	270.8±98.9	202.1±79.1
ค่าเฉลี่ย	264.4±53.2	157.9±32.2

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM₁₀ ของการศึกษานี้กับงานวิจัยของ Latif et al. (2011) พบว่า ค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM₁₀ มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM₁₀

ที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Latif et al. (2011) ทำการตรวจวัดในเมืองเซลังงอ ซึ่งเป็นเมืองใหญ่ที่มีการจราจรหนาแน่นมากกว่า จึงทำให้มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{10} มากกว่าการศึกษานี้

การศึกษาความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} ในอาคารปูนและอาคารไม้ โรงเรียน ที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีสูงสุดอยู่ในช่วง $9.5-47.5 \text{ ngm}^{-3}$ รองลงมาคือ เหล็กอยู่ในช่วง $7.7-19.2 \text{ ngm}^{-3}$ ตะกั่วอยู่ในช่วง $0.2-3.9 \text{ ngm}^{-3}$ ทองแดงอยู่ในช่วง $0.1-2.3 \text{ ngm}^{-3}$ และแคดเมียมอยู่ในช่วง $ND-0.4 \text{ ngm}^{-3}$ ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กสูงสุดอยู่ในช่วง $21.1-28.6 \text{ ngm}^{-3}$ รองลงมาคือ สังกะสีอยู่ในช่วง $11.2-12.9 \text{ ngm}^{-3}$ ส่วนตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมไม่สามารถตรวจพบได้ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10}

อาคาร	ความเข้มข้นโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} (ngm^{-3})									
	โรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น					โรงเรียนที่อยู่ห่างพื้นที่การจราจรหนาแน่น				
	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe
อาคารปูน										
H1	47.5 (± 17.9)	0.2 (± 0.2)	0.8 (± 0.7)	ND	19.2 (± 5.7)	11.2 (± 1.1)	ND	ND	ND	26.5 (± 2.4)
H2	9.5 (± 2.1)	1.9 (± 0.8)	1.3 (± 0.2)	ND	15.4 (± 2.9)	12.2 (± 3.1)	ND	ND	ND	21.9 (± 3.1)
H3	12.5 (± 9.3)	3.9 (± 0.7)	0.1 (± 0.1)	ND	7.7 (± 5.6)	12.5 (± 1.7)	ND	ND	ND	21.6 (± 4.2)
อาคารไม้										
L1	28.1 (± 15)	0.3 (± 0.3)	2.3 (± 1.9)	ND	18.3 (± 7.6)	12.9 (± 3.5)	ND	4.1 (± 3.5)	ND	28.5 (± 4.8)
L2	11.7 (± 2.7)	0.4 (± 0.4)	1.9 (± 0.2)	0.4 (± 0.3)	18.4 (± 9.7)	12.6 (± 1.5)	ND	ND	ND	21.1 (± 2)
L3	11.3 (± 2.7)	1.4 (± 0.7)	1.3 (± 0.5)	ND	15.5 (± 2.9)	11.8 (± 1.4)	ND	1.8 (± 1.5)	ND	23.9 (± 3.4)
ค่าเฉลี่ย	20.1 (± 15.1)	1.4 (± 1.4)	1.3 (± 0.8)	0.1 (± 0.1)	15.8 (± 4.3)	12.2 (± 0.6)	- (± 1)	1	-	23.9 (± 3)

ND : Non detectable ไม่สามารถตรวจพบได้

ผลการตรวจวัดโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} ทั้ง 6 โรงเรียน พบว่า มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ตรวจวัดในสถานประกอบการของ OSHA คือ สังกะสี 1 mgm^{-3} ตะกั่ว $1.5 \text{ } \mu\text{gm}^{-3}$ ทองแดง 1 mgm^{-3} แคดเมียม 0.2 mgm^{-3} และเหล็ก 10 mgm^{-3} แต่ถ้าได้รับเป็นระยะเวลานานจะเกิดการสะสมจนมีอาการแบบเรื้อรังได้ ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ภายในอาคาร อาจมีสาเหตุมาจากแหล่งกำเนิดภายในห้องเรียน เช่น สีทาอาคาร เพอร์นิเจอร์ต่างๆ

การศึกษาความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นตก ในอาคารปูนและอาคารไม้ในโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กสูงสุดอยู่ในช่วง $2,042-4,253.3 \mu\text{g g}^{-1}$ รองลงมา คือ สังกะสีอยู่ในช่วง $154.9-776.6 \mu\text{g g}^{-1}$ ทองแดงอยู่ในช่วง $17.2-138.4 \mu\text{g g}^{-1}$ ตะกั่วอยู่ในช่วง $20.1-101.8 \mu\text{g g}^{-1}$ และแคดเมียมอยู่ในช่วง $1.9-14 \mu\text{g g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของเหล็กสูงสุดอยู่ในช่วง $5,822.9-8,714 \mu\text{g g}^{-1}$ รองลงมา คือ สังกะสีอยู่ในช่วง $71.9-79.9 \mu\text{g g}^{-1}$ ทองแดงอยู่ในช่วง $0.9-32.5 \mu\text{g g}^{-1}$ แคดเมียมอยู่ในช่วง $11.9-13.7 \mu\text{g g}^{-1}$ และตะกั่ว อยู่ในช่วง $\text{ND}-0.4 \mu\text{g g}^{-1}$ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นตก

อาคาร	ความเข้มข้นโลหะหนักในฝุ่นตก ($\mu\text{g g}^{-1}$)									
	โรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น					โรงเรียนที่อยู่ห่างพื้นที่การจราจรหนาแน่น				
	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe
อาคารปูน										
H1	168.3 (± 38.6)	20.1 (± 11.4)	26 (± 13.6)	2.5 (± 1.0)	3,540.2 (± 94.0)	76.1 (± 14.7)	0.4 (± 0.3)	3.2 (± 2.4)	12.5 (± 1.2)	8,192.9 (± 97.1)
H2	370.2 (± 80.7)	101.8 (± 31.4)	138.4 (± 75.5)	13.9 (± 2.4)	4,027.3 (± 75.7)	72.6 (± 5.7)	0.1 (± 0.1)	2.6 (± 1.6)	11.9 (± 1.5)	7,246.9 (± 98.4)
H3	307.4 (± 95.1)	61.7 (± 9.1)	112.2 (± 62.2)	9.7 (± 1.5)	4,253.3 (± 97.2)	79.9 (± 10.6)	ND	0.9 (± 0.8)	13.1 (± 1.0)	5,822.9 (± 94.9)
อาคารไม้										
L1	154.9 (± 33.2)	52.6 (± 8.15)	17.2 (± 4.7)	1.9 (± 1.0)	2,042 (± 79.4)	79.6 (± 9.1)	ND	1.6 (± 1.2)	13.1 (± 1.4)	8,714 (± 98.4)
L2	776.6 (± 54.7)	98 (± 10.7)	20.1 (± 17.6)	14 (± 2.0)	3,934 (± 99.1)	77.3 (± 20.6)	ND	32.5 (± 27.8)	12.7 (± 1.8)	7,325.3 (± 75.6)
L3	202.9 (± 45.7)	57.2 (± 7.2)	43.1 (± 27.9)	9.5 (± 1.9)	3,973.9 (± 90.9)	71.9 (± 9.3)	ND	10.9 (± 9.2)	13.7 (± 1.8)	6,653.9 (± 87.5)
ค่าเฉลี่ย	330.1 (± 93.9)	65.2 (± 30.6)	59.5 (± 52.4)	8.6 (± 5.3)	3,628.5 (± 46.8)	76.2 (± 3.4)	0.1 (± 0.1)	8.6 (± 4)	12.8 (± 0.6)	7,326 (± 55.4)

ND : Non detectable ไม่สามารถตรวจพบได้

การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} และฝุ่นตก พบว่าเหล็กมีปริมาณสูงในทุกโรงเรียน เนื่องจากเหล็ก เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกที่มีอยู่ในหิน และดิน โดยในบรรยากาศของพื้นที่ในเขตเมืองจะมาจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นที่พื้นผิว เช่น ถนน ในขณะที่ชนบทจะเกิดจากการไถพรวนหรือลมพัดผ่านพื้นดิน

โลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} ของงานวิจัยนี้มีค่าแตกต่างจากการศึกษาของ Latif et al.(2011) เนื่องจากพื้นที่ศึกษา สภาพห้องเรียนและกิจกรรมที่แตกต่างกัน โดยการตรวจวัดของ Latif et al.(2011) ทำในช่วงที่มีการปรับปรุงอาคาร จึงมีปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} มากกว่าการศึกษานี้ ซึ่งเป็นการตรวจวัดฝุ่นละออง PM_{10} ในสภาพการใช้งานจริงตามปกติ ส่วนปริมาณโลหะหนักในฝุ่นตกของงานวิจัยนี้มีแตกต่างจากการศึกษาของ Yap et al.(2007) เนื่องจากมีพื้นที่ศึกษา สภาพห้องเรียน กิจกรรมภายในห้องเรียน รวมทั้งการระบายอากาศที่แตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณโลหะหนักต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{10} พบว่า โรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง $214.9-346.1 \text{ ngm}^{-3}$ ซึ่งมีค่ามากกว่าโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} อยู่ในช่วง $109.6-202.1 \text{ ngm}^{-3}$ ส่วนความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละออง PM_{10} และฝุ่นตก พบว่า เหล็กและสังกะสีมีปริมาณสูงโดยโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น มีค่า สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียม มากกว่าโรงเรียนที่ไม่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น โดยมีเพียงเหล็กที่มีค่าน้อยกว่า ถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่มีค่ามาตรฐานหรือข้อกำหนดทางด้านมลพิษทางอากาศภายในอาคาร แต่หากสัมผัสเป็นระยะเวลานานหลายปี อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงมีประโยชน์ในการสร้างความตระหนักให้แก่ประชาชนถึงอันตรายของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิตยาวัจนะภูมิ. (2551). มลพิษอากาศและสุขภาพเด็ก.วารสารพิษวิทยาไทย, 23(2), 77-81.
- พรพรรณ พนาปวุฒิกุล. (2549). โลหะหนักตัวการปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. สืบค้นข้อมูล 17 กันยายน 2555 จาก <http://www.chemtrak.org>
- มงคล รายนาคกร, สมพร จันทระ, สุนันทา วังกานต์, อุไร เตังเจริญกุล, พิสิทธิ์ กิจสวัสดิ์ไพบูลย์, พรชัย จันทา, อิงอร ชัยศรี, วลัยยา แสงจันทร์ และตุจเดือน แสงบุญ. (2549).รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน.สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- วิกรม เสงคิสิริ และ สลธิธร เทพตระการพร. (2548) กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 28 (1),26-34.
- วงศ์พันธ์ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผลและธีระ เกรอต.(2540). มลภาวะทางอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Latif, M.T., Baharudin, N.H., Velayutham, P., Awang, N., Hamdan, H., Mohamad, R., and

- Mokhtar M.B. (2011). Composition of heavy metals and airborne fibers in the indoor environment of a building during renovation. *Environmental Monitoring Assessment* 181 (1-4): 479-489.
- Limbeck, A., Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Bauer, H. and Puxbaum, H. (2009). Impact of mineral components and selected trace metals on ambient PM₁₀ concentration. *Atmospheric Environment*, 43, 530-538.
- Yap, C.K., Ismail, A., and Tan, S.G. (2007). Heavy metal concentrations in indoor fan dust of residential areas: A preliminary study. *Malaysian Applied Biology*, 36, 47-49.