

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาระดับมลพิษทางอากาศภายในอาคารในโรงเรียนประถมศึกษา ได้ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกโรงเรียนในพื้นที่เขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น 3 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก (H1) โรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง (H2) และ โรงเรียนบ้านกร่าง พระราชชัยสิทธิ์ (H3) และโรงเรียนในเขตพื้นที่นอกเขตเมืองที่ไม่มีการจราจรหนาแน่น 3 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันตก (L1) โรงเรียนวัดอรัญญิก (L2) และโรงเรียนวัดคูหาสวรรค์ (L3) ในช่วงการเรียนการสอนตั้งแต่ วันจันทร์ - ศุกร์ เวลา 08.00-16.00 น. เดือนตุลาคม 2554 - มีนาคม 2555 โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

โรงเรียนในพื้นที่เขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นมี PM_{10} ภายในอาคาร (I) อยู่ในช่วง $14.3 \pm 0.4 - 40.7 \pm 5.3 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ซึ่งการทดสอบแบบ t-test พบว่าโรงเรียนทั้ง 3 แห่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับปริมาณ PM_{10} ของโรงเรียนห่างจากพื้นที่การจราจรหนาแน่น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $22.4 \pm 6.2 - 30.6 \pm 7.6 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ส่วนปริมาณ PM_{10} ภายนอกอาคาร (O) โรงเรียนในพื้นที่เขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง $98.3 \pm 16.4 - 137.5 \pm 21.4 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณ PM_{10} ของโรงเรียนห่างจากพื้นที่การจราจรหนาแน่น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $100.7 \pm 88.8 - 107.9 \pm 47.3 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.1)

ปริมาณเฉลี่ย PM_{10} ภายในอาคารพบสูงสุดอยู่ที่โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก (H1) มีค่าเท่ากับ $40.7 \pm 5.3 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ รองลงมาคือโรงเรียนเทศบาล 3 วัดท่ามะปราง (H2) และโรงเรียนบ้านกร่าง พระราชชัยสิทธิ์ (H3) ตามลำดับ ซึ่งการที่โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออกมี PM_{10} สูงสุด อาจมีสาเหตุมาจากสภาพอาคารที่เก่า โดยประตูห้องหันหน้าเข้าสู่ถนนและยังอยู่ใกล้กับถนนสายหลักที่มีการจราจร คมนาคมขนส่งตลอดทั้งวัน ฝุ่นละอองจึงถูกพัดพาเข้าสู่อาคารได้ง่าย จึงส่งผลให้ปริมาณ PM_{10} มีปริมาณสูงกว่าทุกโรงเรียนซึ่งสอดคล้องกับ ปริมาณ PM_{10} ภายนอกอาคารที่มีค่าสูงสุดเช่นเดียวกัน ส่วนโรงเรียนที่ห่างจากพื้นที่การจราจรหนาแน่นมีปริมาณเฉลี่ย PM_{10} ภายในอาคารสูงสุดอยู่ที่โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันตก (L1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $30.6 \pm 7.6 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ รองลงมาคือโรงเรียนวัดคูหาสวรรค์ (L3) และโรงเรียนวัดอรัญญิก (L2)

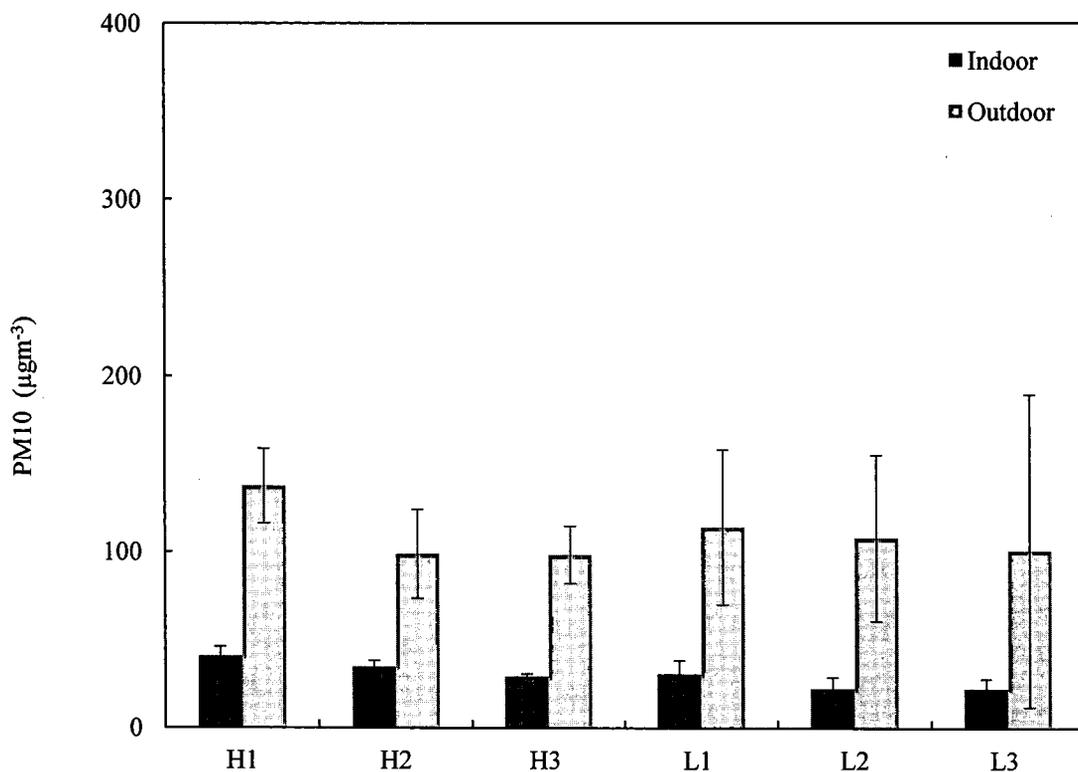
ตามลำดับ (ดังรูปที่ 4.1) ถึงแม้ประเทศไทยยังไม่มีค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศไทย (150 μgm^{-3}) ประเทศสิงคโปร์ (180 μgm^{-3}) และฮ่องกง (180 μgm^{-3}) พบว่า PM_{10} ภายในอาคารต่ำกว่าค่ามาตรฐานดังกล่าว

ตารางที่ 4.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})

Stations	N	characteristics	Indoor (I)		Outdoor (O)		I/O
			\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
H1	12	ground Floor concrete building	40.7	5.3	137.5	21.4	0.30
H2	12	1st Floor concrete building	34.6	3.5	98.8	25.4	0.35
H3	12	1st Floor concrete building	14.3	1.4	98.3	16.4	0.30
Average			29.2	5.6	111.5	20.4	0.31
L1	12	1st Floor Wood building	30.6	7.6	114.1	44.2	0.27
L2	12	1st Floor concrete building	22.4	6.2	107.9	47.3	0.21
L3	12	1st Floor concrete building	22.5	5.2	100.7	88.8	0.22
Average			25.2	5.6	107.6	20.4	0.23

Note; N = number of sample, \bar{X} = Mean, SD = standard derivation

ส่วนปริมาณเฉลี่ย PM_{10} ภายนอกอาคารสูงสุดพบที่ โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก (H1) ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น โดยมีค่าเท่ากับ $137.5 \pm 21.4 \mu\text{gm}^{-3}$ ซึ่งการทดสอบแบบ t-test พบว่ามีค่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญกับโรงเรียนอื่นๆ โดยปริมาณเฉลี่ย PM_{10} ภายนอกอาคารในทุกโรงเรียนไม่เกินค่ามาตรฐานที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดไว้ คือ $150 \mu\text{gm}^{-3}$



ภาพที่ 4.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน(PM₁₀) ภายในและภายนอกอาคาร

จากการศึกษาในพื้นที่ต่างๆ พบว่าพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น ในเขตเมือง ตรวจพบความเข้มข้นของ PM₁₀ ที่สูงกว่าพื้นที่ในชนบท ปัจจัยสภาพของห้องเรียนและการระบายอากาศไม่เพียงพอ และลักษณะโครงสร้างของอาคารที่แตกต่างกัน รวมถึงการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอภายในอาคาร สภาพโครงสร้างของอาคารมีลักษณะที่แตกต่างโดยอาคารไม้จะฝุ่นร่อนได้ง่าย และมีช่องว่างของอาคาร ทำให้ฝุ่นละอองจากภายนอกพัดพาเข้าสู่อาคารได้ง่าย โดยประตูห้องของอาคารหันหน้าเข้าสู่ถนนและยังอยู่ใกล้กับถนนสายหลักที่มีการจราจร คมนาคมขนส่งตลอดทั้งวัน ฝุ่นละอองจึงถูกพัดพาเข้าสู่อาคารได้ง่าย ส่งผลต่อปริมาณ PM₁₀ ภายในอาคาร โดยความเข้มข้นของ PM₁₀ ภายในอาคารในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ เช่น Janssen et al.,(1999), Diapouli et al.,(2008), Chithra and Shiva Nagendra (2012) และ Tran et al.,(2012) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายในอาคารกับการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ

Source	Averaging Time (hour)	Measurement Site	Indoor PM ₁₀
This study	8	School classrooms, high traffic area	14.3– 40.7
	8	School classrooms, low traffic area	22.4 - 30.6
Janssen <i>et al.</i> (1997)	8	School classroom, Amsterdam, Netherlands	80.8 - 157.0
Diapouli <i>et al.</i> (2008)	8	School classroom, Athens, Greece	236.13
Xie <i>et al.</i> (2010)	8	Urban and rural area, Baoji City, China	402.0 - 410.0
Chithra and Nagendra (2012)	8	School classroom, Chennai, India	149.0 ± 69.0
Tran <i>et al.</i> (2012)	8	School classroom, North of France	72.7 - 85.2

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของมลพิษทางอากาศภายในและภายนอกอาคาร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของของมลพิษทางอากาศภายในและภายนอกอาคาร (I/O ratio) แสดงถึงความแตกต่างของความเข้มข้นของมลพิษภายในและภายนอกอาคารและสามารถบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Huang et al., 2007) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของของมลพิษทางอากาศภายในและภายนอกอาคารนั้นขึ้นอยู่กับการระบายอากาศของอาคารในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในโรงเรียนส่วนใหญ่จะใช้การระบายอากาศโดยธรรมชาติ เช่น หน้าต่าง หรือการระบายอากาศโดยวิธีกล เช่น พัดลม เมื่ออนุภาคฝุ่น PM_{10} แพร่กระจายเข้าสู่ในอาคารจะตกสะสมบนพื้นผิววัสดุต่างๆ ภายในอาคารตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Thatcher and Layton, 1995)

ในการศึกษาครั้งนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PM_{10} ภายในและภายนอกอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยในทุกโรงเรียนมีค่า I/O ratio < 1 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.21-0.35 จากการศึกษาวิจัยต่างของ Chen and Zhao (2011) พบว่าค่า I/O ratio มีค่าที่แตกต่างกัน (0.02-31) ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะของการศึกษานั้นๆ ค่า I/O ratio สูงพบในการศึกษาในบ้านที่มีการปรุงอาหารโดยไม่มีปล่องระบายควัน ในขณะที่ ค่า I/O ratio ต่ำ พบในบ้านที่มีระบบการถ่ายเทอากาศที่ดี ทั้งนี้ความแตกต่างของ I/O ratio เป็นผลมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น สถานที่ตั้ง การออกแบบของอาคาร และกิจกรรมโดยรอบอาคาร (Massey et al., 2012) ค่า I/O ratio สูงแสดงว่าความเข้มข้นของ PM_{10} ภายในอาคารมีผลมาจากความเข้มข้นของ PM_{10} ภายนอกอาคาร โดยเกิดจากการแพร่กระจายของฝุ่นภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร (Oosterlee et al., 1996) ในขณะที่ I/O ratio ต่ำ แสดงให้เห็นว่ามลพิษภายในอาคารมาจากกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร

4.3 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (PM_{10})

การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่น PM_{10} แสดงถึงคุณลักษณะทางเคมีของฝุ่น ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุต่างๆ โดยองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นที่มีความแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดในบรรยากาศ การเคลื่อนที่/การแพร่กระจายของฝุ่น ซึ่งถ้าฝุ่น PM_{10} ประกอบไปด้วยธาตุที่มีความเป็นพิษปนเปื้อนอยู่ ย่อมส่งผลกระทบต่อผู้ที่สัมผัสกับฝุ่น โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่น PM_{10} จึงเป็นข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดของฝุ่น และค่าความเป็นพิษของฝุ่นเหล่านั้น

ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในและนอกอาคาร ซึ่งได้แก่ แคลเซียม (Ca^+) โพแทสเซียม (K^+) แมกนีเซียม (Mg^+) โซเดียม (Na^+) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรท (NO_3^-) ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) แคดเมียม (Cd) และ สังกะสี (Zn) มีดังนี้

ปริมาณความเข้มข้นธาตุที่ตรวจพบใน PM₁₀ ภายในอาคารและภายนอกอาคารในพื้นที่ใกล้ การจราจรหนาแน่น เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ Ca⁺ > K⁺ > Na⁺ > Mg⁺ > NO₃⁻ > SO₄²⁻ > Mn > Pb > Zn และ Cd ตามลำดับ ส่วน PM₁₀ ภายในอาคารในโรงเรียนพื้นที่ห่างไกลการจราจรที่หนาแน่น ตรวจพบ Ca⁺ > Na⁺ > K⁺ > Mg⁺ > NO₃⁻ > SO₄²⁻ > Mn > Zn > Cd และ Pb ตามลำดับ PM₁₀ ภายนอกอาคารตรวจพบ Ca⁺ > K⁺ > Na⁺ > Mg⁺ > NO₃⁻ > SO₄²⁻ > Mn > Zn > Cd และ Pb ตามลำดับ ดังแสดง ในตารางที่ 4.3

4.3.1 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca⁺)

ปริมาณแคลเซียมพบมากในโรงเรียนที่ห่างไกลจากการจราจร ซึ่งมีกิจกรรมทางการเกษตร โดยรอบโรงเรียน ปริมาณแคลเซียมที่ตรวจพบมีค่าเท่ากับ 251.2 และ 471.2 ngm⁻³ ใน PM₁₀ ภายในและ ภายนอกอาคาร ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบแคลเซียม เท่ากับ 171.2 และ 323.3 ngm⁻³ ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุของการสะสมของปริมาณแคลเซียมใน PM₁₀ เกิดจาก การสะสมของแคลเซียมในเปลือกโลก เมื่ออนุภาคฝุ่นละออง เกิดการฟุ้งกระจายโดยลม ฝุ่นละอองเหล่านั้น จึงสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ภายในอาคารได้

4.3.2 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม (K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมพบมากในโรงเรียนที่ห่างไกลจากการจราจร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 167.9 และ 272.0 ngm⁻³ ใน PM₁₀ ภายในและภายนอกอาคาร ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจร หนาแน่น ตรวจพบ โพแทสเซียมเท่ากับ 130.3 และ 214.5 ngm⁻³ ตามลำดับ โพแทสเซียมมีแหล่งกำเนิด จากธรรมชาติและถูกปลดปล่อยมาจากการเผาไหม้ต่างๆ โพแทสเซียมปะปนอยู่ในอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ และฝุ่นละอองเหล่านั้นสามารถแพร่กระจายไปยังที่ต่างๆ ได้

4.3.3 ปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียม (Mg⁺)

ปริมาณแมกนีเซียม พบมากในโรงเรียนที่ห่างไกลจากการจราจร ซึ่งมีกิจกรรมทาง การเกษตรโดยรอบโรงเรียน ปริมาณแมกนีเซียม ที่ตรวจพบมีค่าเท่ากับ 142 และ 174.1 ngm⁻³ ใน PM₁₀ ภายในและภายนอกอาคาร ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบ แมกนีเซียมเท่ากับ 104.4 และ 127.5 ngm⁻³ ตามลำดับ แมกนีเซียมมีมากในเปลือกโลก เมื่อมีกิจกรรม เปิดหน้าดินในการเกษตร จึงเกิดการฟุ้งกระจายของแมกนีเซียมในฝุ่นละออง โดยส่วนใหญ่พบปริมาณ แมกนีเซียมมากในพื้นที่เกษตรกรรม

4.3.4 ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียม (Na⁺)

โรงเรียนที่ห่างไกลจากการจราจร ตรวจพบปริมาณโซเดียม มีค่าเท่ากับ 181.9 และ 250.9 ngm⁻³ ใน PM₁₀ ภายในและภายนอกอาคาร ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจร หนาแน่น มีค่าเท่ากับ 123.1 และ 168.2 ngm⁻³ ตามลำดับ

4.3.5 ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟต (SO_4^{2-})

โรงเรียนที่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบปริมาณซัลเฟตมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มี การจราจรหนาแน่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.2 และ 127.2 ngm^{-3} ใน PM_{10} ภายในและภายนอกอาคาร ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ไกลพื้นที่การจราจรหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 45.3 และ 97.2 ngm^{-3} ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Handler et al., (2008) ที่ตรวจพบปริมาณซัลเฟตสูงในพื้นที่เขตเมือง ซัลเฟตถูกปลดปล่อยมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ และปะปนอยู่ในอนุภาคฝุ่นขนาดซึ่งสามารถ แพร่กระจายไปยังที่ต่างๆ ได้

4.3.6 ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท (NO_3^-)

โรงเรียนที่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบปริมาณไนเตรทมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มี การจราจรหนาแน่น เช่นเดียวกับซัลเฟต โดยปริมาณไนเตรทใน PM_{10} ภายในและภายนอกอาคาร มีค่า เท่ากับ 68.2 และ 131.1 ngm^{-3} ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ไกลพื้นที่การจราจรหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 41.2 และ 71.1 ngm^{-3} ตามลำดับ

4.3.7 ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb)

โรงเรียนที่ติดกับพื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบปริมาณตะกั่วมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มี การจราจรหนาแน่น โดยปริมาณตะกั่วใน PM_{10} ภายในและภายนอกอาคาร มีค่าเท่ากับ 0.6 และ 0.8 ngm^{-3} ตามลำดับ ส่วนโรงเรียนที่อยู่ไกลพื้นที่การจราจรหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 0.3 และ 0.4 ngm^{-3} ตามลำดับ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการจราจร การคมนาคมขนส่ง และส่วนหนึ่งมาจาก คิววันที่มาจากตลาด ด้านข้างโรงเรียน สาเหตุเหล่านี้จะส่งผลทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วในอากาศได้

4.3.8 ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีส (Mn)

ปริมาณแมงกานีสใน PM_{10} ทุกโรงเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.1-16.1 ngm^{-3} แมงกานีส มีมากในเปลือกโลก เมื่อมีกิจกรรมเปิดหน้าดินในการเกษตร จึงเกิดการฟุ้งกระจายของ แมงกานีสในฝุ่นละออง

4.3.9 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd)

ปริมาณแคดเมียมใน PM_{10} ทุกโรงเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.5 ngm^{-3} แคดเมียมในฝุ่นละอองอาจมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ หรืออาจเนื่องมาจากโครงสร้างอาคาร และ เฟอร์นิเจอร์ และสีที่หลุดลอกออกมา (Latif et.al., 2011) ทั้งนี้เนื่องจากโรงเรียนอยู่ติดกับถนนสาย หลักมีการจราจร และการคมนาคมขนส่งตลอดทั้งวัน จึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองฝุ่นที่มีโลหะ หนักปะปนอยู่

4.3.10 ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี (Zn)

ปริมาณสังกะสีใน PM_{10} ทุกโรงเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.8 ngm^{-3} สังกะสีมีมากในเปลือกโลก เมื่อมีกิจกรรมเปิดหน้าดินในการเกษตร จึงเกิดการฟุ้งกระจายของสังกะสีในฝุ่น ละออง

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะทั้ง 2 พื้นที่พบว่าความเข้มข้นของโลหะมีความสอดคล้องกัน โลหะที่มีความเข้มข้นสูงเหมือนกันทั้ง 2 พื้นที่คือ Ca^+ K^+ Na^+ และ Mg^+ ผลการวิเคราะห์คล้ายกับงานวิจัยที่ศึกษาโลหะในฝุ่นละออง PM_{10} ที่พบความเข้มข้นของโลหะ Ca^+ และ Mg^+ ประมาณ 20.5-4.4 % น้ำหนักฝุ่น โลหะนี้มีแหล่งกำเนิดจากหลายแห่ง เป็นโลหะที่มีมากในธรรมชาติ หิน ดิน กิจกรรมต่างๆของมนุษย์ การเผาไหม้เครื่องยนต์ ฟอสซิล และจากอุตสาหกรรม (Handler et al., 2008; López et al., 2005; Wojas and Almquist, 2007)

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน (PM_{10})

composition	N	High traffic area				Low traffic area			
		Indoor (ngm^{-3})		Outdoor (ngm^{-3})		Indoor (ngm^{-3})		Outdoor (ngm^{-3})	
		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Ca^+	12	171.2	56.6	323.3	116.1	251.2	90.7	471.2	166.5
K^+	12	130.3	47.2	214.5	86.9	167.9	65.5	272.0	100.7
Mg^+	12	104.4	36.9	127.5	43.9	142.0	52.7	174.1	65.7
Na^+	12	123.1	40.1	168.2	53.9	181.9	70.5	250.9	107.8
SO_4^{2-}	12	64.2	35.2	127.2	33.1	45.3	15.2	97.2	30.1
NO_3^-	12	68.2	31.7	131.1	35.5	41.2	11.2	71.1	15.5
Pb	12	0.6	0.4	0.8	0.6	0.3	0.2	0.4	0.3
Mn	12	8.1	3.8	11.4	5.9	11.5	4.4	16.1	6.9
Cd	12	0.4	0.3	0.5	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3
Zn	12	0.4	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.8	0.3

Note; N = number of sample, \bar{x} = Mean, SD = standard derivation

4.4 การวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งมลพิษทางอากาศในพื้นที่ทำการศึกษา

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) PCA เป็นวิธีการทางสถิติที่นิยมใช้กันมากวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสถิติหลายตัวแปร เพื่อหา ลักษณะและความสัมพันธ์ที่เป็นรูปแบบเฉพาะตัวของกลุ่มตัวแปร ในการศึกษาคั้งนี้ใช้วิธีวิเคราะห์ องค์ประกอบหลักเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของแหล่งมลพิษทางอากาศโดยนำความเข้มข้นขององค์ประกอบ ทางเคมีใน PM₁₀ มาคำนวณหาองค์ประกอบหลักของแหล่งกำเนิดมลพิษ โดยผลจากการคำนวณแสดงใน ตารางที่ 4.4 และ 4.5

4.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศในพื้นที่มีการจราจรหนาแน่น

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศภายในอาคารในพื้นที่มีการจราจรหนาแน่น คำนวณออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก (eigenvalues > 1) โดยมีอัตราส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้ทั้งหมด (total variance) เท่ากับ 80.6% หรือตัวแปรทั้ง 10 ธาตุ สามารถอธิบายปัจจัยองค์ประกอบหลักได้ 80.6% องค์ประกอบที่ 1 (component 1) ซึ่งประกอบด้วย Ca⁺ K⁺ Mg⁺ Na⁺ Mn และ Zn มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงในตารางที่ 4.4 โดย องค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของธาตุเหล่านี้ว่ามาจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นจากถนน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นธาตุที่สะสมอยู่ในดิน องค์ประกอบที่ 2 (component 2) ซึ่งประกอบด้วย SO₄²⁻ และ NO₃⁻ โดย องค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มากิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง มลพิษจากการจราจร องค์ประกอบที่ 3 (component 3) ประกอบด้วย Pb และ Cd ซึ่งอาจมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้สารเคมีทางการเกษตรที่มีตะกั่วและแคดเมียมผสมอยู่ รวมทั้งสีที่หลุดลอกกร่อน ออกมาจากเฟอร์นิเจอร์และผนังของอาคาร ซึ่งมีสารเหล่านี้ผสมอยู่ (Latif et al., 2011)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศภายนอกอาคารในพื้นที่มีการจราจรหนาแน่น คำนวณออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก โดยมีอัตราส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้ทั้งหมด (total variance) เท่ากับ 78.1% องค์ประกอบที่ 1 (component 1) ซึ่งประกอบด้วย Ca⁺ K⁺ Mg⁺ Na⁺ Mn และ Zn มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงในตารางที่ 4.4 โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของธาตุเหล่านี้ว่ามาจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นจากถนน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นธาตุที่สะสมอยู่ในดิน องค์ประกอบที่ 2 (component 2) ซึ่งประกอบด้วย SO₄²⁻ NO₃⁻ และ Pb โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มากิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง มลพิษจากการจราจร องค์ประกอบที่ 3 (component 3) ประกอบด้วย Cd อาจมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กิจกรรมทางการเกษตรที่มีการใช้แคดเมียมผสมอยู่

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น

composition	Components of Indoor particles			Components of Outdoor particles		
	1	2	3	1	2	3
Ca ⁺	.981	.027	-.054	.990	.033	-.067
K ⁺	.980	.092	-.091	.981	.109	-.033
Mg ⁺	.985	.074	-.083	.977	.005	-.096
Na ⁺	.942	.018	-.035	.764	-.172	-.219
SO ₄ ²⁻	-.015	-.780	.110	.126	-.731	.131
NO ₃ ⁻	.102	.750	.053	.278	.733	.108
Pb	-.407	.093	.575	-.409	.530	.130
Mn	.888	.052	-.106	.905	.126	.086
Cd	.076	-.121	.887	.115	-.129	.869
Zn	.962	.080	-.081	.956	.132	.048

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

4.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศในพื้นที่ห่างจากการจราจรหนาแน่น

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศภายในอาคารในพื้นที่ห่างจากการจราจรหนาแน่น คำนวณออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก (eigenvalues > 1) โดยมีอัตราส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้ทั้งหมด (total variance) เท่ากับ 77.8% องค์ประกอบที่ 1 (component 1) ซึ่งประกอบด้วย Ca⁺ K⁺ Mg⁺ Na⁺ Mn และ Zn มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงในตารางที่ 4.5 โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของธาตุเหล่านี้ว่ามาจากธรรมชาติ เช่น ผุ่นจากถนน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นธาตุที่สะสมอยู่ในดิน องค์ประกอบที่ 2 (component 2) ซึ่งประกอบด้วย SO₄²⁻ NO₃⁻ และ Cd โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มากิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง มลพิษจากการจราจร การใช้สารเคมีทางการเกษตรที่มีตะกั่วและแคดเมียมผสมอยู่ รวมทั้งสีที่หลุดลอกจากร้อนออกมาจากเฟอร์นิเจอร์และผนังของอาคาร ซึ่งมีสารเหล่านี้ผสมอยู่ องค์ประกอบที่ 3 (component 3) ประกอบด้วย Pb ซึ่งอาจมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง และ การใช้ฝูกร้อนของสีภายในอาคาร

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศภายนอกอาคารในพื้นที่มีการจราจรหนาแน่น คำนวณออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก โดยมีอัตราส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้ทั้งหมด (total variance) เท่ากับ 77.9% องค์ประกอบที่ 1 (component 1) ซึ่งประกอบด้วย Ca^+ K^+ Mg^+ และ Na^+ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) หรือค่าสัมประสิทธิ์แสดงในตารางที่ 4.5 โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของธาตุเหล่านี้ว่ามาจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นจากถนน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นธาตุที่สะสมอยู่ในเปลือกโลก องค์ประกอบที่ 2 (component 2) ซึ่งประกอบด้วย NO_3^- Mn Cd และ Zn โดยองค์ประกอบนี้อาจบ่งชี้ถึงแหล่งที่มากิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง มลพิษจากการจราจร องค์ประกอบที่ 3 (component 3) ประกอบด้วย SO_4^{2-} และ Pb อาจมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กิจกรรมทางการเกษตรที่มีการใช้แคว่เคมีผสมอยู่

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแหล่งมลพิษทางอากาศในพื้นที่ท่าอากาศยานจากการจราจรหนาแน่น

composition	Components of Indoor particles			Components of Outdoor particles		
	1	2	3	1	2	3
Ca^+	.993	.054	-.045	.948	.313	-.016
K^+	.980	.001	.059	.975	.197	.029
Mg^+	.991	.032	-.002	.993	.046	.026
Na^+	.982	.005	.052	.965	-.160	.064
SO_4^{2-}	.004	-.786	-.195	-.082	-.040	-.762
NO_3^-	.268	.550	.143	.074	.758	.335
Pb	-.011	.194	.881	-.081	-.106	.790
Mn	.630	.289	-.538	.437	.815	-.210
Cd	.075	-.494	.263	-.118	.231	-.121
Zn	.869	.227	-.344	.676	.690	-.124

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.