



การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)
อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

โดย
นางสาวกาญจน์ ศรีสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

โดย

นางสาวกาญจน์ ศรีสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**INVESTIGATION OF INDOOR ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN CLASSROOM AT
WATNONGPHO SCHOOL (SILAPAWITTAYAKOM), KAMPHAENG SAEN DISTRICT,
NAKHON PATHOM PROVINCE**

By

Karn Srisawat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Environmental Science

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2011

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ” เสนอโดย นางสาวกาญจน์ ศรีสวัสดิ์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารัทสนวงศ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์รีย์ ศรีพงศ์พันธุ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ กำมะณี)
...../...../.....

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์รีย์ ศรีพงศ์พันธุ์)
...../...../.....

51311301 : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : สภาพแวดล้อม/ภายในห้องเรียน/โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

กาญจน์ ศรีสวัสดิ์ : การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ. ดร. กัญฉรีย์ ศรีพงษ์พันธุ์. 124 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้ทำการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนทั้งหมด 6 ห้องจากอาคาร 2, 3 และ 4 อาคารละ 2 ห้องของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ได้แก่ ความเข้มของแสง เสียง อุณหภูมิเวดบัลด์โกลบ (WBGT) อุณหภูมิห้อง การระบายอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 (พ.ย. 2553 – ก.พ. 2554) และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 (พ.ค. – ก.ย. 2554) แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน รวมถึงศึกษาอิทธิพลของปัจจัยบางอย่าง ได้แก่ ช่วงเวลาในแต่ละวัน (เช้าและบ่าย) ทิศทางการวางตัวของอาคาร (เหนือ ตะวันออก และตะวันตก) และฤดูกาล (หนาวและฝน) ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน พบว่าโดยภาพรวมพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ไม่ได้ตามมาตรฐาน ยกเว้น WBGT และการระบายอากาศ (ที่มีค่า $\bar{X} \pm SD$ เป็น 30 ± 7 °C และ 4.0 ± 0.9 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร² ตามลำดับ) อีกทั้งพบว่าช่วงบ่ายมีผลให้ความเข้มแสงและค่า RH ลดลง แต่ค่า WBGT และอุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าห้องเรียนของอาคารทางทิศเหนือมีค่าเฉลี่ยของแสงและการระบายอากาศมากกว่าในห้องเรียนของอาคารที่วางตัวในทิศอื่น อีกทั้งพบว่าเกือบทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา ยกเว้นเสียงในฤดูหนาวมีค่าน้อยกว่าค่าในฤดูฝน ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนด้วยวิธี Pearson's correlation ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่ามี 3 คู่ที่สัมพันธ์กัน คือ WBGT กับอุณหภูมิห้อง การระบายอากาศกับ RH และแสงกับ RH อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และควรมีการศึกษาในปีการศึกษาเดียวกัน เพื่อให้สภาพภายในห้องเรียนมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น นอกจากนี้โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ควรปรับเปลี่ยนจากพฤติกรรมการเรียนการสอนที่มีการอ่านออกเสียงดังพร้อมกันมาเป็นการสุมให้ผู้เรียนอ่านเป็นรายบุคคล ควรเปิดไฟฟ้าให้ครบทุกดวง เปิดพัดลมให้ครบทุกตัว และเปิดหน้าต่างอย่างน้อย 87.5% เพื่อให้สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนด้านระดับเสียงรบกวน ความเข้มแสง และการระบายอากาศได้ตามมาตรฐาน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

51311301 : MAJOR : ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : ENVIRONMENTAL CONDITION/ WITHIN CLASSROOM/ WATNONGPHO SCHOOL

KARN SRISAWAT : INVESTIGATION OF INDOOR ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN CLASSROOM AT WATNONGPHO SCHOOL (SILAPAWITTAYAKOM), KAMPHAENG SAEN DISTRICT, NAKHON PATHOM PROVINCE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. GUNTHAREE SRIPONGPUN, Ph.D. 124 pp.

This research aims to investigate indoor environmental conditions at Watnongpho School (Silapawittayakom), Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province, such as light, sound, Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), room temperature, ventilation and relative humidity (RH) in the 2nd semester of the academic year 2010 (November 2010 – February 2011) and in the 1st semester of the academic year 2011 (May – September 2011) . Two classrooms in each building were surveyed for building 2, 3 and 4, then totally 6 classrooms were studied. The results were compared with standard values. Possible factors influencing on classroom environments were also investigated. These were period a day (morning and afternoon), direction of the building (north, east and west) and seasons (winter and rainy season). In addition, the relationships between environmental parameters were analyzed. It was found that the majority of studied parameters were not accepted by standards, except for WBGT and ventilation. Their mean and SD values of WBGT and ventilation were 30 ± 7 °C and 4.0 ± 0.9 m³/hr/m², respectively. It could be also concluded that the afternoon resulted in a decrease in light intensity and relative humidity while WBGT and room temperature increased. The mean values of light and ventilation within classrooms in the north were higher than those in other direction. In winter most of the studied parameters, except for sound, were lower than those in rainy season. Furthermore, the results showed 3 pairs of environmental parameters with high correlation ($p < 0.001$) when they were analyzed by Pearson's correlation. These were WBGT and room temperature, ventilation and relative humidity and light and relative humidity. Nevertheless, continual investigation for the longer period of time should be considered for some correlations to ensure the clear results. In addition, the same academic year should be studied in order to achieve the similar situation within classrooms. For Watnongpho School (Silapawittayakom), the teaching behaviour, which resulted in higher noise level, such as loudly read together of all the students in classroom should be cancelled and replaced by individually read. All of electricity lamps and fans should be operated and at least 87.5% of windows should be opened in order to achieve the standards.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ศรี พงศ์พันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความเมตตา กรุณา และให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคำแนะนำในการทำการทดลอง เป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยเหลือในการเขียนรูปเล่มเพื่อแก้ไขงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ นอกจากนี้ในการเขียนวิทยานิพนธ์ยังได้รับคำแนะนำจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ และ ดร.ธรรมศักดิ์ กำมะณี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการเอศรา แสนกันคำ ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการเก็บตัวอย่าง และขอขอบพระคุณคณะครูโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน คุณพ่อศรี เผ่าภูรี คุณนที สังกบุญ และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อประมวล คุณแม่วิภารัตน์ ศรีสวัสดิ์ ที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนและเป็นแรงผลักดันเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุก ๆ คน ที่คอยช่วยเหลือ จึงทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้

สารบัญ

| | | หน้า |
|---|--|------|
| | บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| | บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| | กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| | สารบัญตาราง | ญ |
| | สารบัญภาพ | ท |
| | บทที่ | |
| 1 | บทนำ..... | 1 |
| | ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย..... | 1 |
| | ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| | สมมติฐานของงานวิจัย | 2 |
| | ขอบเขตของงานวิจัย..... | 3 |
| | ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย | 3 |
| | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | ข้อจำกัดของงานวิจัย | 4 |
| 2 | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| | สภาพแวดล้อมภายในอาคาร | 5 |
| | แสง | 5 |
| | เสียง | 7 |
| | อุณหภูมิเวตบัลด์์โกลบ | 9 |
| | การระบายอากาศ | 12 |
| | ความชื้นสัมพัทธ์..... | 14 |
| | ค่ามาตรฐาน | 15 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 16 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องแสง..... | 16 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องเสียง | 18 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องอุณหภูมิ | 19 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องการระบายอากาศ | 19 |

| บทที่ | | หน้า |
|-------|--|------|
| 3 | วิธีดำเนินงานวิจัย..... | 21 |
| | พื้นที่ที่ทำการศึกษา..... | 22 |
| | ประชากรที่ศึกษา | 24 |
| | วางแผนการเก็บตัวอย่าง | 24 |
| | เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 27 |
| | วิธีการเก็บตัวอย่าง | 28 |
| | แสงสว่าง | 28 |
| | เสียง | 28 |
| | อุณหภูมิเวตบัลด์์โกลบ | 29 |
| | การระบายอากาศ | 30 |
| | ตัวอย่างแบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน | 32 |
| | ตัวอย่างแบบสำรวจเบื้องต้น | 33 |
| | การวิเคราะห์ข้อมูล | 34 |
| 4 | ผลการวิจัย | 35 |
| | ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ | |
| | (ศิลปวิทยาคม) | 35 |
| | แสง | 35 |
| | ความเข้มของแสงในห้องเรียน | 35 |
| | ความเข้มของแสงหน้ากระดาน(กระดานดำและ | |
| | กระดานไวท์บอร์ด) | 41 |
| | ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ | 47 |
| | เสียง | 53 |
| | เสียงในห้องเรียน | 53 |
| | เสียงนอกห้องเรียน | 61 |
| | อุณหภูมิเวตบัลด์์โกลบ | 69 |
| | อุณหภูมิห้อง | 75 |
| | การระบายอากาศ | 81 |

| | | |
|---|--|-----|
| | ความชื้นสัมพัทธ์ | 87 |
| | การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 93 |
| | การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน | 96 |
| | ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียน | 96 |
| | ผลการทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายใน ห้องเรียน | 99 |
| | ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อ สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน | 100 |
| | การศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน | 103 |
| | ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อพารามิเตอร์ | 107 |
| | ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความเข้มของแสง | 107 |
| | ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน | 107 |
| | ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความเข้มของแสงหน้ากระดาน | 110 |
| | ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการระบายอากาศ | 111 |
| 5 | สรุป อภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ | 114 |
| | สรุป | 114 |
| | อภิปรายผลการศึกษา | 116 |
| | ข้อเสนอแนะ | 118 |
| | บรรณานุกรม | 120 |
| | ประวัติผู้วิจัย | 124 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 1 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ | 14 |
| 2 | ค่ามาตรฐานของพารามิเตอร์ต่าง ๆ | 15 |
| 3 | เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล | 27 |
| 4 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 35 |
| 5 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 37 |
| 6 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 41 |
| 7 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 43 |
| 8 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 47 |
| 9 | ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 49 |
| 10 | ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 53 |
| 11 | ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 55 |
| 12 | ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 59 |
| 13 | ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 61 |
| 14 | ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 63 |
| 15 | ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนในภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 67 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 16 | ผลการสำรวจ WBGT ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 69 |
| 17 | ผลการสำรวจ WBGT ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 71 |
| 18 | ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 75 |
| 19 | ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 77 |
| 20 | ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 81 |
| 21 | ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 83 |
| 22 | ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 87 |
| 23 | ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 89 |
| 24 | ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนและเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 93 |
| 25 | ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนและเปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 94 |
| 26 | ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 95 |
| 27 | ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 96 |
| 28 | ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 97 |
| 29 | ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) | 98 |
| 30 | ผลการทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) | 99 |
| 31 | ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553..... | 100 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 32 | ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554..... | 101 |
| 33 | ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อม ภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) | 102 |
| 34 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่มีความสัมพันธ์กัน | 103 |
| 35 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน | 104 |
| 36 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ที่มีความสัมพันธ์กัน | 105 |
| 37 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน | 105 |
| 38 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลา ที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ที่มีความสัมพันธ์กัน | 106 |
| 39 | ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลา ที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน | 107 |
| 40 | จำนวนหลอดไฟที่เปิดที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน | 107 |
| 41 | ตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 108 |
| 42 | ตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 109 |
| 43 | ตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา | 109 |
| 44 | ผลของประเภทของกระดานที่มีผลต่อความเข้มของแสงหน้ากระดาน | 110 |
| 45 | ผลของจำนวนพัดลมที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ | 111 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 46 | ผลของจำนวนหน้าต่างที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ | 111 |
| 47 | ผลของตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อการระบายอากาศ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 112 |
| 48 | ผลของตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อการระบายอากาศ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 112 |
| 49 | ผลของตำแหน่งในห้องเรียนที่มีผลต่อการระบายอากาศ ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา | 113 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1 | เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง (lux meter) | 7 |
| 2 | เครื่องมือวัดเสียง (sound level meter) | 9 |
| 3 | เครื่องมือวัดอุณหภูมิเวตบัลบ์ โกลบ (WBGT) | 12 |
| 4 | เครื่องมือวัดการระบายอากาศ..... | 13 |
| 5 | แผนผังการดำเนินงานวิจัย | 21 |
| 6 | โรงเรียนวัดหนองโพธิ์(ศิลปวิทยาคม)..... | 22 |
| 7 | แผนผัง โรงเรียนวัดหนองโพธิ์(ศิลปวิทยาคม) | 23 |
| 8 | แผนผังอาคาร 2 และอาคาร 4 ชั้น 2 ของ โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) | 25 |
| 9 | แผนผังอาคาร 3 ชั้นล่างของ โรงเรียนวัดหนอง โพธิ์(ศิลปวิทยาคม) | 26 |
| 10 | จุดเก็บตัวอย่างของแต่ละพารามิเตอร์ในการวิจัยนี้ | 31 |
| 11 | แบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน | 32 |
| 12 | ตัวอย่างแบบสำรวจเบื้องต้น | 33 |
| 13 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในห้องเรียน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 36 |
| 14 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในห้องเรียน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 38 |
| 15 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในห้องเรียน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับ กับค่ามาตรฐาน | 40 |
| 16 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดาน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554..... | 42 |
| 17 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดาน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง | 44 |

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 18 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดาน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง | 46 |
| 19 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 48 |
| 20 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 50 |
| 21 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับ กับค่ามาตรฐาน | 52 |
| 22 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 54 |
| 23 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 56 |
| 24 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง | 58 |
| 25 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 60 |
| 26 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 | 62 |
| 27 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียน การสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 64 |

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 28 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง | 66 |
| 29 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 | 68 |
| 30 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 70 |
| 31 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 72 |
| 32 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 74 |
| 33 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 76 |
| 34 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 78 |
| 35 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน .. | 80 |
| 36 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 82 |
| 37 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 84 |

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 38 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน.. | 86 |
| 39 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 88 |
| 40 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน | 90 |
| 41 | ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน.. | 92 |
| 42 | แผนผังตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนในการวิจัยนี้..... | 108 |

บทที่ 1

บทนำ

1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

สถานศึกษาเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเยาวชนต้องใช้ชีวิตอยู่ในสถานศึกษาวันละประมาณ 6-7 ชั่วโมง (เอมอัชมา, 2548) อีกทั้งโรงเรียนมีความหนาแน่นของจำนวนนักเรียนมากกว่าจำนวนผู้อยู่อาศัยที่บ้าน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานแบ่งโรงเรียนโดยใช้จำนวนนักเรียนเป็นเกณฑ์เป็นดังนี้ โรงเรียนขนาดเล็กมีจำนวนนักเรียนน้อยกว่า 120 คน โรงเรียนขนาดกลางมีจำนวนนักเรียน 120 - 300 คน โรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนนักเรียนมากกว่า 300 คน (สกุรัตน์, 2550) ฌนัท (2552) ได้แบ่งพื้นที่ใช้สอยในสถานศึกษาเป็น 6 บริเวณด้วยกัน ได้แก่ บริเวณทางด้านสังคม การศึกษา ที่พักอาศัย การกีฬาและสถานที่พักผ่อน สาธารณูปโภค และสถานที่สงวน ซึ่งบริเวณที่เยาวชนใช้ศึกษาหาความรู้ส่วนใหญ่ คือ บริเวณการศึกษา ซึ่งอาคารเรียนเป็นสถานที่ที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นหลักและนักเรียนส่วนใหญ่(มากกว่า 90%)ใช้เวลาในการเรียนรู้อยู่ในอาคารเรียน อากาศที่หายใจเข้าไปจึงมีความสำคัญหากมีสิ่งปนเปื้อนที่เป็นอันตรายปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นคุณภาพอากาศภายในอาคารจึงสำคัญมาก (Marzuki et al., 2010) นักเรียนจะใช้เวลาศึกษาหาความรู้ในห้องเรียนเท่ากับ 85% ซึ่งมากกว่าบริเวณอื่น ๆ การจัดสภาพแวดล้อมบริเวณโรงเรียนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเรียนรู้และพัฒนาการของนักเรียน(ฌนัท, 2552) และ โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) เป็นโรงเรียนขยายโอกาสขนาดกลาง มีนักเรียนจำนวน 317 คน จัดการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จึงมีความหลากหลายของนักเรียนมากกว่าโรงเรียนประถมศึกษาหรือโรงเรียนมัธยมศึกษาเพียงอย่างเดียว อีกทั้งโรงเรียนอยู่ระหว่างการดำเนินโครงการหนึ่งอำเภอ หนึ่งโรงเรียนในฝัน (Master Plan of Lab School Project) ของกระทรวงศึกษาธิการโดยมีเจตนาารมณ์ในการสร้างโรงเรียนชั้นดีให้กระจายอยู่ทุกอำเภอ ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมห้องเรียนให้ดีเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินโครงการดังกล่าว อันได้แก่ การออกแบบห้องเรียน การแบ่งพื้นที่ในห้องเรียนออกเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน การดำเนินการปรับปรุงพัฒนาห้องเรียนให้เหมาะสม การวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) อันประกอบด้วยปัจจัยทางด้านแสง เสียง อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิเวดบัลล์โกลบ (wet bulb globe temperature หรือ WBGT) ความชื้นสัมพัทธ์

(relative humidity หรือ RH) และการระบายอากาศ ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ

2.1 สำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ได้แก่ แสง เสียง อุณหภูมิห้อง WBGT ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ ภายในระยะเวลาที่ศึกษา

2.2 เปรียบเทียบสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ได้แก่ แสง เสียง อุณหภูมิห้อง WBGT ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศกับค่ามาตรฐาน

2.3 ศึกษาปัจจัยบางอย่างที่อาจมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมที่ทำการสำรวจในห้องเรียน ได้แก่ ช่วงเวลาในแต่ละวัน (เช้า บ่าย) ฤดูกาล (หนาว ฝน) และทิศทางการวางตัวของอาคาร (เหนือ ตะวันออก ตะวันตก)

2.4 ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจในการประยุกต์ต่อไป

3 สมมติฐานของงานวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1 สภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดและค่าที่แนะนำ

3.2 ปัจจัยบางอย่างที่ศึกษา ได้แก่ ช่วงเวลาในแต่ละวัน (เช้า บ่าย) ฤดูกาล (หนาว ฝน) ทิศทางการวางตัวของอาคาร (เหนือ ตะวันออก ตะวันตก) มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน

3.3 สภาพแวดล้อมที่ศึกษาบางอย่างมีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

4 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ภายในอาคาร 2 3 และ 4 ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554) ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวและ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2554) ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ทำการศึกษาในช่วงเวลาที่โรงเรียนมีการเรียนการสอน คือ 08.30 – 15.30 น. สภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ทำการสำรวจ คือ แสง เสียง อุณหภูมิห้อง WBGT ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ ตลอดจนศึกษาปัจจัยบางอย่างที่อาจมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ได้แก่ ช่วงเวลาในแต่ละวัน (เช้า บ่าย) ฤดูกาล (หนาว ฝน) และทิศ (เหนือ ตะวันออก ตะวันตก) โดยทิศ หมายถึง ตำแหน่งของห้องเรียนว่าตั้งอยู่ด้านทิศใดของโรงเรียน

5 ขั้นตอนการวิจัย

- 5.1 ค้นหาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง
- 5.2 สำรวจข้อมูลเบื้องต้นของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)
- 5.3 วางแผนการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) และเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ
- 5.4 สำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ได้แก่ แสง เสียง อุณหภูมิห้อง WBGT ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ
- 5.5 เก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้ นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแตกต่างของปัจจัย และความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อม
- 5.6 นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
- 5.7 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และเสนอแนะ
- 5.8 นำเสนอผลงานทางวิชาการ

6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ได้แก่
- 6.1 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน

6.2 นำเสนอผลการศึกษาและข้อเสนอแนะต่อผู้บริหาร โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารในการวางแผนปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ให้เหมาะสมตามมาตรฐานที่กำหนดและค่าที่แนะนำ เพื่อให้การเรียนการสอนภายในห้องเรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6.3 เผยแพร่ผลงานวิจัย เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้และการพัฒนาให้เหมาะสมกับกรณีที่สนใจต่อไป

7 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ข้อจำกัดในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีจำนวนจำกัด ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้พร้อมกันทุกห้อง ต้องใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างทีละห้อง ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละห้องจึงต้องแบ่งเวลาในการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลครบทุกห้องด้วย

7.2 เวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีอย่างจำกัด คือ ต้องเก็บข้อมูลในเสร็จภายใน 1 วันของแต่ละสัปดาห์ และการเก็บตัวอย่างของทุกสัปดาห์เป็นวันเดียวกันไม่สามารถสลับสับเปลี่ยนได้ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด รวมถึงต้องใช้ในการเรียนการสอนในบางรายวิชาของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรด้วย จึงทำให้ต้องทำการเก็บข้อมูลในวันเดียวกันของทุกสัปดาห์ในช่วงเวลาที่ศึกษา

7.3 ตารางเรียนที่จะเลือกเก็บข้อมูลมีอย่างจำกัด เนื่องจากห้องเรียนที่จะเลือกทำการเก็บตัวอย่างนั้นนอกจากจะเก็บข้อมูลขณะที่มีการเรียนการสอนแล้ว ยังต้องเก็บข้อมูลในขณะที่ห้องนั้น ๆ ไม่มีการเรียนการสอน แต่ห้องข้างเคียงมีการเรียนการสอนด้วย ทำให้ข้อมูลที่เก็บได้นั้นมีอย่างจำกัด

7.4 จำนวนห้องที่เก็บข้อมูลในครั้งนี้มีจำนวนไม่เท่ากันในแต่ละภาคการศึกษา เนื่องจากในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) มีการซ่อมเพื่อรับการประเมินโรงเรียนในฝันจึงทำให้ในช่วงบ่ายไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบทุกห้อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 สภาพแวดล้อมภายในอาคาร

ปัจจุบันสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากซึ่งมีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงและเป็นอันตรายต่อสุขภาพยิ่งขึ้น สภาพแวดล้อมเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์และสร้างความรู้สึที่ดีภายในโรงเรียน (ปฎิคม, 2550) สภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่ควรคำนึงถึง เช่น แสง เสียง อุณหภูมิห้อง WBGT ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ เป็นต้น

1.1 แสง

1.1.1 นิยาม

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549) กล่าวว่า แสง คือ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นซึ่งสามารถกระตุ้นจอภาพ (retina) และทำให้เกิดการมองเห็นได้ แสงที่ตาสามารถมองเห็นได้จึงมีลักษณะที่เฉพาะ คือ มีความยาวคลื่นในช่วง 380-770 นาโนเมตร และมีสมบัติผสมผสานระหว่างคลื่นและอนุภาค

ความเข้มของแสง (illuminance) หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนด มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux) หรือเป็นฟุตแคนเดิล (foot candle) โดย 1 ฟุตแคนเดิลเท่ากับ 10.76 ลักซ์ (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)

1.1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแสง

การศึกษาเรื่องแสงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากแสงมีผลกระทบต่อการทำงานซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ แสงสว่างมากเกินไปจะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบาย ปวดตา มีนสิริษะ เมื่อยล้า วิงเวียน กล้ามเนื้อหน้าตากระตุก การมองเห็นแยกลง ส่วนแสงสว่างที่น้อยลงจะมีผลเสียต่อนัยน์ตา ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไปและเป็นการบังคับให้รูม่านตาเปิดกว้าง ทั้งแสงสว่างมากเกินไปและน้อยเกินไปอาจก่อให้เกิดความผิดปกติทางด้านจิตใจ ทำให้เบื่อหน่ายในการทำงานและยังอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานขึ้นได้ (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)

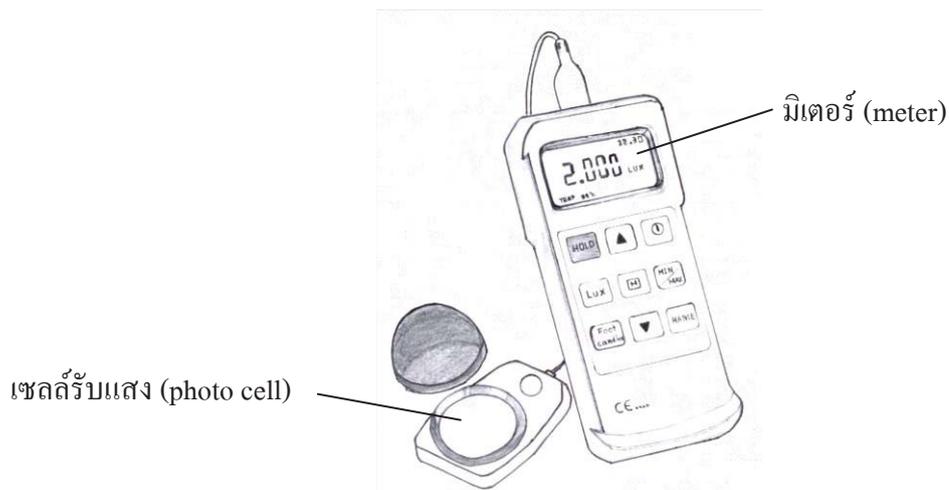
หากแบ่งประเภทของแสงสว่างตามลักษณะของแหล่งกำเนิดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แสงธรรมชาติ (natural light) เป็นแสงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ ซึ่งการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารในปริมาณที่เหมาะสมสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า แต่ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สามารถเคลื่อนที่ได้จึงส่งผลกระทบต่อความรู้สึกต่าง ๆ ของมนุษย์ รวมถึงแสงจากดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนสูง ปริมาณแสงที่มากอาจก่อให้เกิดความร้อนมากเกินไปและอีกประเภทหนึ่ง คือ แสงประดิษฐ์ (artificial light) เป็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งานและดำเนินชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันนิยมใช้แสงประดิษฐ์ซึ่งอาศัยพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก อุปกรณ์กำเนิดแสงมีหลายรูปแบบรวมถึงได้มีการพัฒนาให้มีความสวยงามพร้อมทั้งมีประสิทธิภาพมากขึ้น แสงประดิษฐ์จากไฟฟ้ามิมีบทบาทอย่างมากในโลกปัจจุบันเพราะสามารถกำหนดแสงได้ตามต้องการ ไม่เหมือนกับในอดีตซึ่งใช้แสงเทียนเพื่อให้ความสว่างชั่วคราว แสงเทียนมีการเคลื่อนไหวของเปลวไฟอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดแสงสลับขึ้นในลักษณะเงาทึบและเงาจางกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบ แต่แสงประดิษฐ์นั้นเป็นแสงที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและพลังงานในการทำให้เกิดแสง รวมทั้งยังทำให้เกิดความรู้สึกซ้ำซาก น่าเบื่อจากแสง เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยอิทธิพลใด ๆ ตามธรรมชาติเหมือนกับแสงที่เกิดขึ้นจากดวงอาทิตย์

1.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความเข้มแสง

เครื่องมือวัดความเข้มของแสงแสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งอ่านค่าเป็นลักซ์หรือฟุตแคนเดิล เครื่องมือวัดความเข้มของแสงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้ (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)

เซลล์รับแสง (photo cell) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก ด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอน (silicon) หรือ เซเลเนียม (selenium) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าความเข้มแสงมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากตามไปด้วย เซลล์รับแสงอาจถูกออกแบบให้โค้งมนเล็กน้อยเพื่อให้แสงจากทิศทางต่างๆ ตกกระทบในมุม 90 องศาหรือใกล้เคียงที่สุด

มิเตอร์ (meter) จะรับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์รับแสงและแสดงค่าบนหน้าจอเป็นความเข้มแสง



ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดความเข้มของแสงสว่าง (lux meter)

ที่มา : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549)

1.2 เสียง

1.2.1 นิยาม

เสียง (sound) คือ พลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลอากาศ ทำให้เกิดการอัดและขยายสลับกันของโมเลกุลอากาศ ความดันบรรยากาศจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศ เรียกว่า คลื่นเสียง

ความถี่ของเสียง (frequency of sound) หมายถึง จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศตามการอัดและขยายของโมเลกุลอากาศในหนึ่งวินาที หน่วยวัด คือ รอบต่อวินาที หรือ เฮิร์ตซ์ (Hertz หรือ Hz) ความถี่ของเสียงขึ้นกับความถี่ของเสียง

เสียงดัง หมายถึง เสียงซึ่งไม่เป็นที่ต้องการเพราะทำให้รบกวนความเงียบหรือการรับรู้เสียงที่ต้องการ เสียงดังเป็นอันตรายต่อการได้ยิน ความดังเสียงขึ้นอยู่กับความสูงหรือแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นเสียง

เดซิเบลเอ หรือ dB (A) เป็นหน่วยวัดความดังเสียงที่ใกล้เคียงกับการตอบสนองต่อเสียงของมนุษย์

Time Weighed Average (TWA) คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียงตลอดระยะเวลาการสัมผัสเสียง

1.2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเสียง

การได้รับหรือสัมผัสเสียงดังในระยะเวลาอันนานก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินหรือทำให้ความสามารถในการได้ยินเสียงลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่มีการได้ยินปกติ โดยทั่วไปการสูญเสียการได้ยินขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ ระดับความดังเสียง ระยะเวลาที่ได้รับเสียงต่อวัน และชนิดของเสียง นอกจากนี้ความไวต่อเสียงในแต่ละบุคคล อายุ สภาพแวดล้อมของแหล่งกำเนิดเสียง ฯลฯ ยังเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียการได้ยินอีกด้วย

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549) ได้แบ่งประเภทการสูญเสียการได้ยินเป็น 2 ประเภท คือ การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราวซึ่งเกิดการจากสัมผัสเสียงดังเป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้เซลล์ขนได้รับการกระทบกระเทือน แต่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้หลังจากสิ้นสุดการสัมผัสเสียงดังประมาณ 14 - 16 ชั่วโมง และการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรซึ่งไม่สามารถทำการรักษาให้การได้ยินกลับคืนสู่สภาพเดิมได้

การแบ่งประเภทของเสียงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกัน คือ

เสียงกระทบหรือกระแทก (impact or impulse noise) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงอย่างรวดเร็วในเวลาน้อยกว่า 1 วินาที เสียงมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า 40 เดซิเบล (dB) เช่น การทุบอย่างแรง เสียงการตอกเสาเข็ม เป็นต้น

เสียงดังเป็นช่วง ๆ (intermittent noise) เป็นเสียงที่ดังไม่ต่อเนื่อง มีความดังหรือความเบากว่าเป็นระยะสลับไปมา เช่น เสียงเครื่องบินที่บินผ่าน เสียงจราจร เป็นต้น

เสียงดังแบบต่อเนื่อง (continuous noise) เป็นเสียงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งได้เป็นอีก 2 ประเภท คือ เสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (steady-state noise) มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงไม่เกิน 3 dB เช่น เสียงพัดลม เครื่องทอผ้า เป็นต้น และเสียงดังต่อเนื่องที่ไม่คงที่ (nonsteady state noise) มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงเกินกว่า 10 dB เช่น เครื่องเจียร์ เสียงจากเลื่อยวงเดือน เป็นต้น

1.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดเสียง

เครื่องวัดเสียง (sound level meter) แสดงดังภาพที่ 2 เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวัดระดับเสียง สามารถวัดได้ตั้งแต่ 40 - 140 dB และสามารถวัดระดับเสียงได้ 3 แบบ (weighting networks) คือ A, B และ C อย่างไรก็ตามแบบที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ แบบ A เพราะเป็นแบบ

ที่ตอบสนองต่อเสียงที่คล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดระดับเสียงที่วัดแบบ A คือ dB (A) (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)



ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดเสียง (sound level meter)

ที่มา : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549)

1.3 อุณหภูมิเวตบัลล์โกลบ

1.3.1 นิยาม

WBGT เป็นดัชนีวัดความร้อนในสภาพการทำงาน (มีหน่วยวัดเป็น $^{\circ}\text{C}$ หรือ $^{\circ}\text{F}$) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงาน และความร้อนจากสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งความร้อนจากสภาพแวดล้อมการทำงานถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)

1.3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอุณหภูมิเวตบัลล์โกลบ

ร่างกายมีการควบคุมอุณหภูมิโดยการขับเหงื่อออกจากร่างกายเพื่อลดอุณหภูมิลง เมื่อได้รับความร้อนมากเกินไป อากาศร้อนจะทำให้ร่างกายมีการขับเหงื่อเพิ่มขึ้น หากอุณหภูมิร่างกายสูงกว่า 41°C เซลล์ประสาทบางส่วนในระบบประสาทส่วนกลางจะถูกทำลายอย่างถาวร และหากได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอีกการควบคุมอุณหภูมิในสมองจะเสียไป ทำให้ไม่สามารถระบายความร้อนออก ทำให้รู้สึกมีเมื่อยและอาจชักอย่างรุนแรงได้ สามารถแก้ไขโดยการเช็ดตัวด้วยน้ำผสมแอลกอฮอล์เพื่อเป็นการช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2549) ได้กล่าวถึงอาการต่าง ๆ ที่อาจพบใน ภาวะที่ร่างกายต้องสัมผัสกับความร้อนเป็นระยะเวลานาน ได้แก่ การมีไข้ (fever หรือ pyrexia) ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่า 37.5°C เนื่องจากอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน มีความผิดปกติภายในเนื้อสมอง เช่น การผ่าตัดสมอง การมีเนื้องอก หรือร่างกายขาดน้ำ หรือเกิด จากสารพิษไปรบกวนการทำงานของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมอง นอกจากนี้ไข้ อาจเกิดจากการ ได้รับยาหรือสารเคมีบางอย่าง

การเป็นลม (fainting หรือ heat syncope) เกิดจากสมองขาดเลือดไปเลี้ยง เนื่องจาก หลอดเลือดส่วนปลายขยายตัวมากหลายแห่ง ซึ่งพบร่วมกับการมีความดันต่ำ การอ่อนเพลีย เนื่องจากความร้อน (heat exhaustion) เกิดขึ้นจากระบบหมุนเวียนของเลือดไปเลี้ยงสมองได้ไม่ เต็มที่

การขาดน้ำ (dehydration) เป็นการสูญเสียน้ำและเกลือแร่จากร่างกายมาก ทำ ให้รู้สึกไม่สบาย ผิวหนังแห้ง รวมถึงกระหายน้ำ

ตะคริวเนื่องจากความร้อน (heat cramp) เกิดจากร่างกายสูญเสียเกลือแร่ไปกับ เหงื่อ จึงทำให้ขาดเกลือแร่ที่จะไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้เกิดการหดเกร็งของ กล้ามเนื้ออย่างไม่สมดุลงัน

โดยทั่วไปแหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่อความร้อนในร่างกายมนุษย์มี 2 แหล่ง คือ ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายจากการเผาผลาญอาหาร เพื่อสร้างพลังงาน ความร้อนจากทั้งสองแหล่งนี้สามารถถ่ายเทระหว่างกันได้ จากแหล่งที่มีระดับ ความร้อนสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีความร้อนต่ำกว่า โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนเพื่อ รักษาระดับความร้อนภายในร่างกายให้คงที่ที่ $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ซึ่งอธิบายได้ด้วยสมการสมดุลความร้อน ดังนี้ (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549)

$$H = M + R + C + E + D$$

เมื่อ H = ความร้อนสะสมของร่างกาย (body heat storage)

M = ความร้อนจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน (metabolic heat)

R = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการแผ่รังสี (radiation)

C = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการพา (convection)

E = ความร้อนที่สูญเสียไปจากการระเหยของเหงื่อ (evaporation)

D = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการนำ (conduction)

1.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ 3 ชนิด คือ

เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติ (natural wet bulb thermometer หรือ NWB) ประกอบด้วยผ้าฝ้ายสะอาด (ชั้นเดียว) หุ้มที่กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์สูงถึงจุดเหนือกระเปาะ ประมาณหนึ่งช่วงกระเปาะหรือประมาณ $1 - 1 \frac{1}{4}$ นิ้ว และต่อหุ้มยาวลงไปให้ปลายอีกด้านหนึ่งจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น โดยส่วนกระเปาะจะอยู่เหนือน้ำประมาณ 1 นิ้ว ผ้าฝ้ายที่หุ้มกระเปาะต้องแนบติดเทอร์โมมิเตอร์และเปียกตลอดเวลา

เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (dry bulb thermometer หรือ DB) เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่มีความละเอียดของสเกล 0.5°C มีการกำบังป้องกันเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อน

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (globe thermometer หรือ GT) ประกอบด้วยโกลบ ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมภายในกลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ทำจากโลหะทองแดงบาง ผิวด้านนอกทาสีดำด้าน และมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบเข้าไปในกระเปาะทรงกลมนี้โดยให้อยู่กึ่งกลางของกระเปาะ มีช่วงการตรวจวัดตั้งแต่ -5 ถึง 100°C ในปัจจุบันเพื่อความสะดวกในการตรวจวัด บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความร้อนได้คิดค้นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถอ่านค่า WBGT ได้ทันที (ภาพที่ 3) โดยไม่ต้องคำนวณค่า WBGT สูตรที่ใช้คำนวณค่า WBGT คือ

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.3 \text{ GT} \text{ (ในกรณีวัดในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแดด)}$$

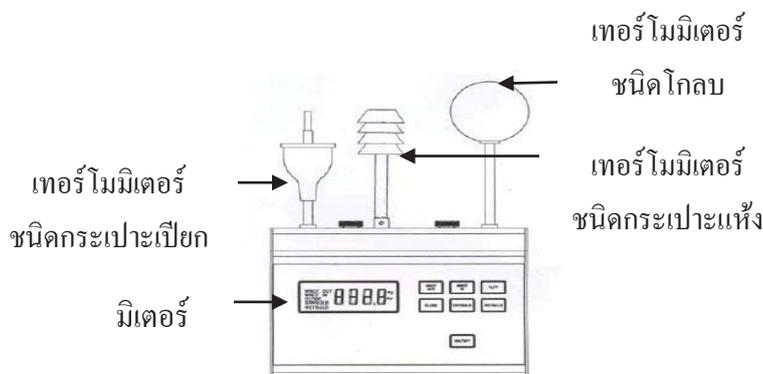
$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.2 \text{ GT} + 0.1 \text{ DB} \text{ (ในกรณีวัดนอกอาคารและมีแดด)}$$

WBGT หมายถึง wet bulb globe temperature ($^{\circ}\text{C}$) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนใน
สิ่งแวดล้อม

NWB หมายถึง natural wet bulb ($^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ เป็นเสมือนการวัดอุณหภูมิที่ผิวหนัง หากเหงื่อสามารถระเหยได้ อุณหภูมินี้จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

GT หมายถึง globe temperature อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ ($^{\circ}\text{C}$) เป็นการวัดความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี

DB หมายถึง dry bulb อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}$) เป็นการวัดอุณหภูมิอากาศ ซึ่งถ่ายเทความร้อนโดยการพา



ภาพที่ 3 เครื่องมือวัด WBGT

ที่มา : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549)

1.4 การระบายอากาศ

1.4.1 นิยาม

การระบายอากาศ หมายถึง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลชนิดหนึ่งในอากาศสามารถเกิดได้จากความแตกต่างของความกดอากาศหรือความแตกต่างของอุณหภูมิ โมเลกุลของอากาศที่มีความกดอากาศสูงจะเคลื่อนที่ไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ

1.4.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการระบายอากาศ

อากาศและการไหลเวียนอากาศเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์ในการขับเคลื่อนระบบของร่างกาย การไหลเวียนโลหิตซึ่งผลิตอากาศเสียที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา อากาศมีส่วนประกอบของสารปนเปื้อนมากมาย รวมทั้งกลิ่นอับที่ถึงแม้ไม่เป็นอันตรายเฉียบพลัน แต่

ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ได้ทันที การหายใจเอาอากาศบริสุทธิ์ที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การระบายอากาศ ประกอบด้วย 2 กรณี คือ

อัตราการระบายอากาศ (airflow rate) เป็นการพิจารณาเชิงปริมาณของการแทนที่อากาศภายในอาคารด้วยอากาศใหม่ที่บริสุทธิ์กว่า อัตราการระบายอากาศที่พอเพียงจะส่งผลให้เกิดความสบายในการอยู่อาศัย

การพัดของลมจะต้องนำไปพิจารณาทั้งการหมุนเวียนอากาศภายในและภายนอกอาคาร ลมที่พัดเข้าไปผสมกับอากาศข้างในอาคาร ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะอากาศภายใน ส่วนลมในฤดูฝนจะมาพร้อมกับความชื้น ทำให้ร่างกายไม่สามารถขับเหงื่อทางผิวได้เต็มที่ แต่จะรู้สึกเย็นเมื่อมีกระแสลมพัดผ่าน ส่วนลมที่ร้อนและแห้งมากเมื่อพัดผ่านร่างกายจะทำให้แสบผิวหนัง

1.4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดการระบายอากาศ

เครื่องมือตรวจวัดการระบายอากาศ (ภาพที่ 4) หลักการทำงาน คือ เมื่ออุณหภูมิของเส้นลวดร้อนเปลี่ยนไป ทำให้ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วยกระแสลมที่พัดผ่านเส้นลวดทำให้อุณหภูมิของเส้นลวดลดลงและแปรผกผันกับความเร็วลมที่เคลื่อนผ่านเส้นลวด กล่าวคือ อุณหภูมิลดลงมากเมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านเส้นลวดด้วยความเร็วสูงมาก ดังนั้นความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจึงถูกปรับเทียบกับความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่าน จึงสามารถอ่านค่าเป็นความเร็วลมได้โดยตรง



ภาพที่ 4 เครื่องมือวัดการระบายอากาศ

ที่มา : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549)

1.5 ความชื้นสัมพัทธ์

1.5.1 นิยาม

ความชื้นสัมพัทธ์ คือ ปริมาณเปรียบเทียบระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริง ในขณะที่ใดขณะหนึ่งกับมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (ประดับและดาวัลย์, 2553)

1.5.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นในอากาศจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ อากาศที่มีความชื้น 60 % เป็นความชื้นพอเหมาะที่ทำให้รู้สึกสบาย ถ้าอากาศมีความชื้นมากเรียกว่าอากาศชื้น ทำให้เหงื่อในตัวเราจะระเหยได้น้อยจึงรู้สึกเหนียวตัวและอึดอัด ผ้าที่ซักตากไว้จะแห้งช้า แต่ถ้าอากาศมีความชื้นน้อยเรียกว่าอากาศแห้ง เหงื่อในตัวเราจะระเหยได้มากทำให้ความร้อนในร่างกายลดลง เราจึงรู้สึกสบาย ผ้าที่ซักตากไว้ก็จะแห้งเร็ว (ประดับและดาวัลย์, 2553)

1.5.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์

เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ คือ ไฮโกรมิเตอร์ ที่มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่โดยทั่วไปจะใช้ไฮโกรมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง ไฮโกรมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งวัดอุณหภูมิธรรมดา(คืออุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง) อีกอันหนึ่งกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จะหุ้มด้วยผ้าและปลายผ้าจุ่มอยู่ในถ้วยน้ำ ซึ่งเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 2 อันนี้จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เมื่อต้องการทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้นำผลต่างของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองมาหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์

| ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) | อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 |
| 1 | 89 | 90 | 92 | 93 | 93 | 94 | 94 |
| 2 | 77 | 81 | 83 | 85 | 86 | 88 | 89 |
| 3 | 67 | 72 | 75 | 78 | 80 | 82 | 83 |

ตารางที่ 1 (ต่อ)

| ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) | อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 |
| 4 | 56 | 63 | 68 | 71 | 74 | 76 | 78 |
| 5 | 46 | 54 | 60 | 62 | 68 | 71 | 73 |
| 6 | 36 | 46 | 53 | 57 | 62 | 65 | 68 |
| 7 | 26 | 38 | 46 | 51 | 57 | 60 | 63 |
| 8 | 15 | 29 | 39 | 46 | 51 | 55 | 59 |
| 9 | 5 | 21 | 32 | 41 | 46 | 51 | 54 |
| 10 | - | - | 13 | 28 | 31 | 37 | 43 |
| 11 | - | 5 | 19 | 31 | 36 | 42 | 46 |
| 12 | - | - | 13 | 28 | 31 | 37 | 43 |

ที่มา : ประดับและดาวลัย, 2553

2. ค่ามาตรฐาน

ค่ามาตรฐานของพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานของพารามิเตอร์ต่างๆ

| พารามิเตอร์ | ค่ามาตรฐาน | ที่มา |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| ความเข้มของแสง | ในห้องเรียน 300 - 500 ลักซ์ | IES, 1983 |
| | หน้ากระดานดำ ไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ | สำนักกฎหมาย กระทรวงมหาดไทย, 2553 |
| ระดับความดังเสียงเฉลี่ย (Leq, 30 min) | เสียงรบกวนภายในห้องไม่เกิน 55 dB(A) | Huang, 2005 |
| อุณหภูมิ | WBGT ไม่เกิน 34°C | สำนักกฎหมาย กระทรวงมหาดไทย, 2553 |
| | อุณหภูมิห้อง 24 – 28 $^{\circ}\text{C}$ | ASHRAE, 1996 |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | ค่ามาตรฐาน | ที่มา |
|------------------|--|----------------------------------|
| การระบายอากาศ | ไม่น้อยกว่า 4 เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ² | สำนักกฎหมาย กระทรวงมหาดไทย, 2553 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | 20 - 70 % | ASHRAE, 1996 |

หมายเหตุ IES ย่อมาจาก Illumination Engineering Society

ASHRAE ย่อมาจาก American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องแสง

อุทัยวรรณ (2539) ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาระดับความเข้มของแสงในห้องเรียนของโรงเรียนขยายโอกาสในอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน รวม 5 โรงเรียนในเวลาที่มีการเรียนการสอนตั้งแต่ 08.30-16.30 น. ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2540 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 โดยใช้เครื่องวัดความเข้มของแสง ตรวจวัดตามห้องต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ห้องละ 10 จุด ผลการตรวจวัดปรากฏว่าความเข้มของแสงในห้องเรียนของโรงเรียนต่าง ๆ โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ Commission International de L'Eclairage (CIE) กำหนดว่า ความเข้มของแสงไม่ควรต่ำกว่า 300 - 500 ลักซ์

ปีทมา (2540) ทำการศึกษาสภาพแสงสว่างในห้องเรียนของอาคารเรียนรวม ในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวม 3 อาคาร ในวันที่ 14 – 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 ทำการเก็บตัวอย่างทั้งในภาคเช้าและบ่าย วัดปริมาณความเข้มของแสงตั้งแต่เวลา 09.00 – 16.00 น. ด้วยเครื่องมือวัดปริมาณความเข้มของแสงสว่างในอาคาร 1-3 โดยแต่ละห้อง ทำการเก็บตัวอย่าง 22 ตำแหน่ง เมื่อเทียบกับมาตรฐานของ Illumination Engineering Society (IES) (1982) ที่กำหนดว่าความเข้มของแสงควรมีค่า 300 - 500 ลักซ์ พบว่าค่าความเข้มของแสงที่สำรวจในอาคาร 1 ในช่วงเช้าและบ่ายได้ตามมาตรฐาน 11 ตำแหน่งและ 7 ตำแหน่ง ตามลำดับ ส่วนอาคาร 2 ในช่วงเช้าและบ่ายได้ตามมาตรฐาน 10 ตำแหน่ง ในขณะที่อาคาร 3 ในช่วงเช้าและบ่ายผ่านมาตรฐาน 10 ตำแหน่ง

ภานุวัฒน์ (2545) ศึกษาปริมาณความเข้มของแสงสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครขอนแก่น เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มของแสงสว่างในห้องเรียนและห้องสมุดของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครขอนแก่น เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ Commission International de L'Eclairage (CIE) ที่กำหนดว่าความเข้มของแสงไม่ควรต่ำกว่า 300 ลักซ์ พบว่าปริมาณความเข้มของแสงในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐาน คิดเป็น 23.81 % โดยความเข้มของแสงสว่างในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 336.59 ลักซ์

พรพิมล (2551) ทำการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) เพื่อศึกษาระดับความเข้มของแสงในห้องเรียนของโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐ จำนวน 4 โรงเรียนในอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้เครื่องตรวจวัดระดับความเข้มแสง (lux meter) ทำการตรวจวัดระดับความเข้มแสงในห้องเรียนแบบจุด (spot measurement) บนกึ่งกลางของโต๊ะเรียน ระหว่างมิถุนายน – กันยายน พ.ศ. 2550 ใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของอาจารย์เกี่ยวกับแสงสว่างในห้องเรียน โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลส่วนตัว และส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลด้านแสงสว่างและการมองเห็น ส่วนแบบสำรวจการจัดสภาพห้องเรียนประกอบด้วย ขนาดห้องเรียน การจัดสภาพห้องเรียน จำนวนประตูและหน้าต่าง หลอดไฟ สีของฝ้าเพดาน ผ้าม่านห้อง พื้น จำนวนนักเรียน/ห้อง จำนวนหลอดไฟในห้อง การติดตั้งพัดลม สภาพภายนอกห้องเรียน นำผลการตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานขั้นต่ำของ Commission International de L'Eclairage (CIE) ที่กำหนดว่าความเข้มของแสงไม่ควรต่ำกว่า 300 - 500 ลักซ์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ เปอร์เซ็นต์ โดยการวิจัยทำการตรวจวัดระดับความเข้มแสงในห้องเรียนทั้งหมด 179 ห้อง จำนวน 5,977 จุด พบว่ามีห้องเรียนเพียง 7 ห้องที่มีค่าระดับความเข้มแสงบนกึ่งกลางของโต๊ะเรียนได้ตามมาตรฐานครบทุกจุดในห้อง ซึ่งคิดเป็น 3.91% ซึ่งผลการตรวจวัดระดับความเข้มแสงสว่างในห้องเรียนตามจำนวนหรือเมื่อพิจารณาจากจุดที่ตรวจวัดทั้งหมด 5,977 จุด พบว่ามีจุดที่ได้ตามมาตรฐาน 2,081 จุด คิดเป็น 34.82% โดยผู้ศึกษาสรุปว่าเพราะการจัดสภาพห้องเรียนที่ไม่เหมาะสม เช่น การจัดโต๊ะเรียน ตู้เอกสาร ตู้เก็บของ บังแสงสว่างจากธรรมชาติ ช่องแสงสว่างเหนือประตูหน้าต่างถูกปิด หลอดไฟเสียไม่มีการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนทันที มีจำนวนนักเรียนต่อห้องมากเกินไปจึงเกิดเงาบัง การติดตั้งพัดลมที่บังแสงสว่าง ไม่มีการทำความสะอาดหลอดไฟหรือแผงไฟ ประกอบกับ

ภายนอกอาคารเรียนมีต้นไม้สูงอยู่ชิดอาคารทำให้เกิดเงามืด และบางโรงเรียนมีนโยบายประหยัดพลังงาน ห้ามเปิดไฟในห้องเรียน เป็นต้น

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องเสียง

ศุวิศิษฐ์ (2544) ศึกษาระดับเสียงรบกวนในห้องเรียนของโรงเรียนในเขตเทศบาล นครขอนแก่น รวม 4 โรงเรียน 4 ห้องเรียน ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น. โดยทำการตรวจวัดระดับความดังของเสียงในโรงเรียน ผลการศึกษาพบว่าระดับความดังของเสียงเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (Leq 1 hr) ใน 4 โรงเรียน มีค่าเท่ากับ 62.4-74.5 dB (A) ซึ่งมีค่าเกิน 55 dB (A) ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาเสียงรบกวน เมื่อประเมินตามข้อเสนอขององค์การอนามัยโลก (WHO) (1999) ที่กำหนดไว้ว่า ในสภาพแวดล้อมของเขตชุมชนทั่วไป และในเขตเมืองควรมีระดับเสียงสูงสุดที่ระดับเสียงเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ (Leq) 55 dB (A)

วาสนา (2549) ศึกษาระดับเสียงบริเวณริมถนน 4 จุดในมหาวิทยาลัยนเรศวร คือ บริเวณสี่แยกคณะมนุษยศาสตร์ สี่แยกหอพักนิสิตหญิง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และสุขภาพ และตึกคณิตศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์ ทำการตรวจวัดระดับเสียงจุดละ 10 นาที ทุก 1 ชั่วโมง ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549 พบว่าค่าระดับเสียงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 59.8 – 73.3 dB (A)

Huang (2005) ได้ตรวจวัดเสียงในห้องเรียนในเมืองนิฮอนจินรอน ประเทศญี่ปุ่น พบว่ามีระดับเสียง 75.96 dB (A) โดยในขณะที่เริ่มต้นชั่วโมงมีระดับเสียง 70-78 dB(A) แต่ในขณะที่นักเรียนพักและเล่นในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียนจะทำให้มีระดับเสียงสูงกว่าขณะมีการเรียนการสอนปกติ คือมีระดับเสียง 74-83 dB (A) ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ Health Security Program ของประเทศญี่ปุ่น แนะนำระดับเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนเปิดหน้าต่างควรมีค่าไม่เกิน 55 dB (A) และเมื่อปิดหน้าต่างควรมีค่าไม่เกิน 50 dB (A)

WHO (1999) กล่าวในเอกสารชื่อ Guidelines for Community Noise จากการประชุมของผู้เชี่ยวชาญของ WHO ที่เมืองลอนดอน ประเทศสหราชอาณาจักร แนะนำว่าการฟังข้อความที่มีความซับซ้อน (เช่น ในโรงเรียน เป็นต้น) ค่าอัตราส่วนสัญญาณเสียงต่อเสียงรบกวน (signal to noise ratio) ไม่ควรน้อยกว่า 15 dB เช่น หากเสียงในขณะที่มีการเรียนการสอนเป็น 50 dB (A) ดังนั้นเสียงรบกวนไม่ควรเกิน 35 dB (A) อย่างไรก็ตาม Apte et al. (2005) สรุปว่าการที่จะสามารถได้ยินเสียงพูดชัดเจน ต้องมีค่าสูงกว่าระดับเสียงรบกวนประมาณ 10 dB (A)

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องอุณหภูมิ

Wong and Jan (2003) ได้ประเมินประสิทธิภาพอุณหภูมิในห้องเรียนของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในประเทศสิงคโปร์ โดยทำการเก็บตัวอย่างจากห้องเรียน 6 ห้อง จากทั้งหมด 36 ห้อง ซึ่งอยู่ใน 2 อาคาร คือ อาคาร A และ B ทำการศึกษาในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2540 ระหว่างช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนของโรงเรียน คือ ระหว่างเวลา 10.00 - 12.00 น. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจากห้องเรียน 3 ห้อง ในอาคาร A มีค่า 28.9°C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยจากห้องเรียนอีก 3 ห้องในอาคาร B มีค่า 29.0°C ซึ่งค่าที่ได้จากทั้ง 2 อาคารมีค่าสูงกว่าค่าที่ American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) (1996) แนะนำไว้ว่าอุณหภูมิควรมีค่า $24-28^{\circ}\text{C}$ ซึ่งสาเหตุที่ผลการศึกษายเป็นดังกล่าวเนื่องจากห้องเรียนในอาคาร B ปะทะกับแสงแดดตอนเช้ามากกว่าอาคาร A และพบว่าห้องเรียนในอาคารที่อยู่ชั้นที่สูงกว่าจะมีค่าอุณหภูมิในห้องเรียนสูงกว่าห้องเรียนที่อยู่ชั้นต่ำกว่า

Wang et al. (2010) ดำเนินการตอบสนองของมนุษย์ต่อสภาพอุณหภูมิในที่พักอาศัยที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ ในสภาพอากาศที่เย็น โดยทำการศึกษาในฤดูร้อนปี ค.ศ. 2009 (พ.ศ. 2552) ในเมืองฮาร์บิน ที่อยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศจีน เก็บรวบรวมข้อมูลทางกายภาพด้วยวิธีสำรวจและจากการตอบแบบสอบถาม 423 ชุด จาก 257 ครอบครัวใน 6 ชุมชน พบว่า 80 % ของผู้พักอาศัยสามารถยอมรับอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง $21.5 - 31.0^{\circ}\text{C}$ ได้ ที่เป็นอุณหภูมิในช่วงที่กว้างกว่าช่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองสำหรับอุณหภูมิที่อยู่ได้อย่างสบายในฤดูร้อน ซึ่งมีค่าระหว่าง $24.0 - 28.0^{\circ}\text{C}$

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องการระบายอากาศ

จารุณี (2549) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศของอาคารผนังสองชั้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับอาคารที่มีระบบปรับอากาศ โดยศึกษาผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายในช่องระบายอากาศ ได้แก่ ความสูงและความกว้างของช่องระบายอากาศ ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิด ชนิดของผนังช่องระบายอากาศและผนังอาคาร และปริมาณความร้อนที่ตกกระทบผนังอาคาร พบว่าอัตราการถ่ายเทอากาศเพิ่มขึ้นตามปริมาณความร้อนที่ผนังอาคาร ความสูงของช่องระบายอากาศ และขนาดของช่องเปิดอากาศทั้งขาเข้าและออก โดยความกว้างของช่องระบายอากาศที่เหมาะสมที่ทำให้อัตราการไหลและ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าสูงสุดควรอยู่ในช่วง 0.10 - 0.15 เมตร ที่ความสูงของช่องระบายอากาศ 2.5 เมตร และช่องเปิดอากาศขาเข้าและออกมีขนาด 0.05 เมตร อีกทั้งพบว่าการเพิ่มขนาดของช่องเปิดอากาศทั้งขาเข้าและออกพร้อมกันทั้งสองช่องเปิดส่งผลให้การระบายอากาศมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

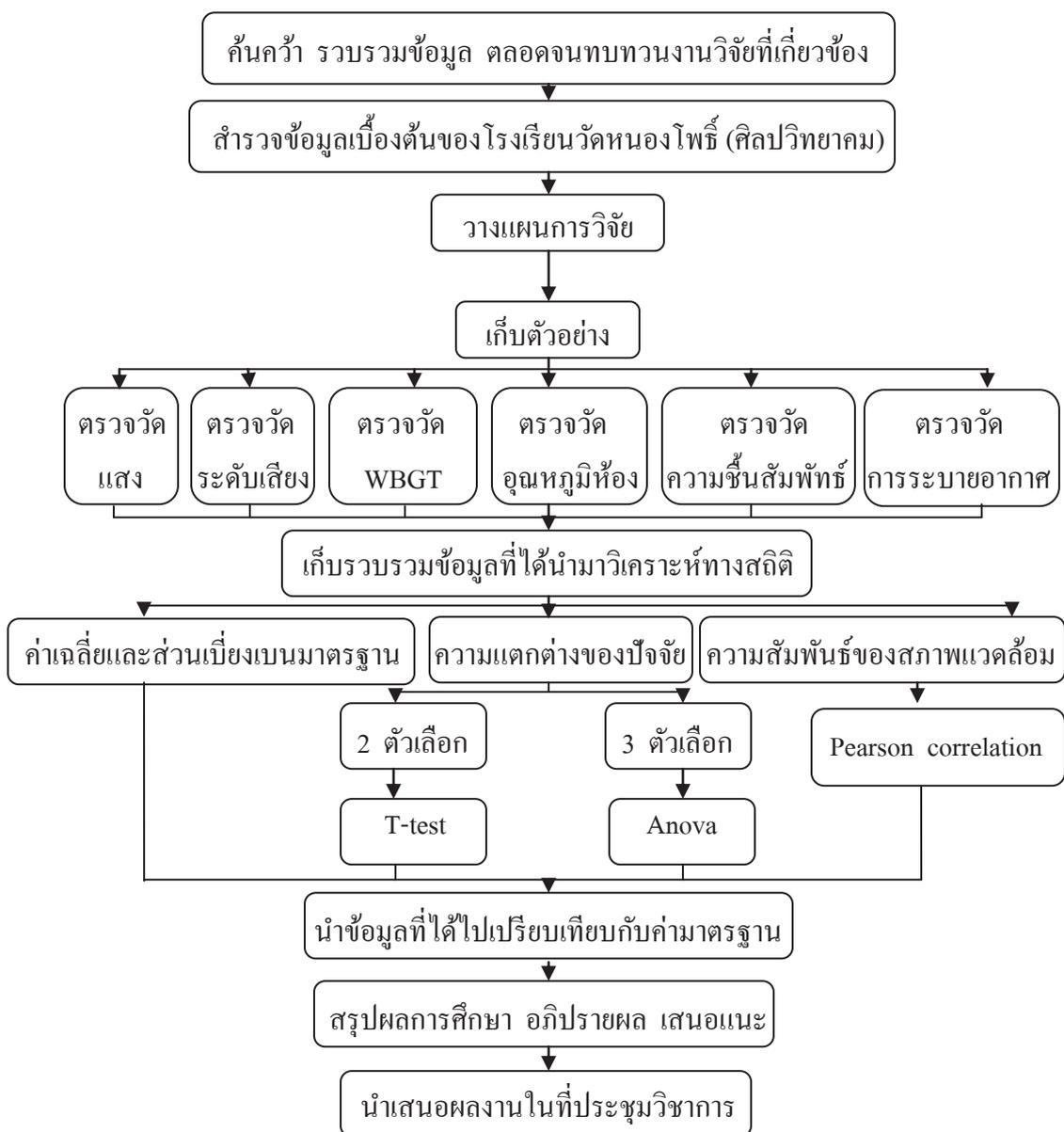
อนnek (2550) ดำรวจประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในบ้านพักอาศัย และสรุปผลว่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.2 - 1.5 เมตร/วินาที ทำให้เกิดสถานะน่าสบายในบ้านพักอาศัย โดยพบว่าการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติสามารถทำให้เกิดสถานะน่าสบายได้ถึง 43% ต่อปี และพบว่าการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือการระบายอากาศแบบข้ามฟาก รวมทั้งการเพิ่มสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดรวมต่อพื้นที่ใช้สอย ซึ่งสัดส่วนของช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 20 % ของพื้นที่ใช้สอย

Khedari et al. (2000) ศึกษาการสร้างแผนผังความสบายของการถ่ายเทอากาศสำหรับประเทศไทย โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นชาย 183 คนและหญิง 105 คน โดยวิเคราะห์จากคำตอบเกี่ยวกับความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิที่ตอบในแบบสอบถาม โดยทำการทดลองในห้องเรียนที่ไม่มีระบบปรับอากาศ แต่ใช้พัดลมเป่าจากหลังกลุ่มทดลอง พบว่าค่าความเร็วลมอยู่ระหว่าง 0.2 - 3 เมตร/วินาที โดยอุณหภูมิภายในห้องทดลองอยู่ระหว่าง 26 - 36 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 50 - 80 % คณะผู้วิจัยสรุปว่าแผนผังนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบถ่ายเทอากาศ สำหรับห้องเรียนและสำนักงาน

Rachel et al. (2007) ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของอาคารเรียนและการระบายอากาศภายในอาคารเรียน จากการศึกษาในภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียน กรุงเยรูซาเล็ม ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน ค.ศ. 2006 - 14 กรกฎาคม ค.ศ. 2007 พบว่ารูปแบบการระบายอากาศที่ดีด้วยวิธีการออกแบบอาคาร สามารถลดการใช้พลังงานได้ 28-30% สำหรับทิศเหนือและ 17-18% สำหรับทิศใต้ของอาคารเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ซึ่งมีวิธีดำเนินงานวิจัยแสดงดังแผนผังในภาพที่ 5



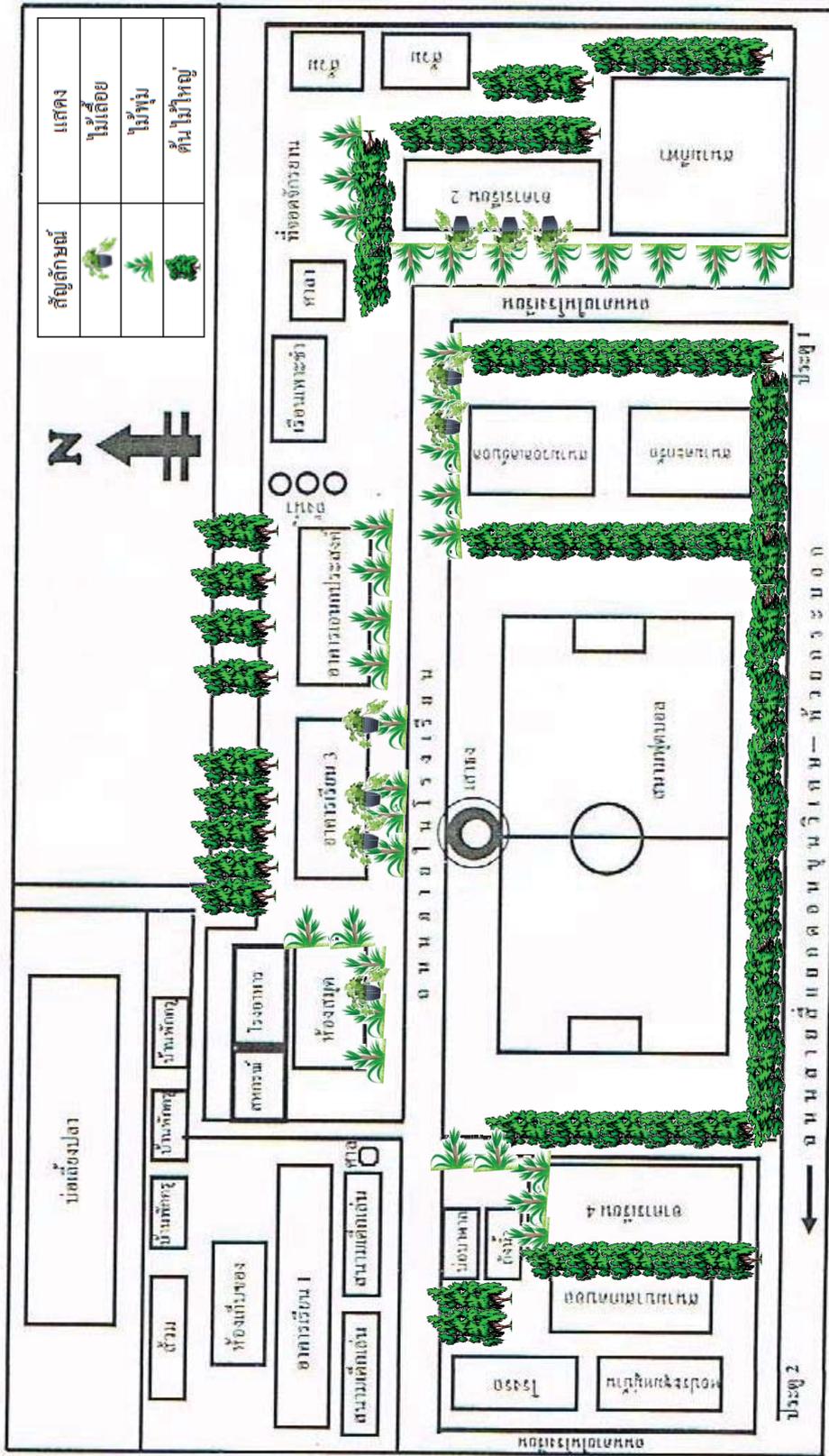
ภาพที่ 5 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

1. พื้นที่ที่ทำการศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) แสดงดังภาพที่ 6 - 7 ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 33 หมู่ 8 ตำบลห้วยหมอนทอง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครปฐม เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งจัดเป็นโรงเรียนขนาดกลาง คือ มีนักเรียนทั้งหมด 317 คน โรงเรียนมีการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นอนุบาล ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนประกอบด้วย 4 อาคาร ซึ่งอาคาร 1 เป็นอาคารชั้นเดียว ประกอบด้วย 2 ห้องเรียน อาคาร 2 เป็นอาคาร 2 ชั้น ประกอบด้วย 3 ห้องเรียน ส่วนอาคาร 3 เป็นอาคาร 2 ชั้น ประกอบด้วย 3 ห้องเรียน และ อาคาร 4 เป็นอาคาร 2 ชั้น ประกอบด้วย 3 ห้องเรียน



ภาพที่ 6 โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) เมื่อมองจากด้านบน
ที่มา : Page and Rank (2553)



| | |
|-----------|------------|
| สัญลักษณ์ | แสดง |
| | ไม้เดี่ยว |
| | ไม้พุ่ม |
| | ต้นไม้ใหญ่ |

ภาพที่ 7 แผนผังโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

2. ประชากรที่ศึกษา

ห้องเรียนในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย ตลอดสัปดาห์ไม่น้อยกว่า 75% ซึ่งในโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) มีห้องเรียนดังกล่าว ทั้งหมดจำนวน 9 ห้อง อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตามตำแหน่งของห้องเรียนที่วางตัวในทิศต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มห้องเรียนที่วางตัวหันหน้าไปทางทิศตะวันออก (อาคาร 2) ทิศตะวันตก (อาคาร 4) และทิศเหนือ (อาคาร 3) โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวน 3 ห้อง

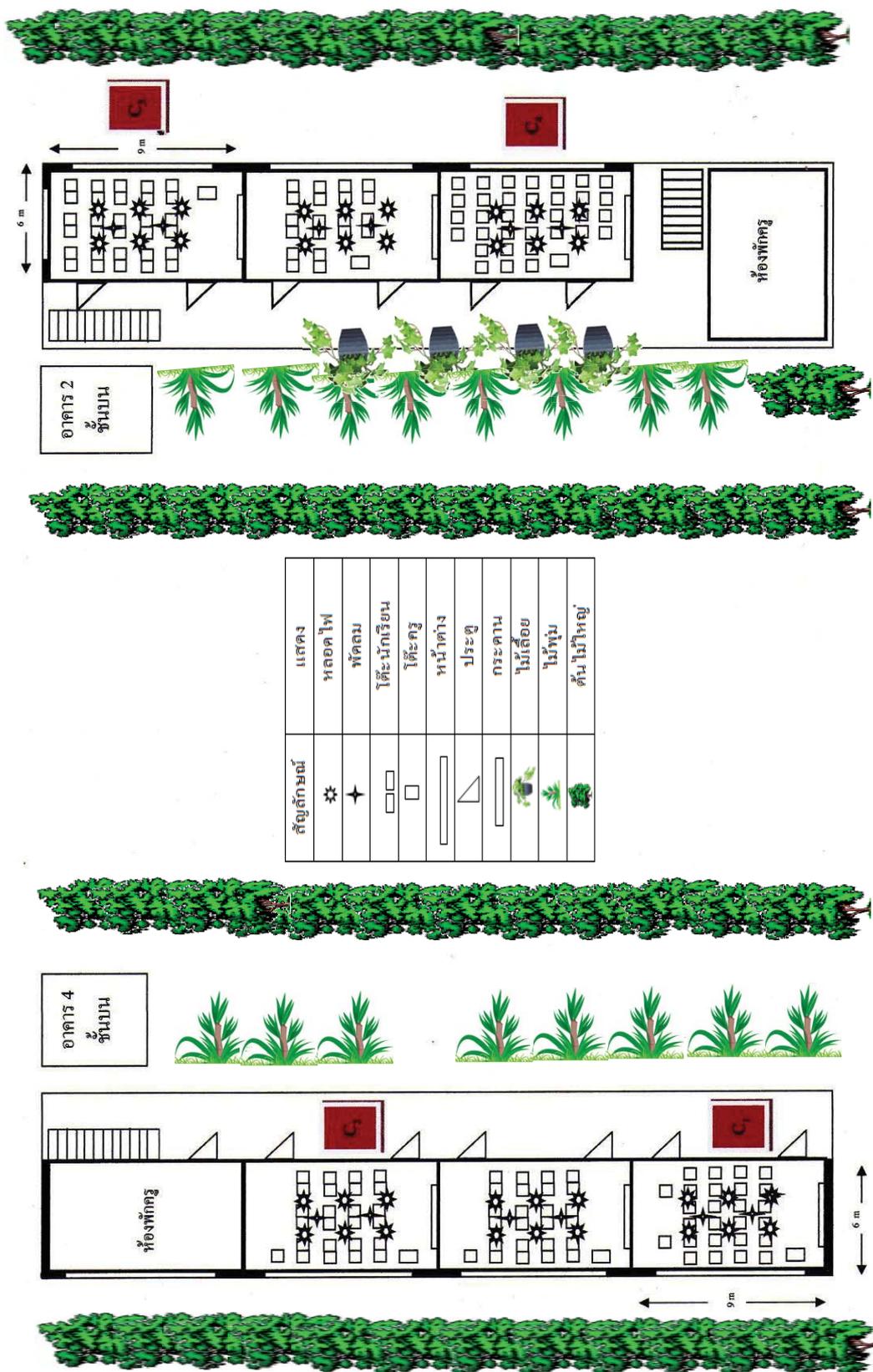
3. วางแผนการเก็บตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ทำการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) เป็นระยะเวลา 1 ปี (จำนวน 2 ภาคการศึกษา คือ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ตั้งแต่พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 และ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ตั้งแต่พฤษภาคม พ.ศ. 2554 – กันยายน พ.ศ. 2554) เก็บตัวอย่างห้องละ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ช่วงเวลาในการศึกษา คือ 08.30 – 15.30 น. สามารถแบ่งฤดูกาลตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2537) ดังนี้

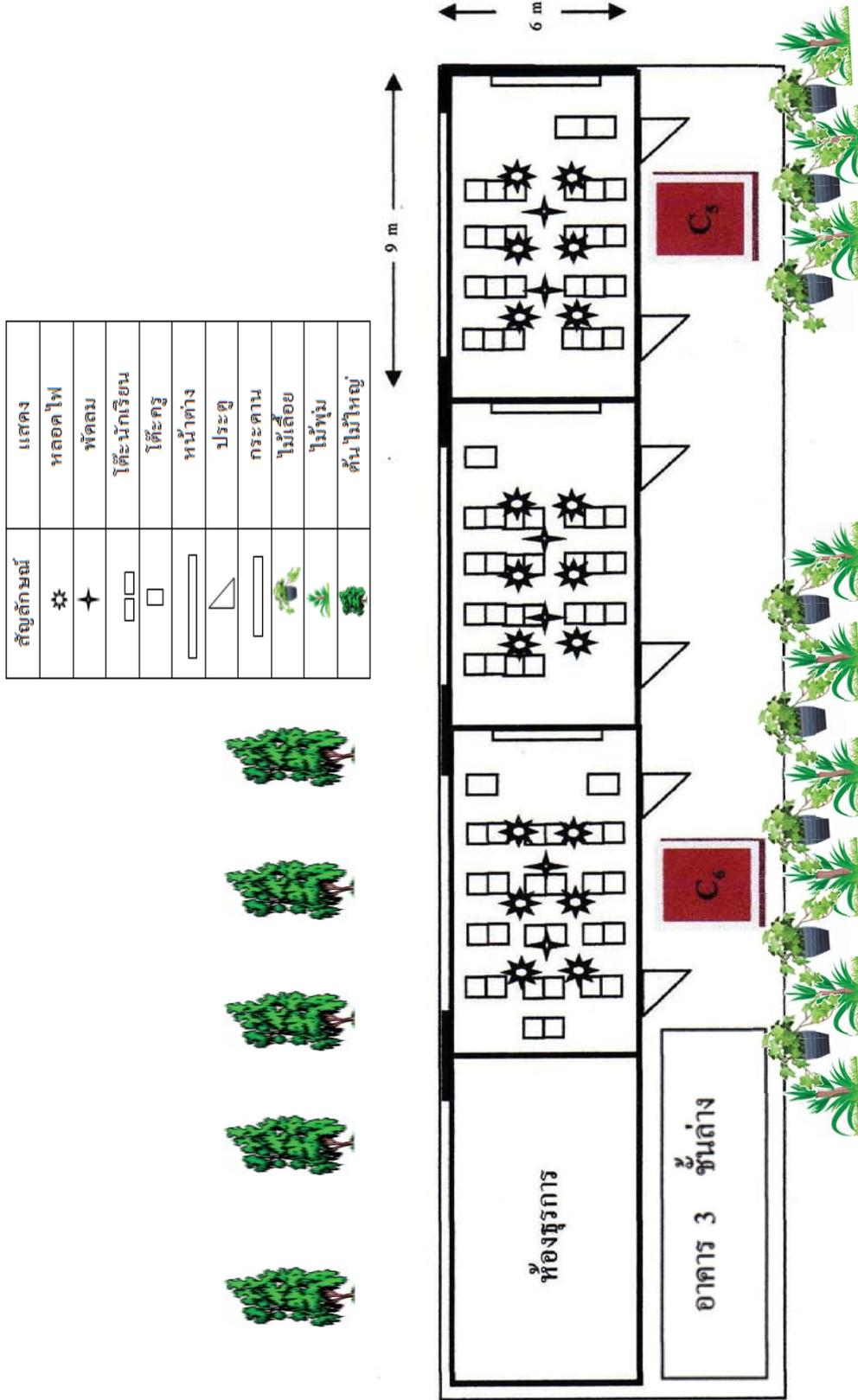
ฤดูฝน ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม – กลางเดือนตุลาคม

ฤดูแล้ง ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม – กลางเดือนกุมภาพันธ์

นอกจากนี้ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นภายในห้องเรียน ได้แก่ จำนวนไฟฟ้าที่เปิด จำนวนพัดลมที่เปิด จำนวนหน้าต่างที่เปิด จำนวนประตูที่เปิด รวมถึงผลกระทบอื่น ๆ ดังนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างห้องเรียนที่ศึกษาจากทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ห้อง จำนวนตัวอย่างห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้รวม 6 ห้อง คือ C₁ – C₆ แสดงดังภาพที่ 8 และ 9



ภาพที่ 8 แผนผังอาคาร 2 และอาคาร 4 ชั้น 2 ของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)



ภาพที่ 9 แผนผังอาคาร 3 ชั้นล่างของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

- โดย C₁ คือ เป็นห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 อาคาร 4 ชั้น 2
 C₂ คือ เป็นห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 อาคาร 4 ชั้น 2
 C₃ คือ เป็นห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อาคาร 2 ชั้น 2
 C₄ คือ เป็นห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อาคาร 2 ชั้น 2
 C₅ คือ เป็นห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อาคาร 3 ชั้นล่าง
 C₆ คือ เป็นห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อาคาร 3 ชั้นล่าง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในการศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

| พารามิเตอร์ | ชื่อเครื่องมือ | รุ่น/บริษัท/ประเทศ |
|---|---------------------------------|---|
| แสง | Lux Meter | Model P - 07588-22 / บริษัท ชัยรียโฮลดิ้ง จำกัด/ ประเทศไทย |
| เสียง | Sound Level Meter | DSP 80 Series / บริษัทเอกเสคคิวทีฟเทรคคิง จำกัด / ประเทศไทย |
| WBGT | WBGT Heat Stress Monitor | RSS - 214/ บริษัท IST/ ประเทศไทย |
| การระบายอากาศ อุณหภูมิห้อง และ ความชื้นสัมพัทธ์ | Compu Flow Thermo-Anemometer | Model 8585/ บริษัทเอกเสคคิวทีฟเทรคคิง จำกัด / ประเทศไทย |

5. วิธีการเก็บตัวอย่าง

5.1 แสงสว่าง

วิธีการเก็บตัวอย่างแสงสว่าง คัดแปลงมาจากกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องวัดความเข้มของแสง

ก่อนทำการตรวจวัดความเข้มของแสง ต้องปรับให้เครื่องอ่านค่าที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง

แบ่งพื้นที่ทั้งหมดออกเป็น 2 x 3 ตารางเมตร โดยถือเซลล์รับแสงในแนวระนาบสูงจากพื้น 30 นิ้ว (75 เซนติเมตร) เก็บตัวอย่างตามจุดเก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ตรงกลางพื้นที่ 2 x 3 ตารางเมตรที่แบ่งไว้ดังกล่าว อ่านค่าความเข้มของแสง ต้องระวังไม่ให้เงาของผู้ทำการตรวจวัดทอดบังบนเซลล์รับแสง เพื่อมิให้ค่าความเข้มแสงผิดจากความเป็นจริง

ให้เซลล์รับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง (โดยทั่วไปประมาณ 5 – 15 นาที) จึงอ่านค่ามิเตอร์และบันทึกผลลงในแบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลในแบบสำรวจเบื้องต้น

นำผลการตรวจวัดที่ได้เปรียบเทียบกับค่าความเข้มของแสงในห้องเรียน ที่แนะนำโดย Illumination Engineering Society (1983)

บันทึกผลการตรวจวัดความเข้มของแสงและปัจจัยแวดล้อมที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียน เช่น ช่วงเวลาในแต่ละวัน (เช้า บ่าย) ฤดูกาล (หนาว ฝน) ทิศทางการวางตัวของอาคาร (เหนือ ตะวันออก ตะวันตก)

5.2 เสียง

เครื่องวัดเสียงควรตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร โดยรัศมี 1 เมตร ตามแนวราบ รอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดที่มีสมบัติในการสะท้อนเสียงสิ่งกีดขวางอยู่ และต้องห่างจากช่องหน้าต่างอย่างน้อย 1.5 เมตร (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, 2549) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องวัดเสียง

เปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องวัดเสียงทุกครั้งก่อนและหลังนำไปใช้งานด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (noise calibrator) เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการตรวจวัด

วิธีการเปรียบเทียบความถูกต้อง ดำเนินการดังนี้

ตรวจวัดการได้รับ/สัมผัสเสียง โดยให้ไมโครโฟนอยู่ที่ระดับหูของรัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตร เครื่องวัดเสียงควรตั้งสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.2 เมตร โดยในรัศมี 1 เมตร ตามแนวราบรอบไมโครโฟนต้องไม่มีกำแพงหรือสิ่งอื่นใดและต้องห่างจากช่องหน้าต่างอย่างน้อย 1.5 เมตร การถือเครื่องวัดเสียงต้องระวังการดูดซับหรือสะท้อนของเสียงเนื่องจากตัวผู้วัดเอง โดยให้ถือเครื่องในลักษณะเฉียงออกห่างลำตัวมากที่สุดหรืออาจใช้เครื่องวัดเสียงติดตั้งบนขาตั้ง (tripod) แทนการถือโดยผู้วัด

อ่านค่าระดับเสียง และระยะเวลาที่ได้รับเสียง ในแต่ละบริเวณ และบันทึกผล

นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับระดับเสียงเฉลี่ยที่แนะนำโดย Huang (2005)

5.3 อุณหภูมิเวตบอล์บโกลบ (WBGT)

วิธีการเก็บตัวอย่างอุณหภูมิเวตบอล์บโกลบ ตามวิธีของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2549) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องวัดระดับความร้อน

ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิด ให้ตั้งฉากกับพื้นราบและอยู่ในระนาบเดียวกัน และในระดับความสูงเดียวกัน

ปิดบังกระเปาะแห้งให้พ้นจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ และพื้นผิวที่แผ่รังสีความร้อนออกมาได้

ผ้าก๊อซที่ใช้หุ้มกระเปาะเปียก จะต้องเปียกตลอดเวลา การหุ้มผ้าก๊อซที่กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ ควรหุ้มให้สูงเลยกระเปาะขึ้นไปเท่ากับความยาวของกระเปาะ ผ้าก๊อซที่ใช้ควรเป็นผ้าใหม่ทุกครั้งและควรซักก่อนนำมาใช้

ตั้งเทอร์โมมิเตอร์โกลบไว้อย่างน้อย 25 นาที ก่อนจะอ่านค่าเพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างความร้อนจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน

ขาตั้งที่ใช้แขวนเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 อัน ต้องไม่กีดขวางการไหลเวียนของอากาศรอบ ๆ กระเปาะ และเงาของขาตั้งที่ใช้แขวนเทอร์โมมิเตอร์ต้องไม่บังเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและโกลบเทอร์โมมิเตอร์

อ่านค่าระดับระดับความร้อนของเทอร์โมมิเตอร์แต่ละชนิด นำค่าที่ได้มาคำนวณ และบันทึกผล

นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุณหภูมิเวตบัลด์์โกลบที่แนะนำ โดยสำนักกฎหมาย กระทรวงมหาดไทย (2553)

สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความร้อนที่ไม่สามารถคำนวณค่าจากเครื่องมือโดยตรง ให้นำค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.3 \text{ GT} \text{ (ในกรณีวัดในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแดด)}$$

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ NWB} + 0.2 \text{ GT} + 0.1 \text{ DB} \text{ (ในกรณีวัดนอกอาคารและมีแดด)}$$

WBGT หมายถึง wet bulb globe temperature ($^{\circ}\text{C}$) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนใน สิ่งแวดล้อม

NWB หมายถึง natural wet bulb ($^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะ เปียกตามธรรมชาติเป็นเสมือนการวัดอุณหภูมิที่ผิวหนัง ซึ่งหากแห้งจะสามารถระเหยได้ อุณหภูมินี้ จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

GT หมายถึง globe temperature อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ ($^{\circ}\text{C}$) เป็นการวัดความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี

DB หมายถึง dry bulb อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}$) เป็นการวัดอุณหภูมิอากาศ ซึ่งถ่ายเทความร้อนโดยการพา

5.4 การระบายอากาศ

วิธีการเก็บตัวอย่างการระบายอากาศ ตามวิธีของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องวัดค่าการระบายอากาศ

กดปุ่ม VEL/TEMP เครื่องจะแสดงค่าความเร็วลมที่หน้าจอ อ่านค่าและบันทึกผล นำผลที่ได้มาคำนวณความเร็วลมเฉลี่ย

กดปุ่ม VOLUME เครื่องจะแสดงอัตราการไหลของปริมาตรอากาศ อ่านค่าและบันทึกผล นำผลที่ได้มาคำนวณอัตราการไหลของปริมาตรอากาศ โดยใช้สูตร $Q = VA$

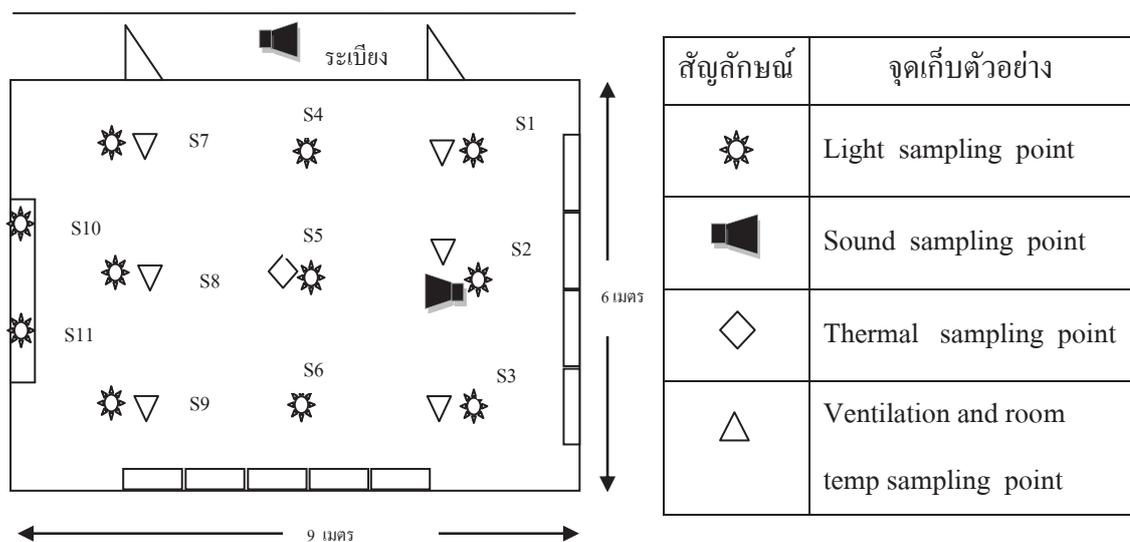
- Q = ปริมาตรลมที่หมุนเวียน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
V = ความเร็วลมเฉลี่ย หน่วยเป็นเมตร³/ชั่วโมง/เมตร²
A = พื้นที่หน้าตัดของห้อง หน่วยเป็นตารางเมตร

นำผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการระบายอากาศ ที่แนะนำโดยสำนัก
กฎหมาย กระทรวงมหาดไทย (2553)

อ่านค่าอุณหภูมิห้องและบันทึกผล เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุณหภูมิห้องที่แนะนำ
โดย ASHRAE (1996)

กดปุ่ม Humidity เครื่องจะแสดงค่าความชื้นเป็น % RH อ่านค่าและบันทึกผล
เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุณหภูมิห้องที่แนะนำโดย ASHRAE (1996)

จุดเก็บตัวอย่างในการวิจัยนี้สรุปดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างของแต่ละพารามิเตอร์ในการวิจัยนี้

5.5 ตัวอย่างแบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียน

ตัวอย่างแบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนแสดงดังภาพที่ 11

แบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

ด้านแสง เสียง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศ

สถานที่สำรวจ โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) วันที่สำรวจ.....

ห้องเรียน..... เวลา.....

| พารามิเตอร์ | บริเวณ | จุดที่ตรวจวัด (S) | | | | | | | | | | | | หน่วย | ค่าเฉลี่ย | มาตรฐาน | เกินค่ามาตรฐาน | |
|------------------|-------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|-----------|---------|----------------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | |
| แสง | ในห้องเรียน | | | | | | | | | | | | | | lux | | | |
| | หน้ากระดาน | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เสียง | ในห้องเรียน | | | | | | | | | | | | | | dB(A) | | | |
| | ระเบียง | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ความร้อน | WBGT | | | | | | | | | | | | | | °C | | | |
| | อุณหภูมิ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| การระบายอากาศ | | | | | | | | | | | | | | | m/s | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | fpm | | | |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | | | | | | | | | | | | | | | %RH | | | |

หมายเหตุ

.....

ภาพที่ 11 แบบบันทึกการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

5.6 ตัวอย่างแบบสำรวจเบื้องต้น

ตัวอย่างแบบสำรวจเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 12

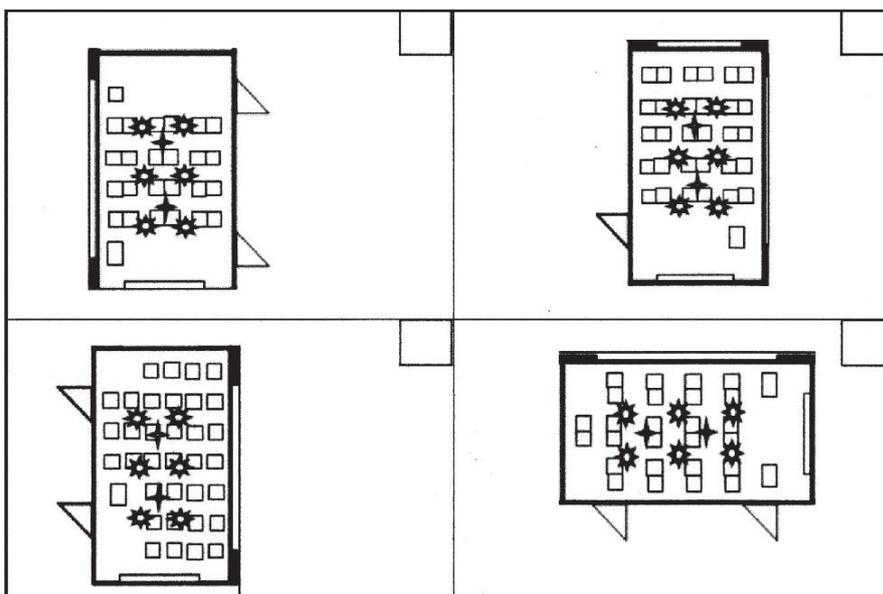
แบบสำรวจเบื้องต้น

สถานที่สำรวจ โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) วันที่สำรวจ.....
 ห้องเรียน..... เวลา.....

เปิดหมดทั้งไฟฟ้า พัดลม ประตู หน้าต่าง

เปิดไม่หมด

เลือกรูปแบบแผนผังห้องเรียน และกา x ตำแหน่งที่ไม่เปิด



ผลกระทบอื่นๆ

ฝนตก

พายุ ฝนฟ้าคะนอง

ลมเอื่อยๆ

ไฟฟ้าดับ

ไม่มีแดด

ลมแรง

มีเสียงดังรบกวนจากกิจกรรมอื่นๆ

ภาพที่ 12 ตัวอย่างแบบสำรวจเบื้องต้น

5.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยใช้วิธีทางสถิติ ดังนี้

การคำนวณข้อมูลดิบใช้สถิติทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่ประกอบด้วยระดับของปัจจัย 2 ระดับ จะถูกนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมที่ศึกษาต่อสัปดาห์ของห้องเรียนทั้ง 6 ห้อง ทั้ง 2 ภาคการศึกษา เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนปัจจัยที่อาจมีผลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่ประกอบด้วยระดับของปัจจัย 3 ระดับ จะถูกนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมที่ศึกษาต่อสัปดาห์ของห้องเรียนทั้ง 6 ห้อง ทั้ง 2 ภาคการศึกษา เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ ANOVA และ Tukey HSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมที่ศึกษาจะใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ pearson โดยพิจารณาที่ละคู่ของปัจจัยที่ศึกษา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1 ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม)

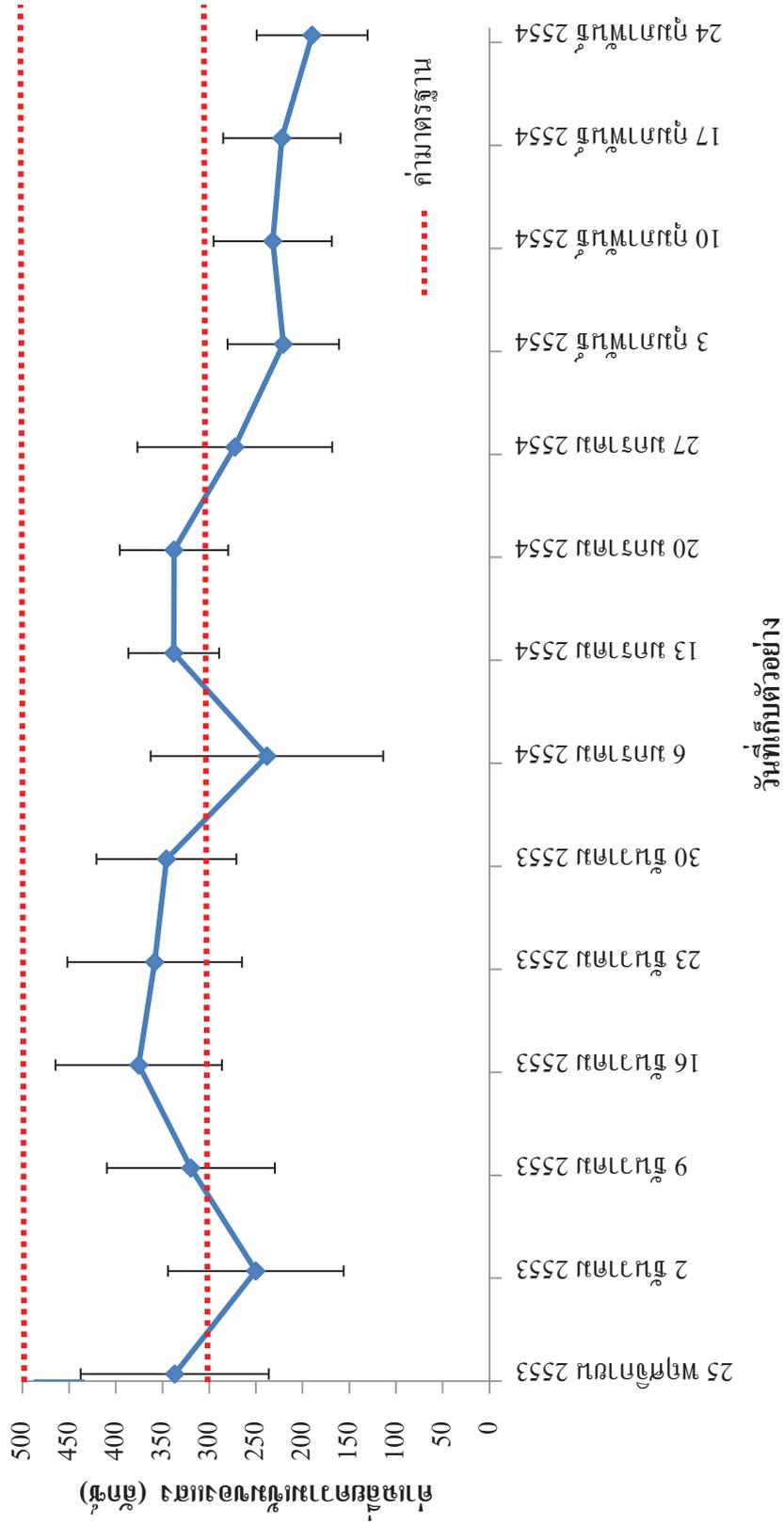
1.1 แสง

1.1.1 ความเข้มของแสงในห้องเรียน

1) ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 13

ตารางที่ 4 ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสง (ลักซ์) |
|------------------------------|------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 336.9±100.7 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 250.1±94.0 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 319.6±89.9 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 375.4±89.1 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 358.4±93.5 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 345.8±74.9 |
| 6 มกราคม 2554 | 238.2±124.5 |
| 13 มกราคม 2554 | 337.9±48.6 |
| 20 มกราคม 2554 | 337.7±58.0 |
| 27 มกราคม 2554 | 272.6±104.3 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 220.7±59.6 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 232.0±63.3 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 222.2±62.8 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 189.8±59.4 |

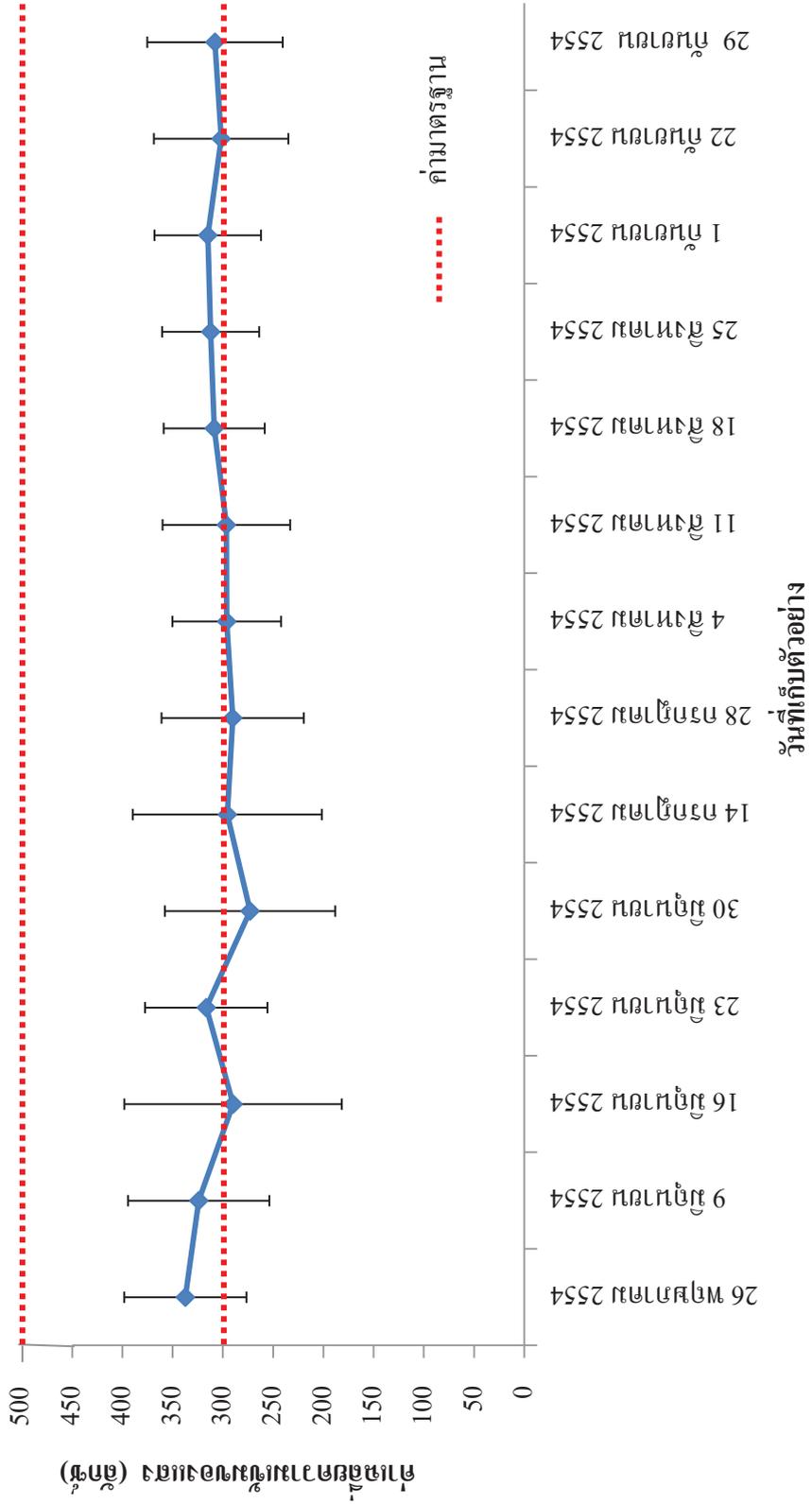


ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในห้องเรียนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 5 และภาพที่ 14

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

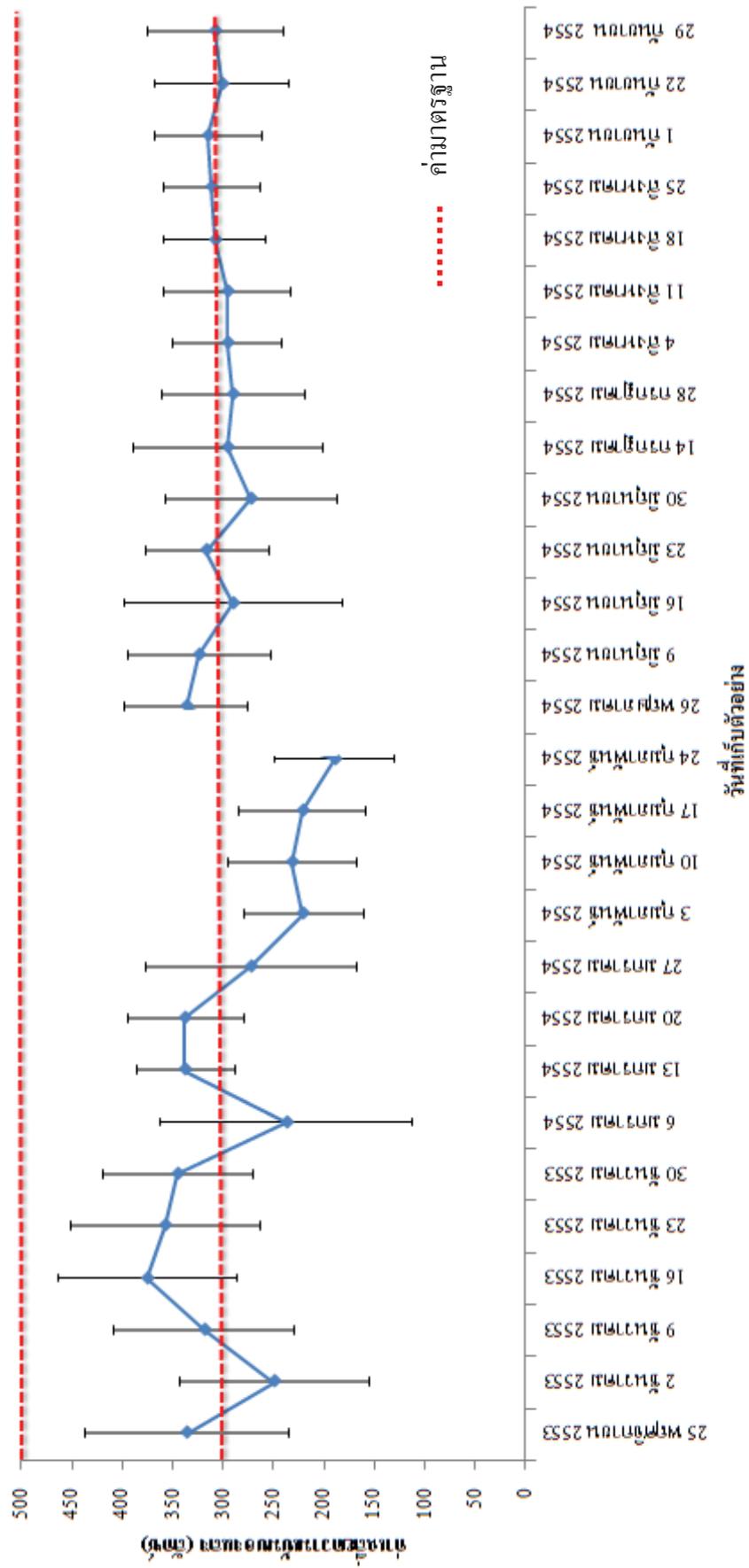
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสง (ลักซ์) |
|------------------------------|------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 337.4±60.8 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 324.1±70.3 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 287.9±108.2 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 316.6±60.9 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 273.0±84.8 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 295.6±94.1 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 290.3±70.8 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 296.2±54.1 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 296.6±63.5 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 308.7±50.3 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 312.2±48.3 |
| 1 กันยายน 2554 | 315.1±53.0 |
| 22 กันยายน 2554 | 301.8±66.9 |
| 29 กันยายน 2554 | 307.9±67.4 |



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเครียดของแสงในห้องเรียนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาความเข้มของแสงในห้องเรียน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังภาพที่ 15

จากภาพที่ 13-15 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ความเข้มของแสงในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(375.4 ลักซ์)ในวันที่ 16 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(189.8 ลักซ์)ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ความเข้มของแสงในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(337.4 ลักซ์)ในวันที่ 26 พฤษภาคม 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(273.0 ลักซ์)ในวันที่ 30 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ความเข้มของแสงในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(375.4 ลักซ์) ในวันที่ 16 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(189.8 ลักซ์)ในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2554



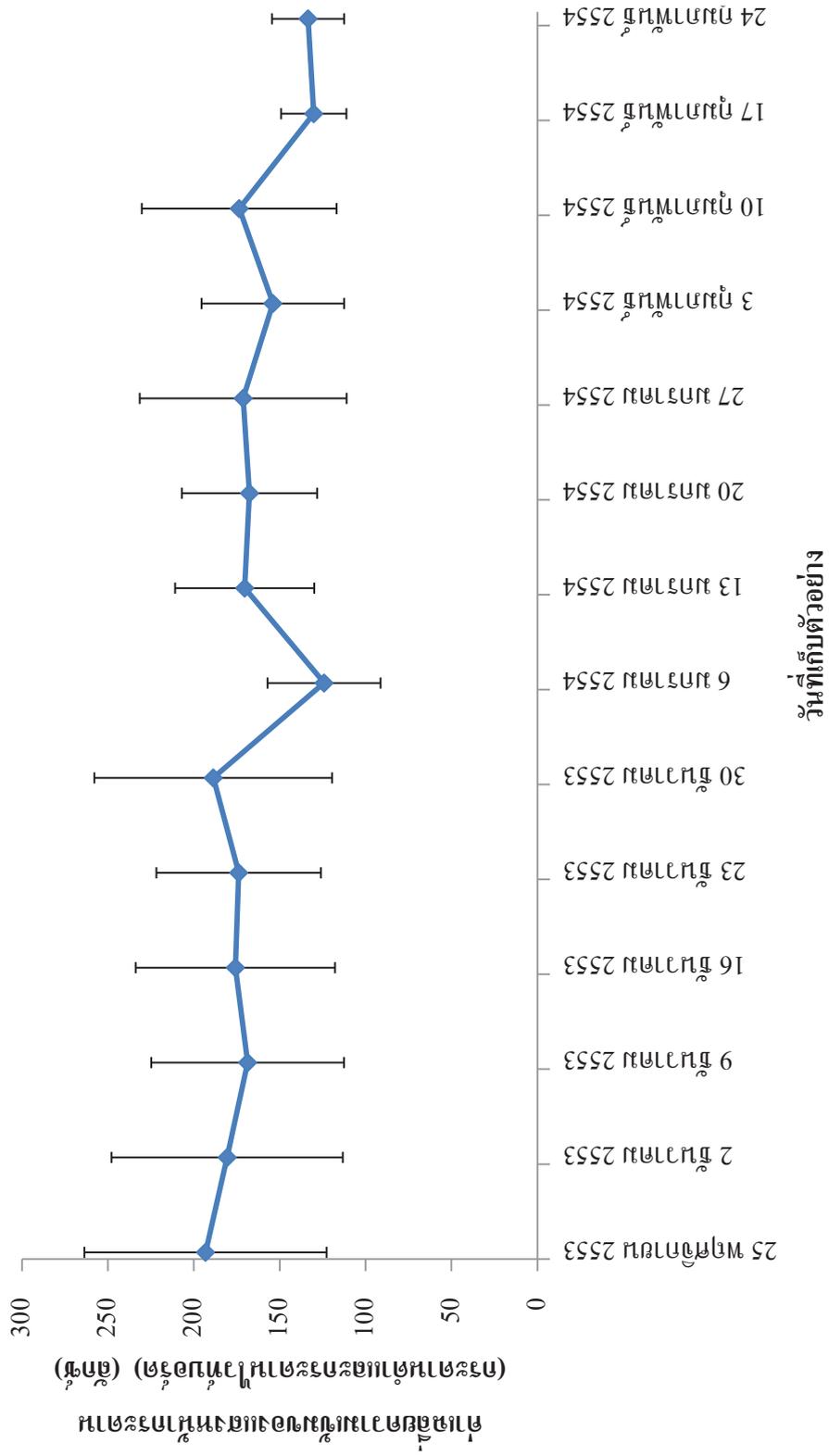
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในห้องเรียนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.1.2 ความเข้มของแสงหน้ากระจก(กระจกดำและกระจกไวท์บอร์ด)

1) ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระจก(กระจกดำและกระจกไวท์บอร์ด)
ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 16

ตารางที่ 6 ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระจก(กระจกดำและกระจกไวท์บอร์ด)
ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสงหน้ากระจก (ลักซ์) |
|------------------------------|---------------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 193.2±70.5 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 180.6±67.3 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 168.7±56.1 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 175.8±58.0 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 173.9±47.9 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 188.7±69.2 |
| 6 มกราคม 2554 | 124.2±32.9 |
| 13 มกราคม 2554 | 170.4±40.5 |
| 20 มกราคม 2554 | 167.6±39.4 |
| 27 มกราคม 2554 | 171.3±60.2 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 154.0±41.5 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 173.6±56.7 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 130.2±19.0 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 133.5±21.0 |

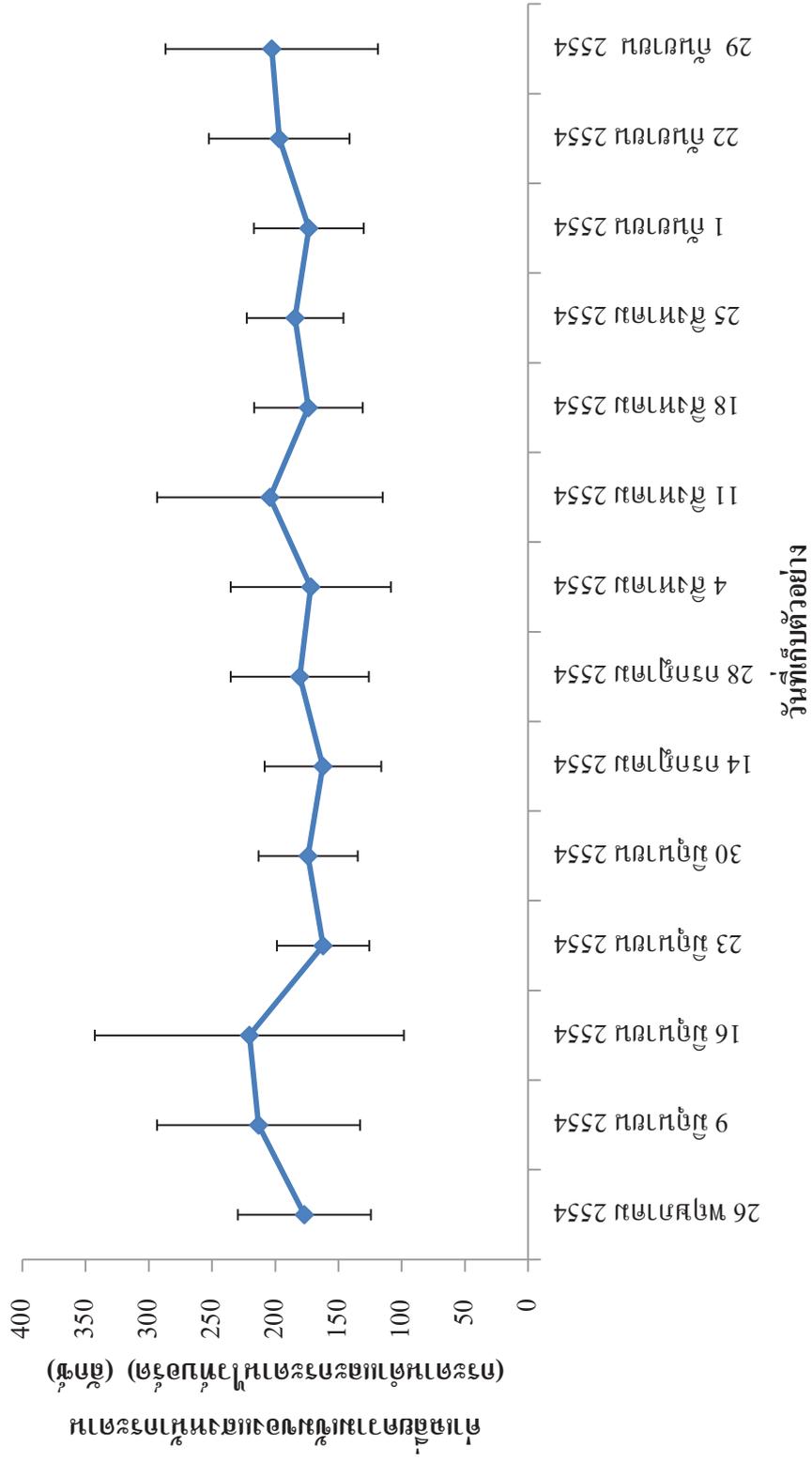


ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความถี่ของแสงหน้ากระดาน(กระดานดำและกระดานไวท์บอร์ด)และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

2) ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระจก(กระจกดำและกระจกไวท์บอร์ด)
 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 17

ตารางที่ 7 ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระจก(กระจกดำและกระจกไวท์บอร์ด)
 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

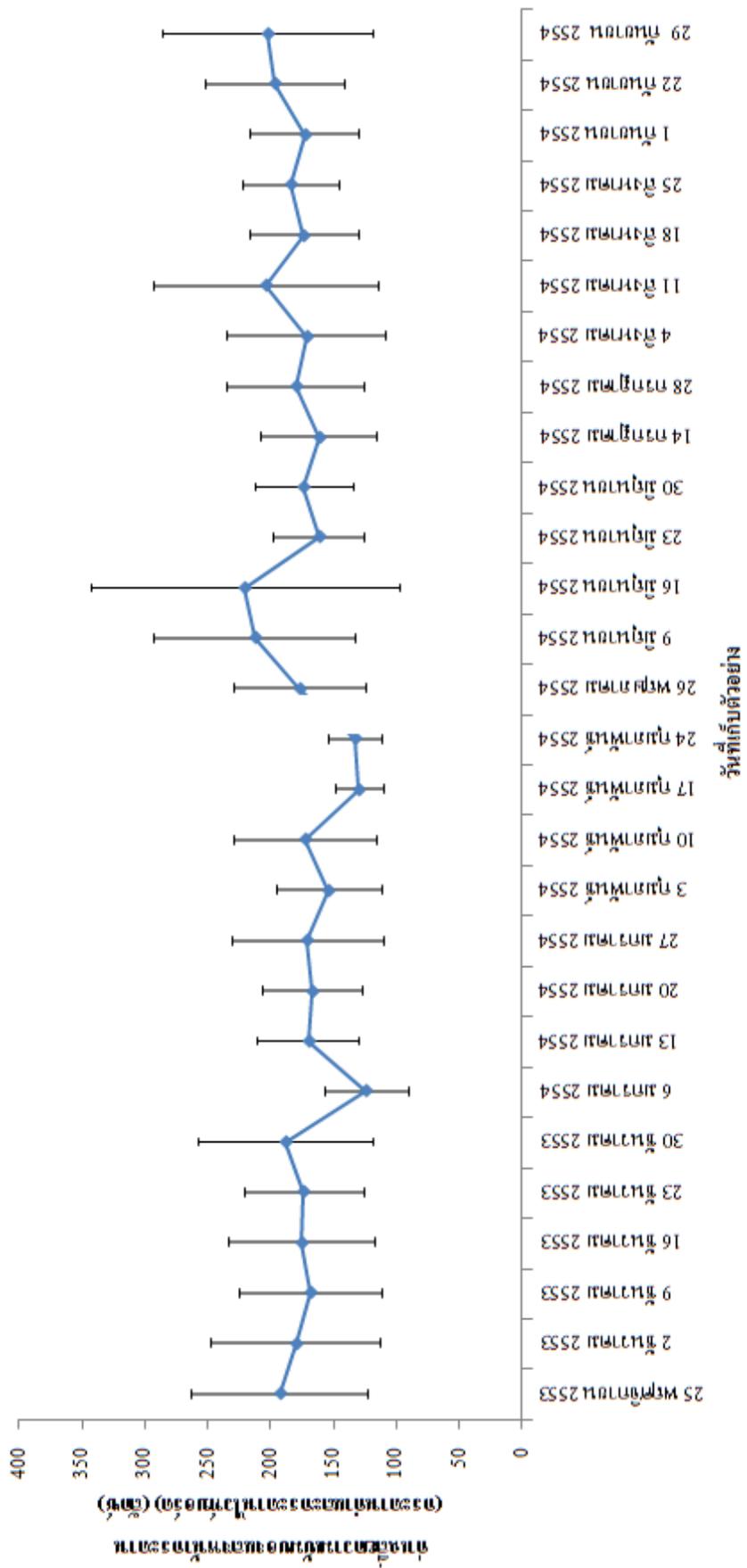
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสงหน้ากระจก (ลักซ์) |
|------------------------------|---------------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 177.0±52.6 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 213.2±80.3 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 220.5±122.2 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 162.2±36.5 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 174.0±39.2 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 162.3±46.1 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 180.6±54.6 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 171.9±63.3 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 204.2±89.2 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 173.8±42.9 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 184.3±38.2 |
| 1 กันยายน 2554 | 173.5±43.4 |
| 22 กันยายน 2554 | 196.9±55.6 |
| 29 กันยายน 2554 | 202.8±84.0 |



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดาน(กระดานดำและกระดานไวท์บอร์ด)และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

เมื่อพิจารณาความเข้มของแสงหน้ากระจกาน(กระจกานดำและกระจกานไวท์บอร์ด) ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังภาพที่ 18

จากภาพที่ 16-18 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ความเข้มของแสงหน้ากระจกาน(กระจกานดำและกระจกานไวท์บอร์ด)มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(193.2 ลักซ์)ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(124.2 ลักซ์)ในวันที่ 6 มกราคม 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ความเข้มของแสงหน้ากระจกาน(กระจกานดำและกระจกานไวท์บอร์ด)มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(220.5 ลักซ์)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(162.2 ลักซ์)ในวันที่ 23 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ความเข้มของแสงหน้ากระจกาน(กระจกานดำและกระจกานไวท์บอร์ด)มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(220.5 ลักซ์)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(124.2 ลักซ์)ในวันที่ 6 มกราคม 2554



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระจกด้าน (กระจกด้านและกระจกด้านเวทท์บอร์ด)และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง

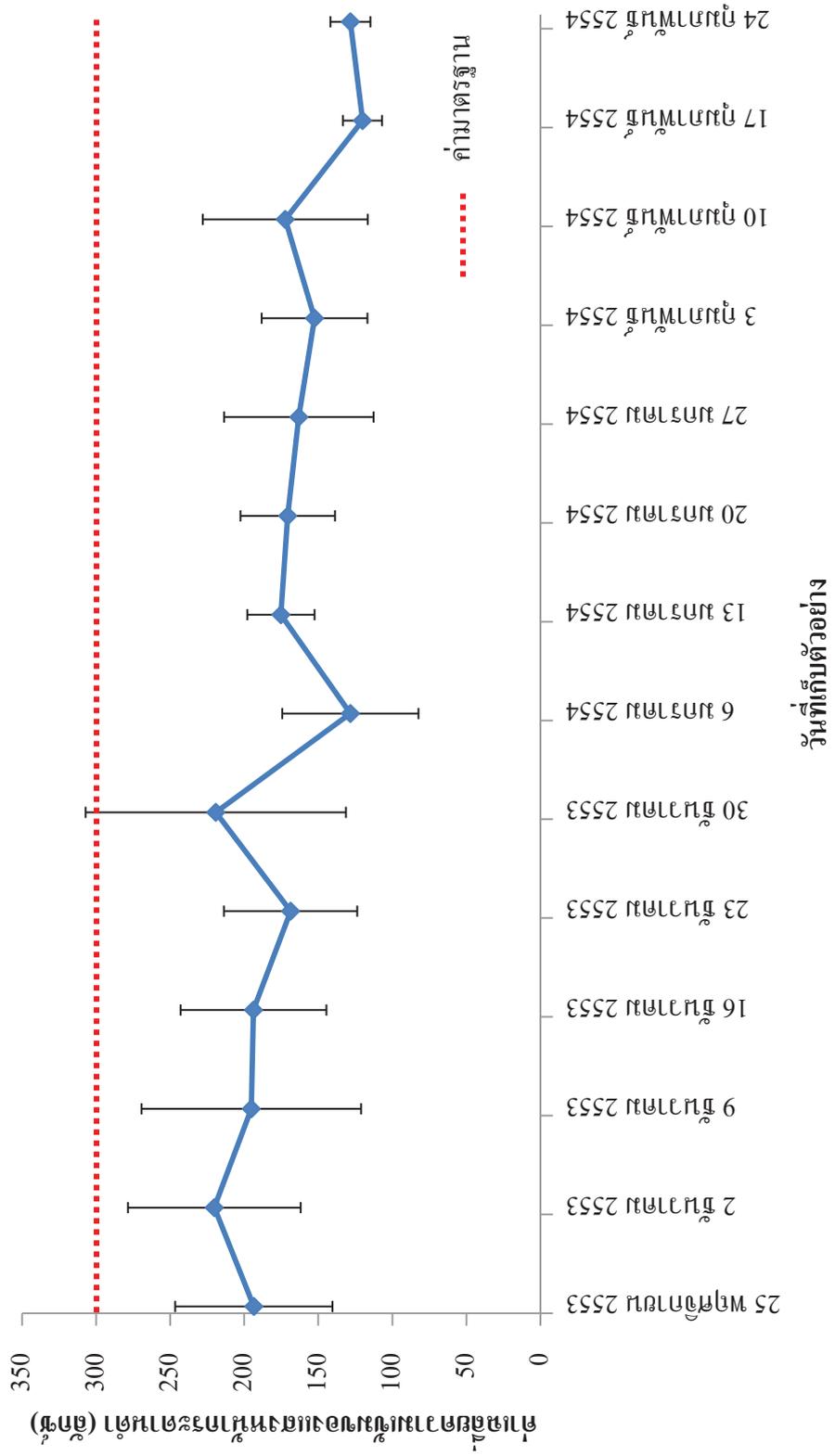
1.1.3 ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ

เมื่อพิจารณาเฉพาะความเข้มของแสงหน้ากระดานที่เป็นกระดานดำเท่านั้น จะได้ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ ดังนี้

1) ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 19

ตารางที่ 8 ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ (ลักซ์) |
|------------------------------|------------------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 193.5±53.1 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 220.2±58.3 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 195.2±74.1 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 193.7±49.2 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 168.7±45.0 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 219.2±87.9 |
| 6 มกราคม 2554 | 128.3±46.0 |
| 13 มกราคม 2554 | 175.2±22.7 |
| 20 มกราคม 2554 | 170.6±31.9 |
| 27 มกราคม 2554 | 163.1±50.5 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 152.5±35.7 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 172.3±55.7 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 120.1±13.2 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 128.3±13.5 |

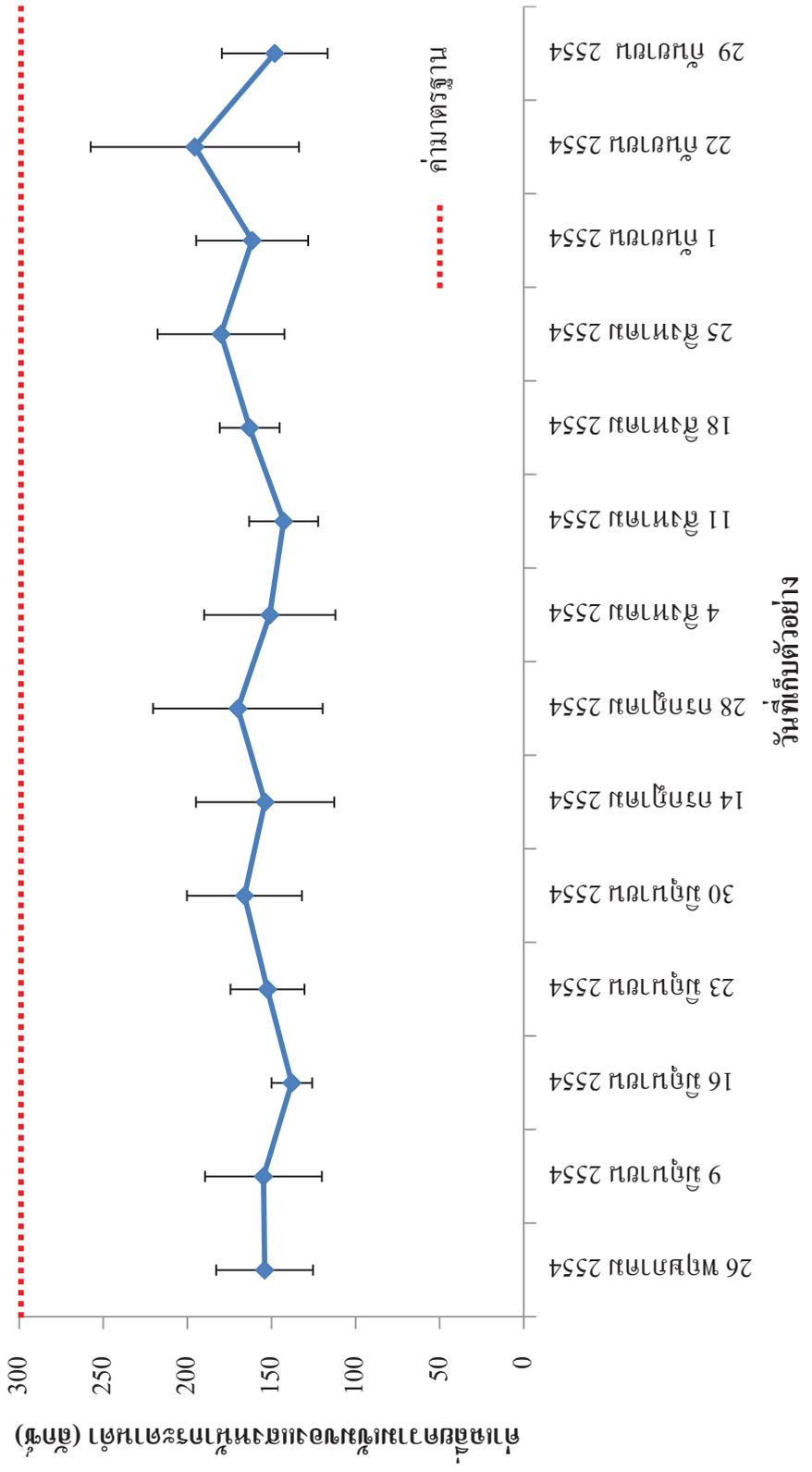


ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความถี่ของแสงหน้ากระดาษและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 9 และภาพที่ 20

ตารางที่ 9 ผลการสำรวจความเข้มของแสงหน้ากระดานดำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

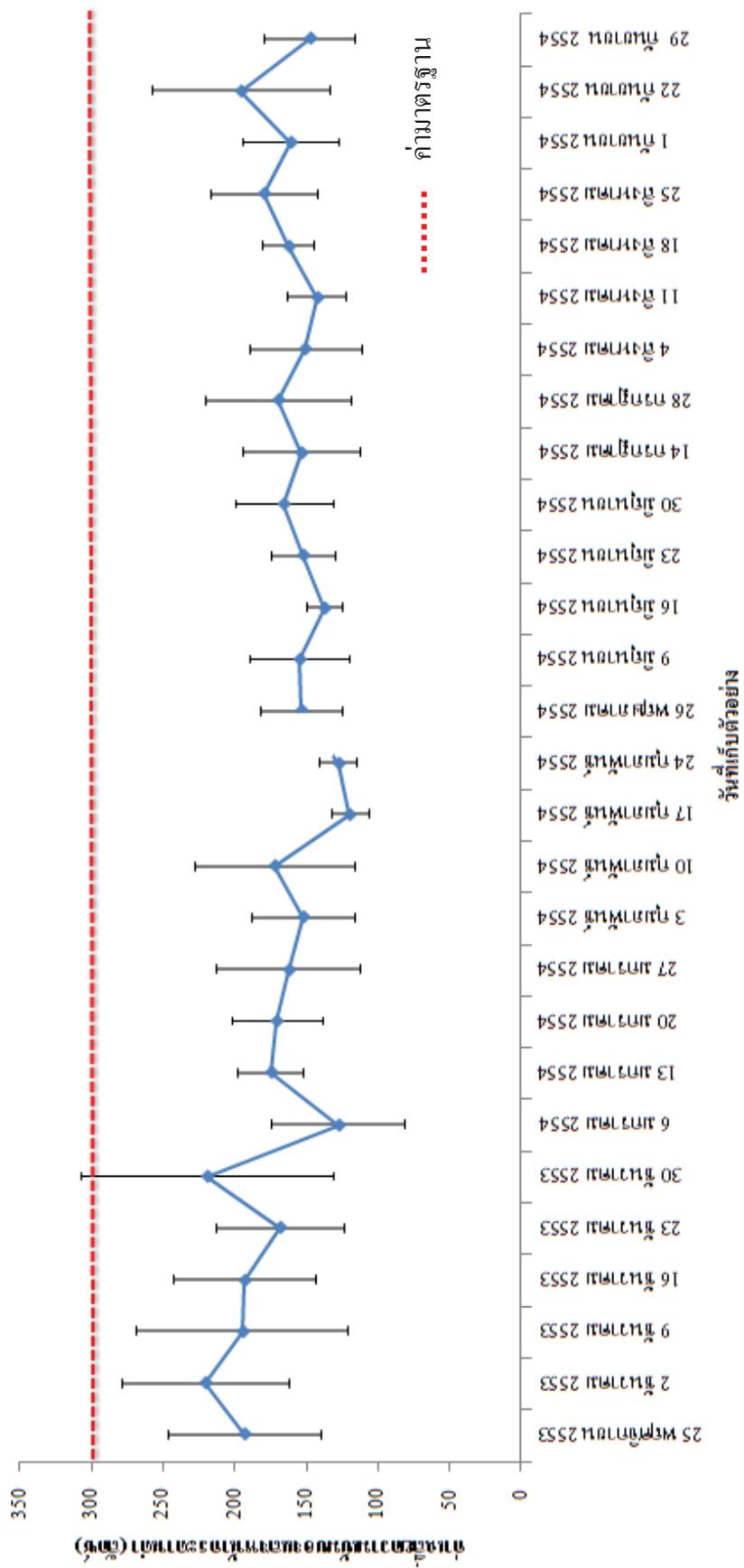
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ (ลักซ์) |
|------------------------------|------------------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 154.1±28.8 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 154.8±34.7 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 137.9±12.1 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 152.4±22.0 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 166.1±34.2 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 153.8±41.1 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 170.0±50.4 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 151.0±39.0 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 142.8±20.5 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 163.0±17.8 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 180.0±37.7 |
| 1 กันยายน 2554 | 161.5±33.3 |
| 22 กันยายน 2554 | 195.6±61.9 |
| 29 กันยายน 2554 | 148.1±31.4 |



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความถี่ของแสงหน้ากระดานแต่ละส่วนเป็นแบบมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังภาพที่ 21

จากภาพที่ 19-21 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(220.2 ลักซ์)ในวันที่ 2 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(120.1 ลักซ์)ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(195.6 ลักซ์)ในวันที่ 22 กันยายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(137.9 ลักซ์)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(220.2 ลักซ์)ในวันที่ 2 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(120.1 ลักซ์)ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงหน้ากระดานดำและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.2 เสียง

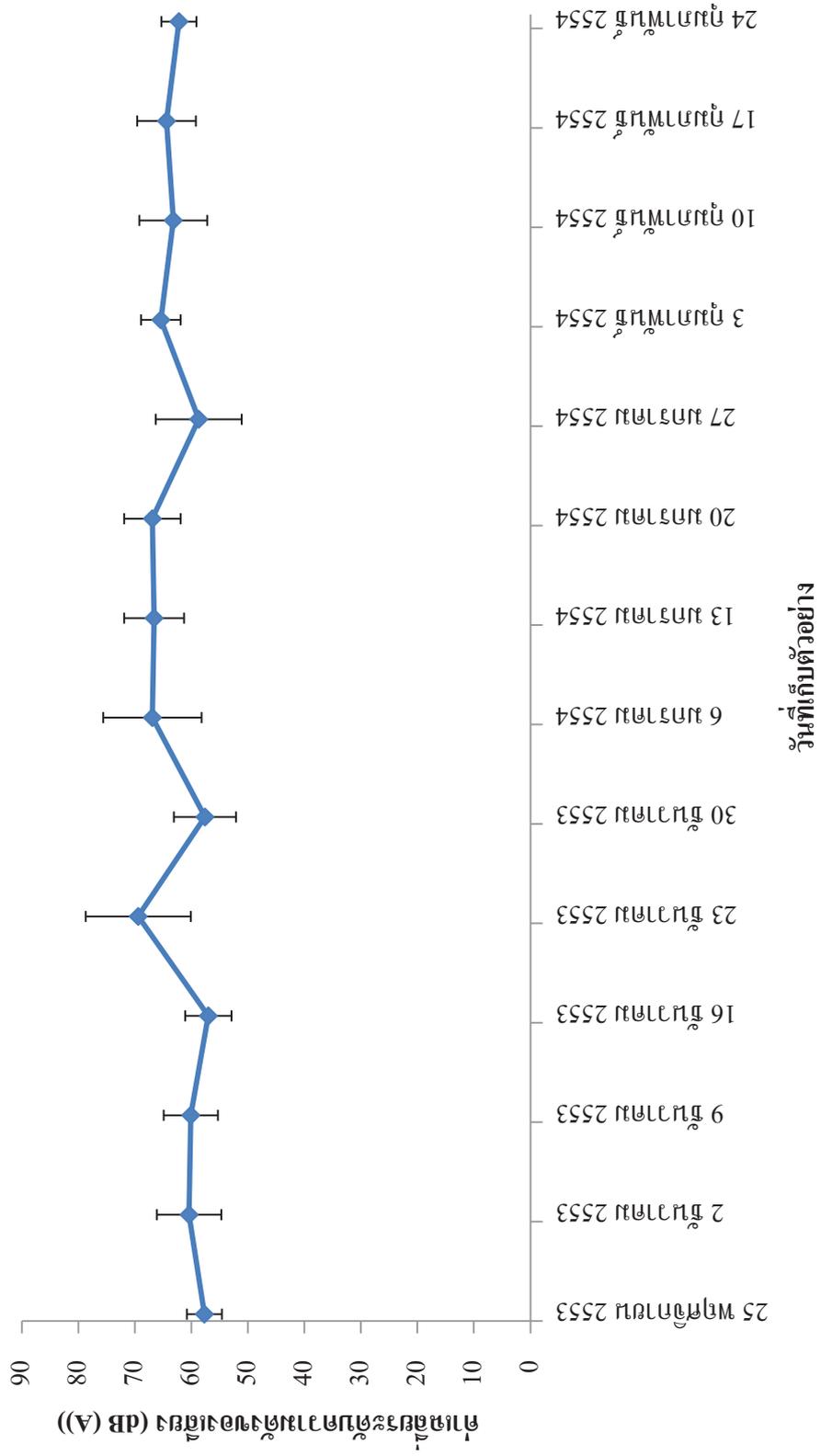
1.2.1 เสียงในห้องเรียน

1.2.1.1 เสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอน

1) ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 10 และภาพที่ 22

ตารางที่ 10 ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 57.7±3.1 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 60.4±5.7 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 60.1±4.8 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 57.0±4.1 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 69.4±9.3 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 57.6±5.5 |
| 6 มกราคม 2554 | 66.9±8.7 |
| 13 มกราคม 2554 | 66.6±5.3 |
| 20 มกราคม 2554 | 66.9±5.0 |
| 27 มกราคม 2554 | 58.7±7.6 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 65.4±3.5 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 63.2±6.0 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 64.4±5.2 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 62.2±3.1 |

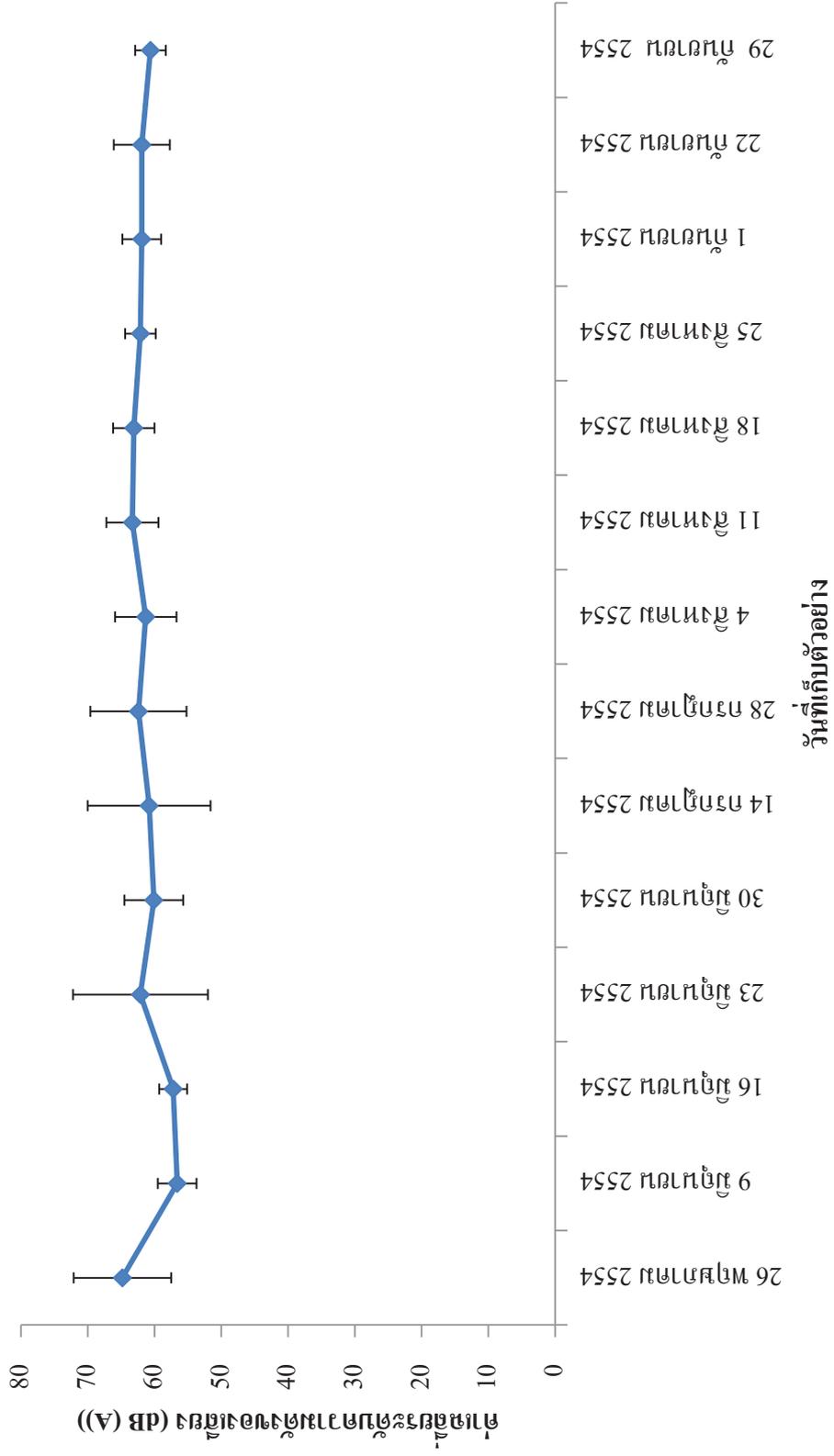


ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

2) ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังในตารางที่ 11 และภาพที่ 23

ตารางที่ 11 ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 64.8±7.3 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 56.6±2.9 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 57.2±2.1 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 62.1±10.1 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 60.1±4.4 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 60.8±9.2 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 62.4±7.2 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 61.3±4.6 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 63.3±3.9 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 63.1±3.1 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 62.1±2.3 |
| 1 กันยายน 2554 | 61.9±2.9 |
| 22 กันยายน 2554 | 61.9±4.2 |
| 29 กันยายน 2554 | 60.6±2.3 |

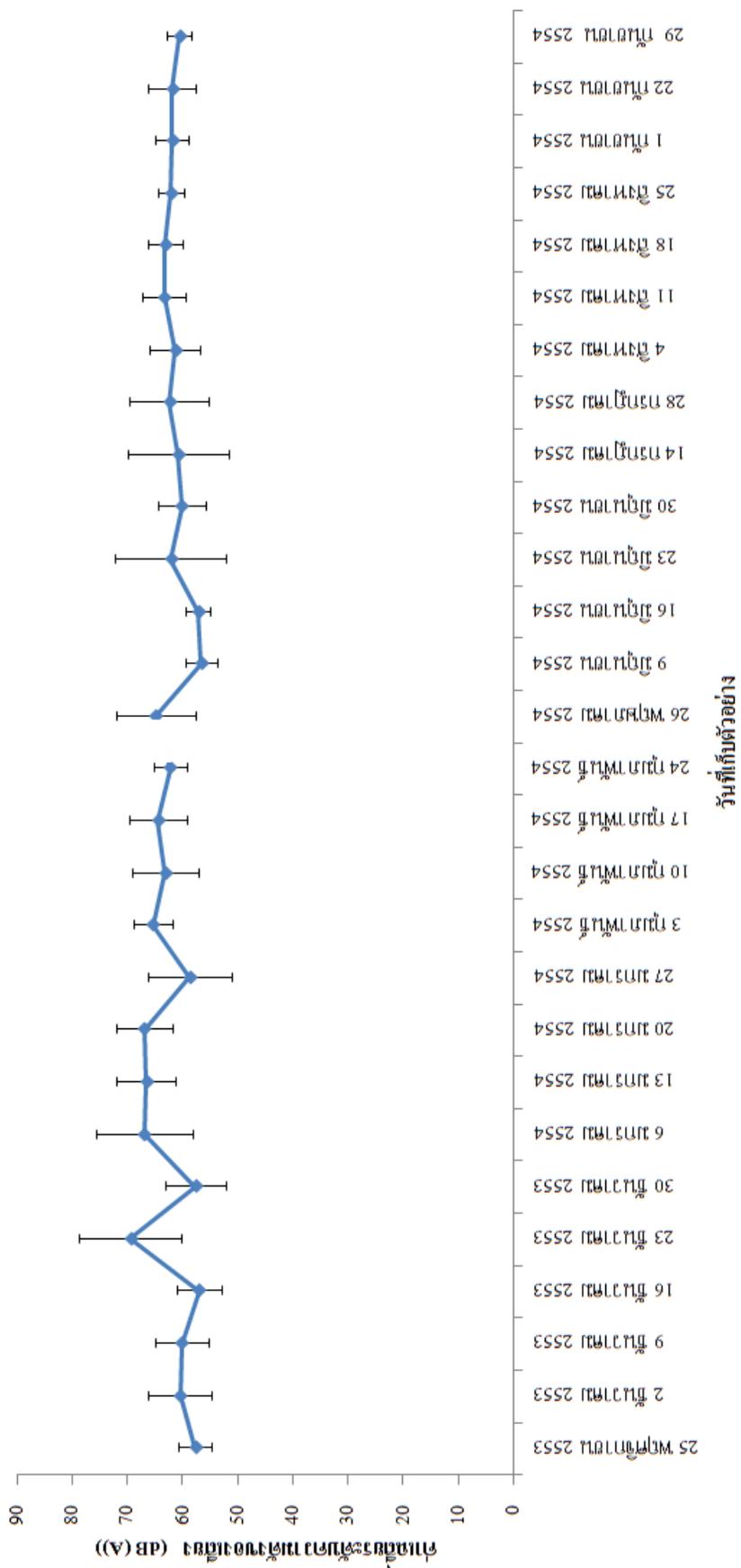


ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

เมื่อพิจารณาเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังภาพที่ 24

จากภาพที่ 22-24 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(69.4 dB (A))ในวันที่ 23 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (57.6 dB (A))ในวันที่ 30 ธันวาคม 2553 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(64.8 dB (A))ในวันที่ 26 พฤษภาคม 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(56.6 dB (A))ในวันที่ 9 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) เสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(69.4 dB (A))ในวันที่ 23 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(57.6 dB (A))ในวันที่ 30 ธันวาคม 2553



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง

1.2.1.2 เสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน(เสียงรบกวน)

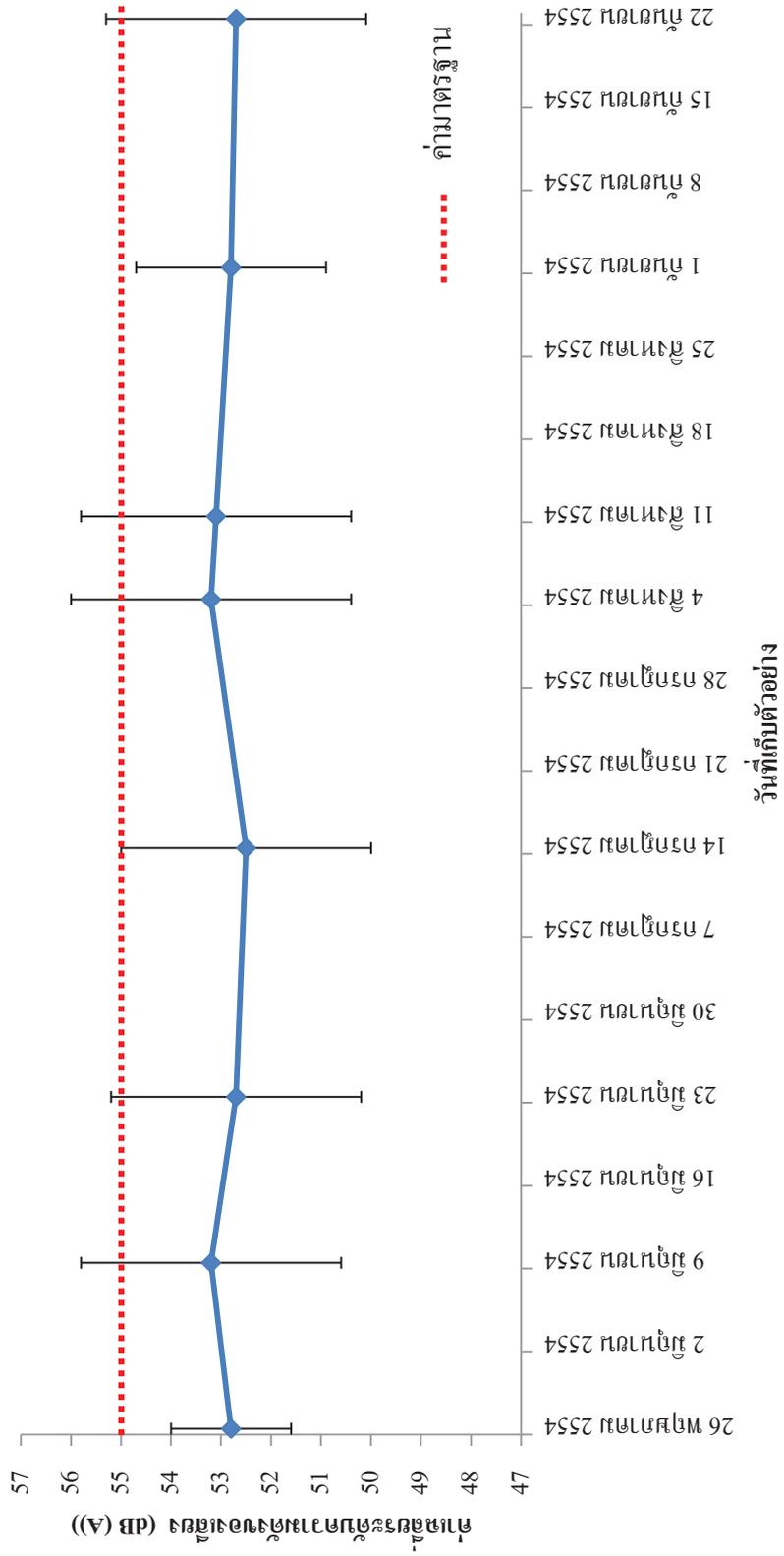
ผลการสำรวจเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน(เสียงรบกวน)

ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 12 และภาพที่ 25

ตารางที่ 12 ผลการสำรวจระดับความดังของเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน
ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 52.8±1.2 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 53.2±2.6 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 52.7±2.5 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 52.5±2.5 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 53.2±2.8 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 53.1±2.7 |
| 1 กันยายน 2554 | 52.8±1.9 |
| 22 กันยายน 2554 | 52.7±2.6 |

จากภาพที่ 22 พบว่าในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน(เสียงรบกวน)มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(53.2 dB (A))ในวันที่ 9 มิถุนายน 2554 และ 4 สิงหาคม 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(52.5 dB (A)) ในวันที่ 14 กรกฎาคม 2554



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

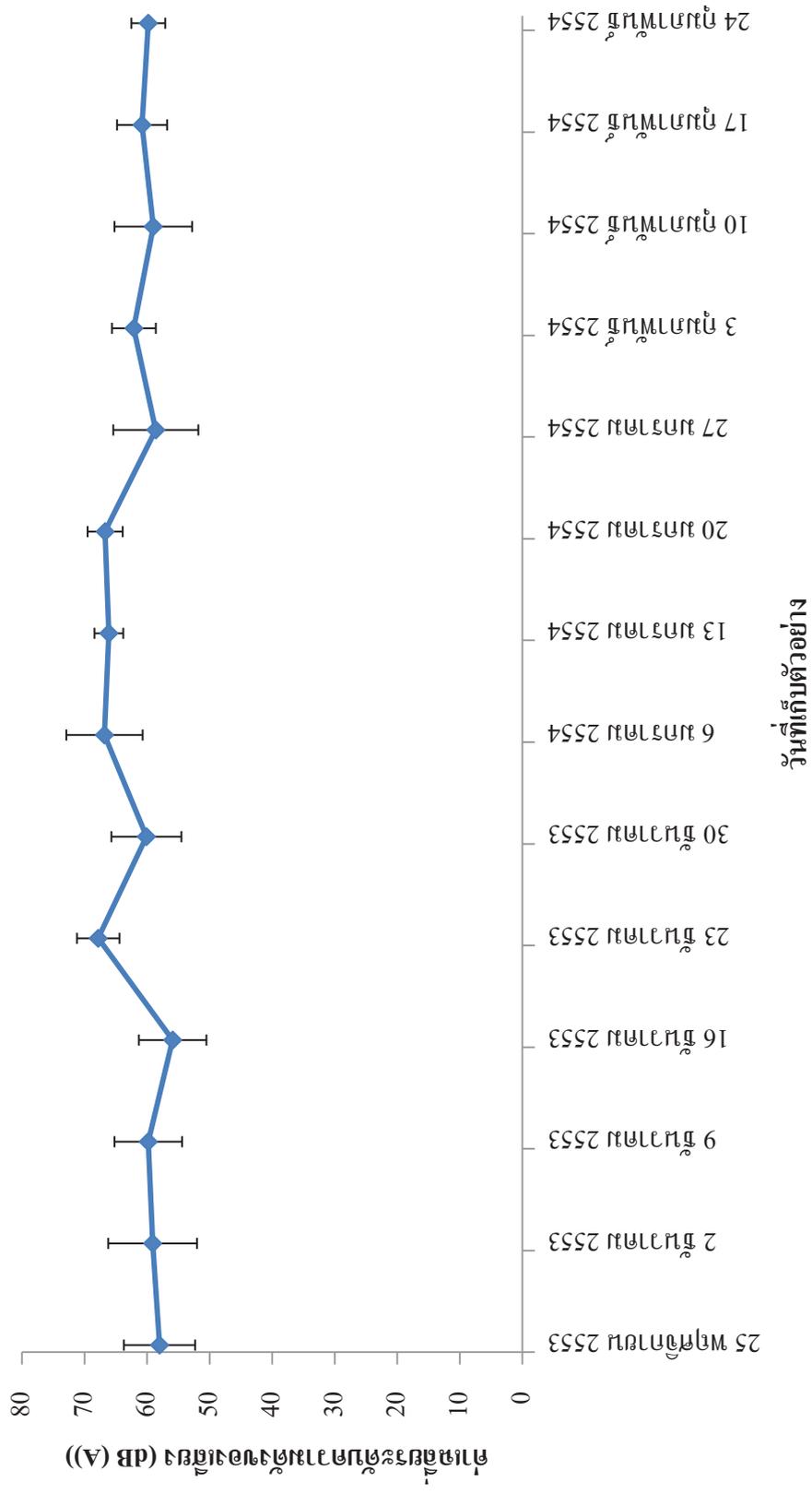
1.2.2 เสียงนอกห้องเรียน

1.2.2.1 เสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอน

1) ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังในตารางที่ 13 และภาพที่ 26

ตารางที่ 13 ผลการสำรวจระดับความดังของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 58.0±5.7 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 59.1±7.1 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 59.8±5.4 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 55.9±5.4 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 67.8±3.4 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 60.1±5.6 |
| 6 มกราคม 2554 | 66.8±6.1 |
| 13 มกราคม 2554 | 66.1±2.3 |
| 20 มกราคม 2554 | 66.7±2.8 |
| 27 มกราคม 2554 | 58.6±6.8 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 62.1±3.5 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 59.0±6.2 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 60.8±4.0 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 59.8±2.7 |

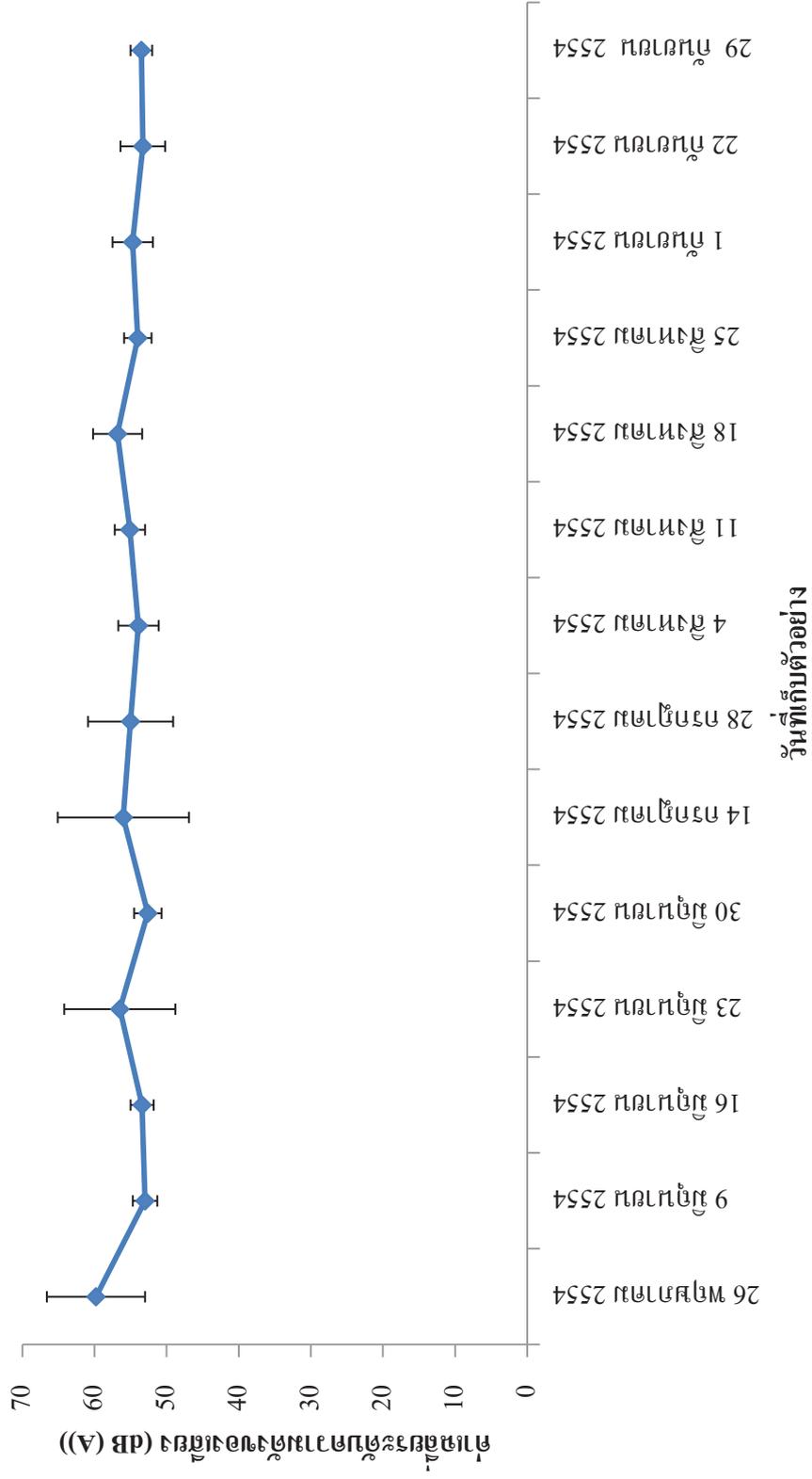


ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

2) ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 14 และภาพที่ 27

ตารางที่ 14 ผลการสำรวจระดับความดังเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอน
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

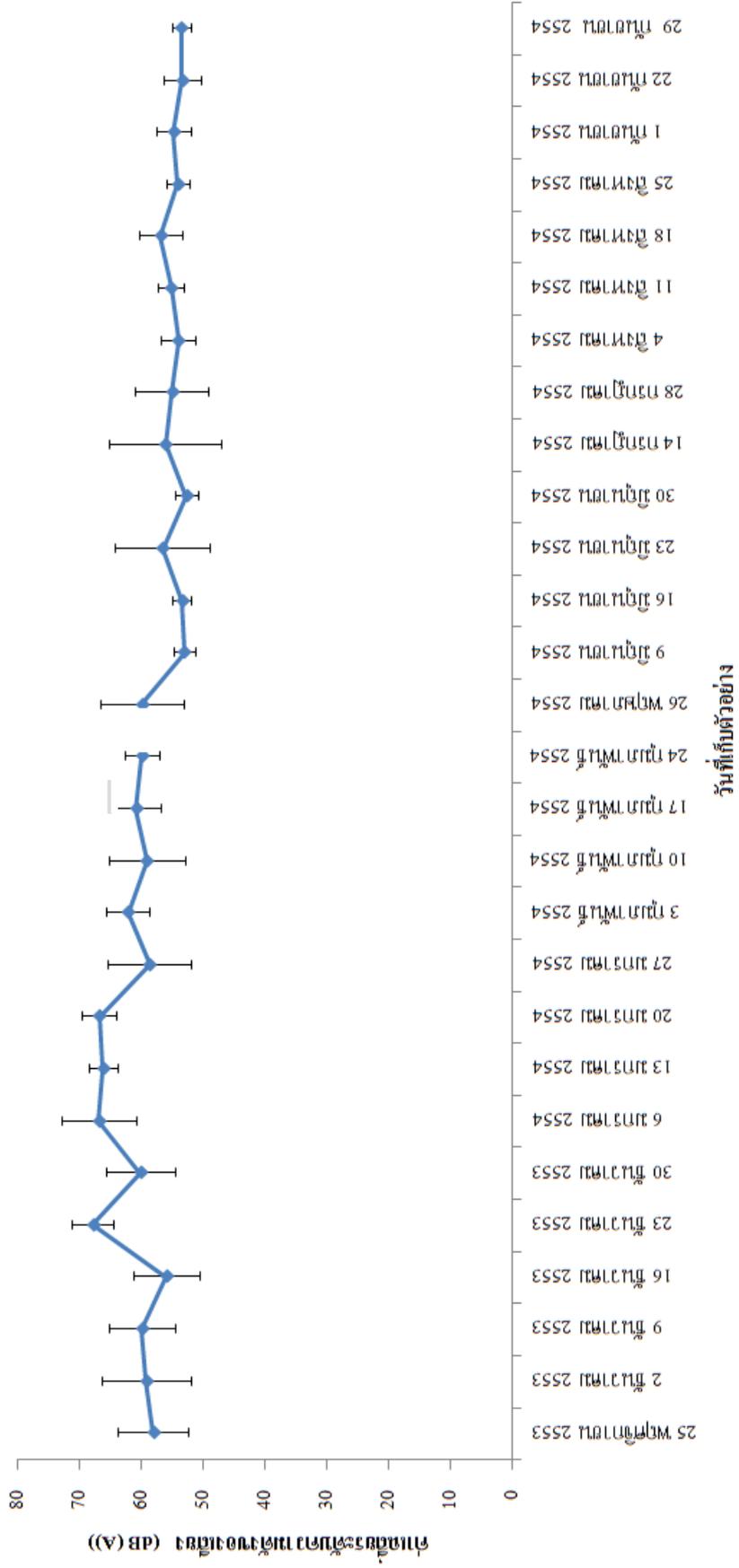
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 59.8±6.8 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 53.0±1.7 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 53.4±1.6 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 56.5±7.7 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 52.6±1.9 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 56.0±9.1 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 55.0±5.9 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 53.9±2.8 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 55.1±2.1 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 56.8±3.4 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 54.0±1.9 |
| 1 กันยายน 2554 | 54.7±2.8 |
| 22 กันยายน 2554 | 53.3±3.1 |
| 29 กันยายน 2554 | 53.5±1.5 |



ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

และเมื่อพิจารณาเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 28

จากภาพที่ 26-28 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(67.8 dB (A))ในวันที่ 23 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(55.9 dB (A))ในวันที่ 16 ธันวาคม 2553 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(59.8 dB (A))ในวันที่ 26 พฤษภาคม 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(52.6 dB (A))ในวันที่ 30 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) เสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(67.8 dB (A))ในวันที่ 23 ธันวาคม 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(52.6 dB (A))ในวันที่ 30 มิถุนายน 2554



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงนอกห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง

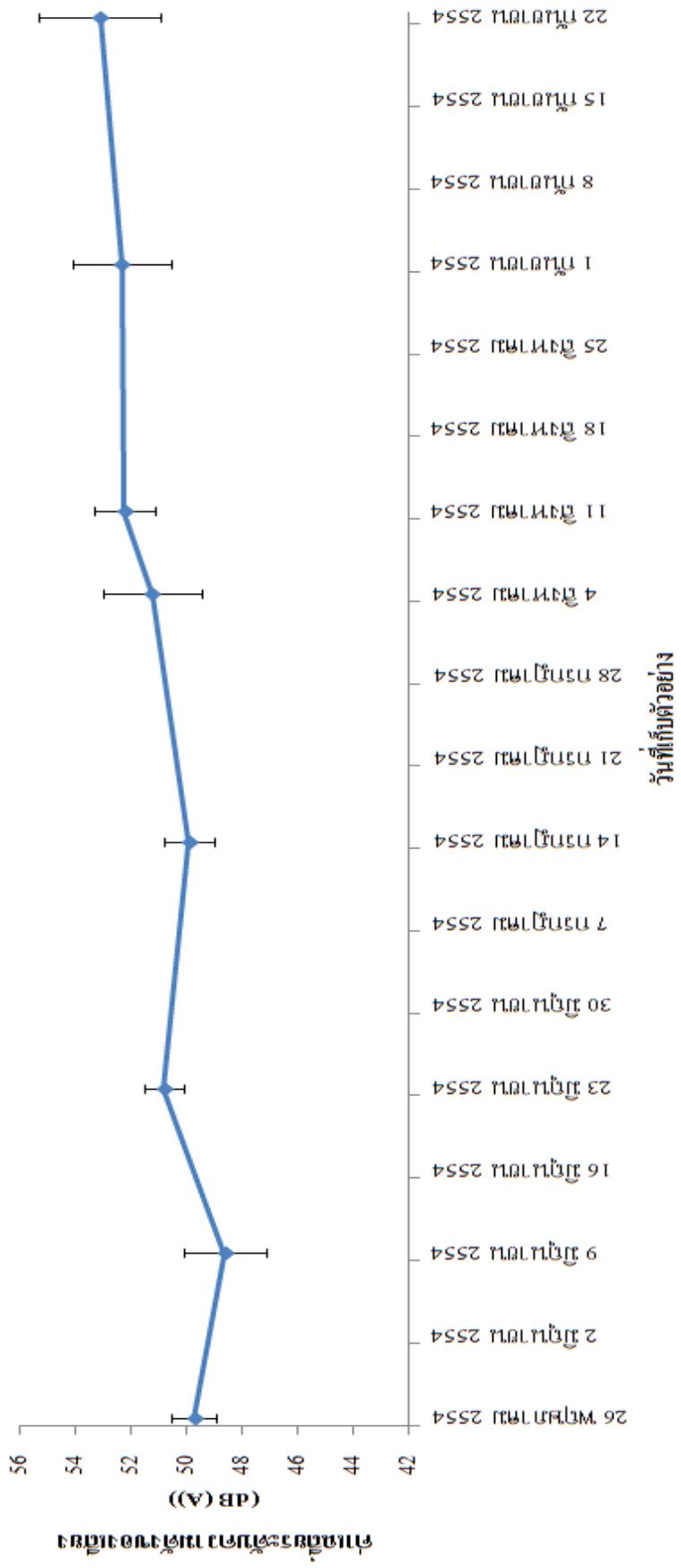
1.2.2.2 เสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน

ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 15 และภาพที่ 29

ตารางที่ 15 ผลการสำรวจเสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | เสียง (dB (A)) |
|------------------------------|------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 49.7±0.8 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 48.6±1.5 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 50.8±0.7 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 49.9±0.9 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 51.2±1.8 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 52.2±1.1 |
| 1 กันยายน 2554 | 52.3±1.8 |
| 22 กันยายน 2554 | 53.1±2.2 |

จากภาพที่ 29 พบว่าในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(53.1 dB (A))ในวันที่ 22 กันยายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (48.6 dB (A))ในวันที่ 9 มิถุนายน 2554



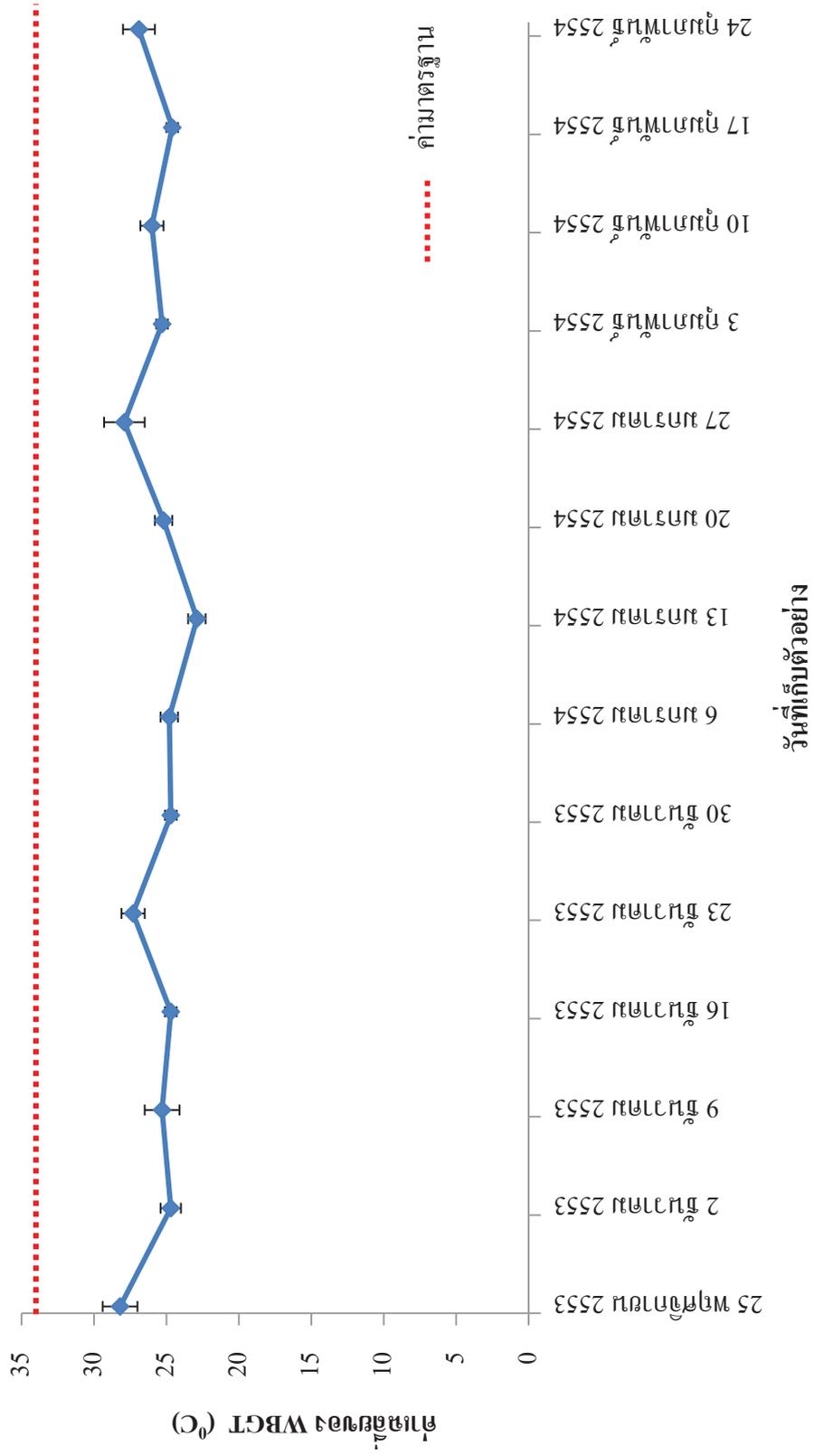
ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงนอกห้องเรียนขณะไม่มีการเรียนการสอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

1.3 WBGT

1) ผลการสำรวจ WBGTในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 16 และภาพที่ 30

ตารางที่ 16 ผลการสำรวจ WBGTในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | WBGT ($^{\circ}\text{C}$) |
|------------------------------|-----------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 28.2 \pm 1.2 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 24.7 \pm 0.7 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 25.3 \pm 1.2 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 24.7 \pm 0.4 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 27.3 \pm 0.8 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 24.7 \pm 0.4 |
| 6 มกราคม 2554 | 24.8 \pm 0.6 |
| 13 มกราคม 2554 | 22.9 \pm 0.62 |
| 20 มกราคม 2554 | 25.2 \pm 0.6 |
| 27 มกราคม 2554 | 27.9 \pm 1.4 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 25.3 \pm 0.4 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 26.0 \pm 0.8 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 24.6 \pm 0.4 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 26.9 \pm 1.1 |

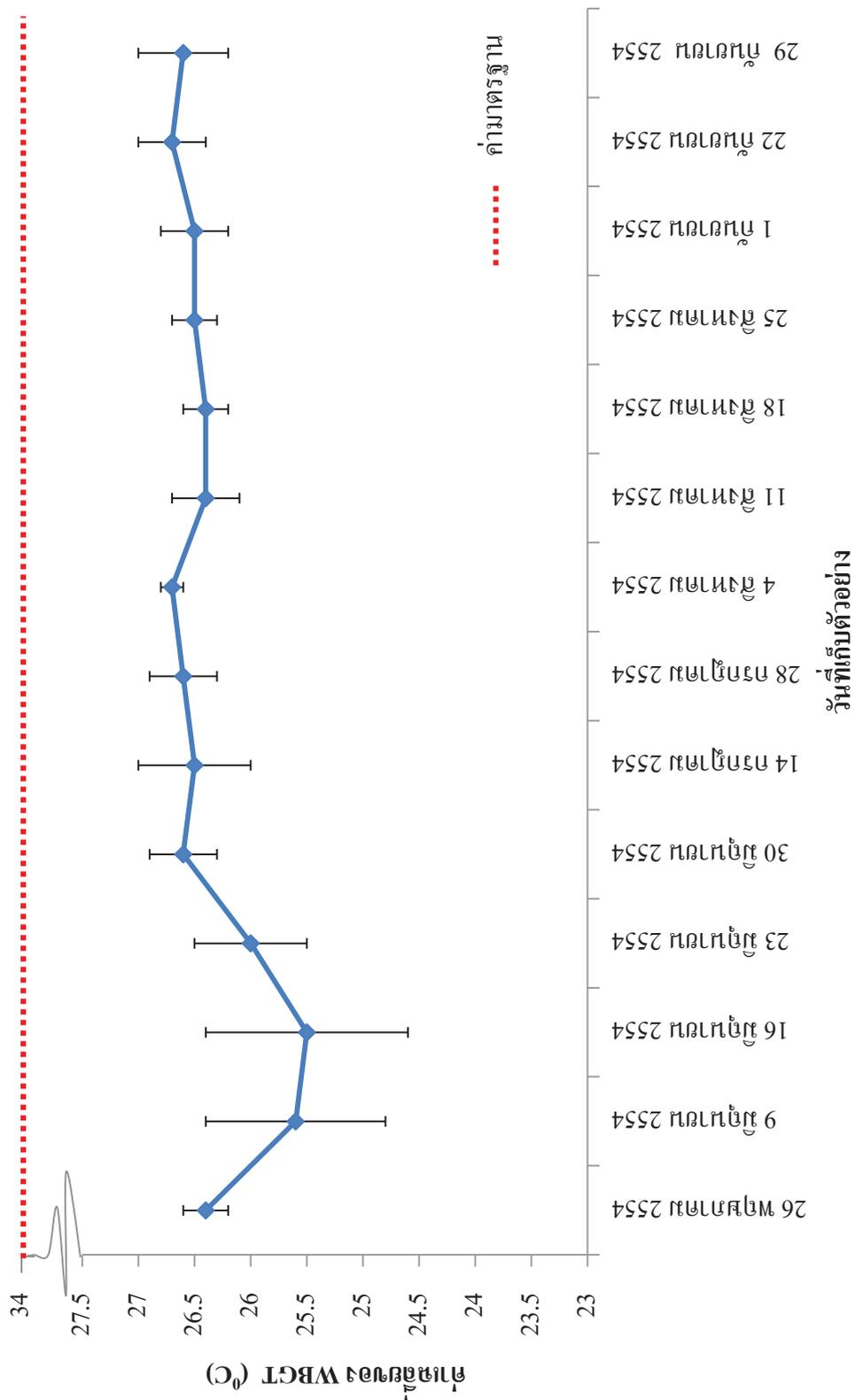


ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553
เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจ WBGTในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 17 และภาพที่ 31

ตารางที่ 17 ผลการสำรวจ WBGTในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

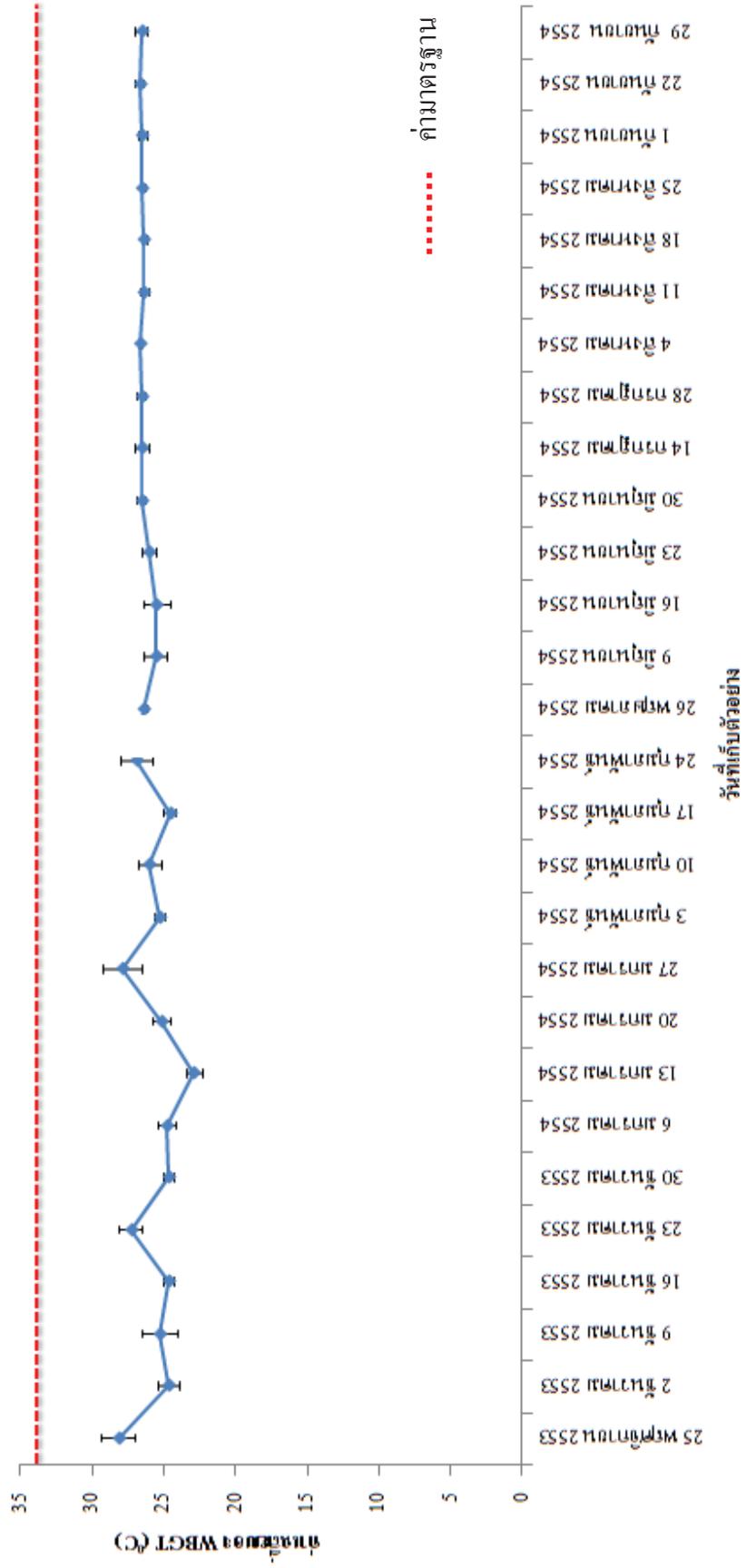
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | WBGT ($^{\circ}\text{C}$) |
|------------------------------|-----------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 26.4 \pm 0.2 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 25.6 \pm 0.8 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 25.5 \pm 0.9 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 26.0 \pm 0.5 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 26.6 \pm 0.3 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 26.5 \pm 0.5 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 26.6 \pm 0.3 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 26.7 \pm 0.1 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 26.4 \pm 0.3 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 26.4 \pm 0.2 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 26.5 \pm 0.2 |
| 1 กันยายน 2554 | 26.5 \pm 0.3 |
| 22 กันยายน 2554 | 26.7 \pm 0.3 |
| 29 กันยายน 2554 | 26.6 \pm 0.4 |



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณา WBGT ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 32

จากภาพที่ 30-32 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 WBGT มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (28.2°C) ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (22.9°C) ในวันที่ 13 มกราคม 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 WBGT มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (26.7°C) ในวันที่ 4 สิงหาคม 2554 และ 22 กันยายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (25.5°C) ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) WBGT มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (28.2°C) ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (22.9°C) ในวันที่ 13 มกราคม 2554



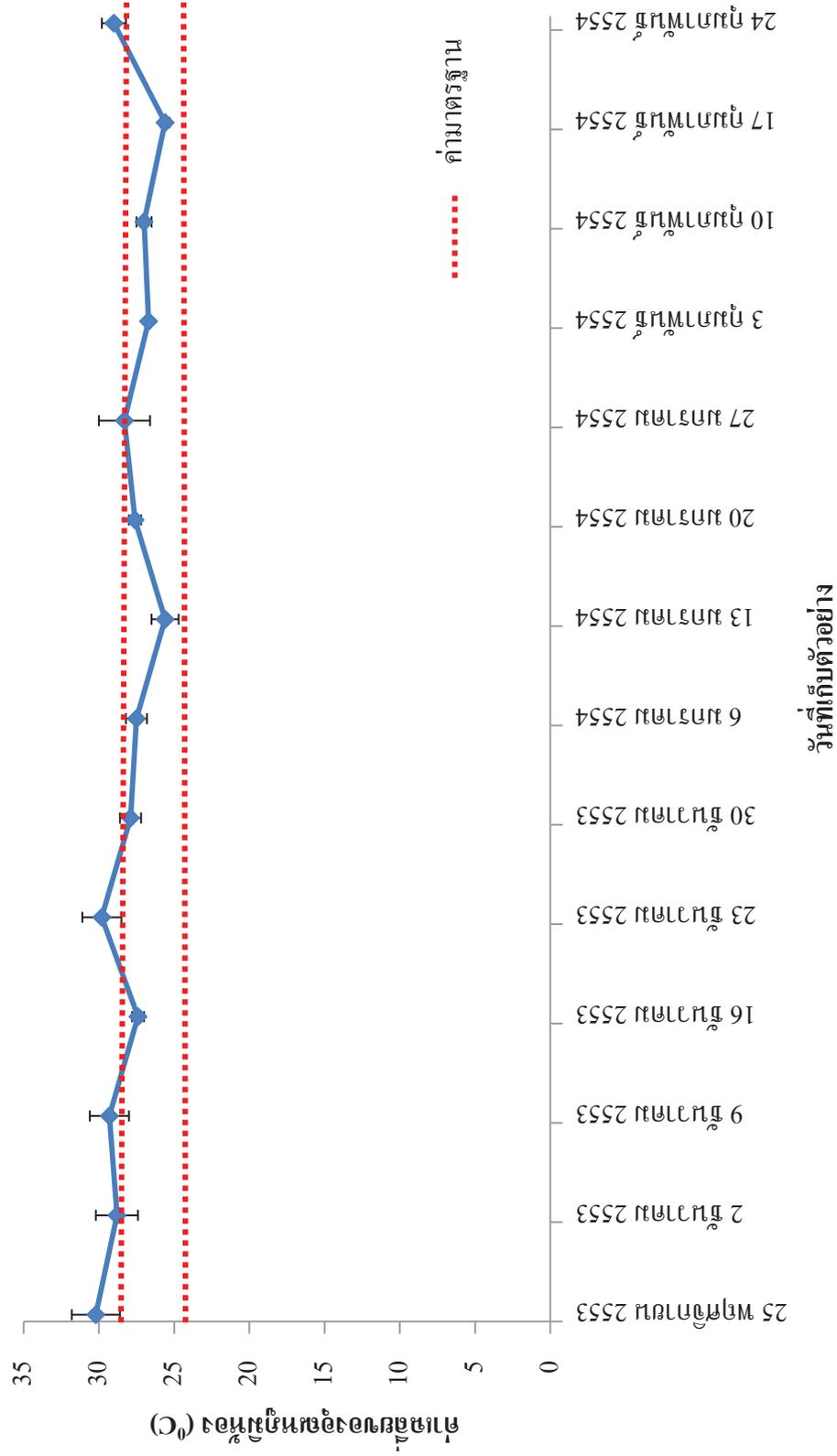
ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ WBGT และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.4 อุณหภูมิห้อง

1) ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 18 และภาพที่ 33

ตารางที่ 18 ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | อุณหภูมิห้อง (°C) |
|------------------------------|-------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 30.2±1.6 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 28.8±1.4 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 29.3±1.3 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 27.4±0.4 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 29.8±1.3 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 27.9±0.7 |
| 6 มกราคม 2554 | 27.5±0.7 |
| 13 มกราคม 2554 | 25.6±0.9 |
| 20 มกราคม 2554 | 27.6± 0.4 |
| 27 มกราคม 2554 | 28.3±1.7 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 26.7±1.0 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 27.0±0.5 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 25.6±0.3 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 29.0±0.8 |

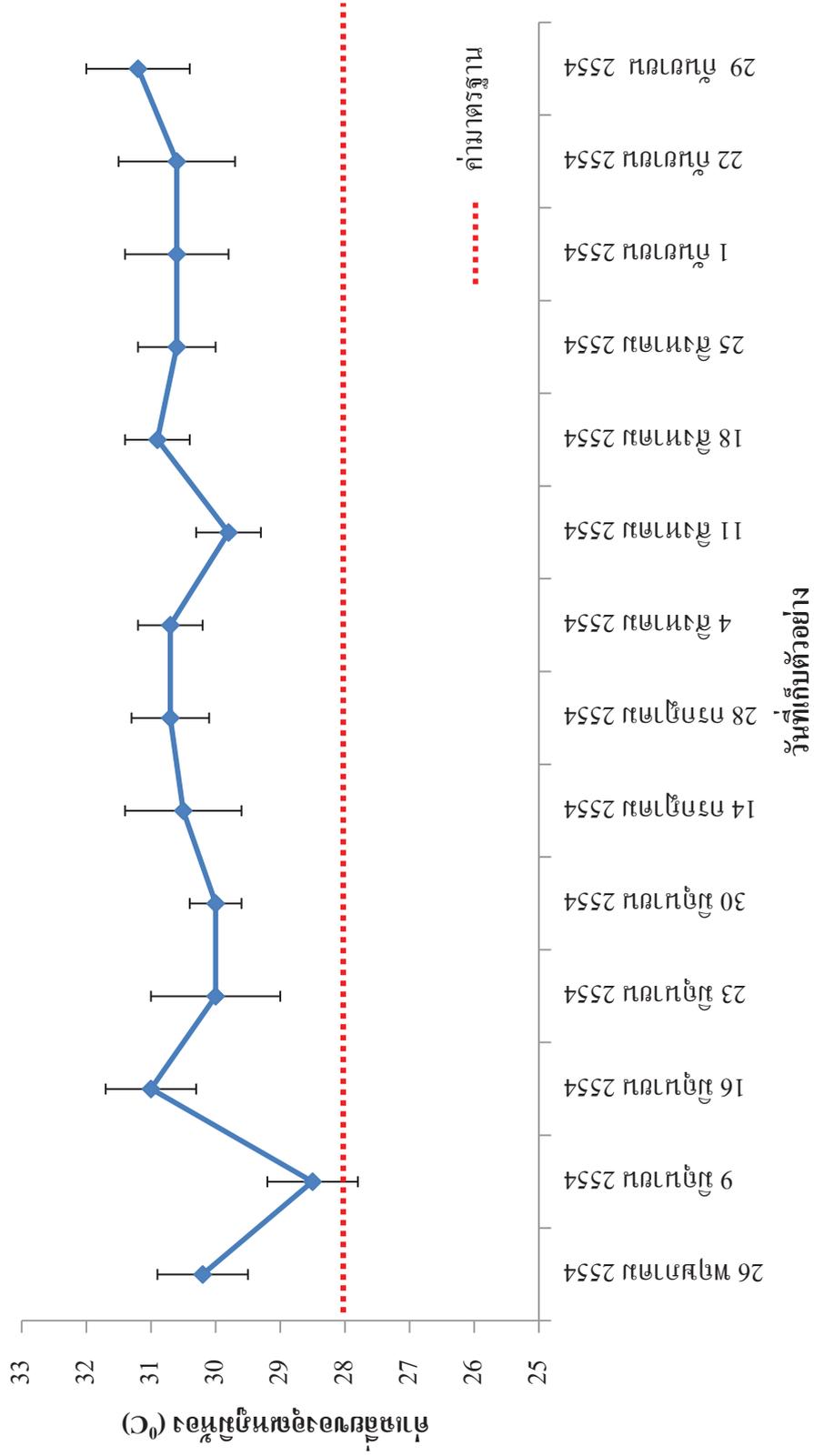


ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553
เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 19 และภาพที่ 34

ตารางที่ 19 ผลการสำรวจอุณหภูมิห้องในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

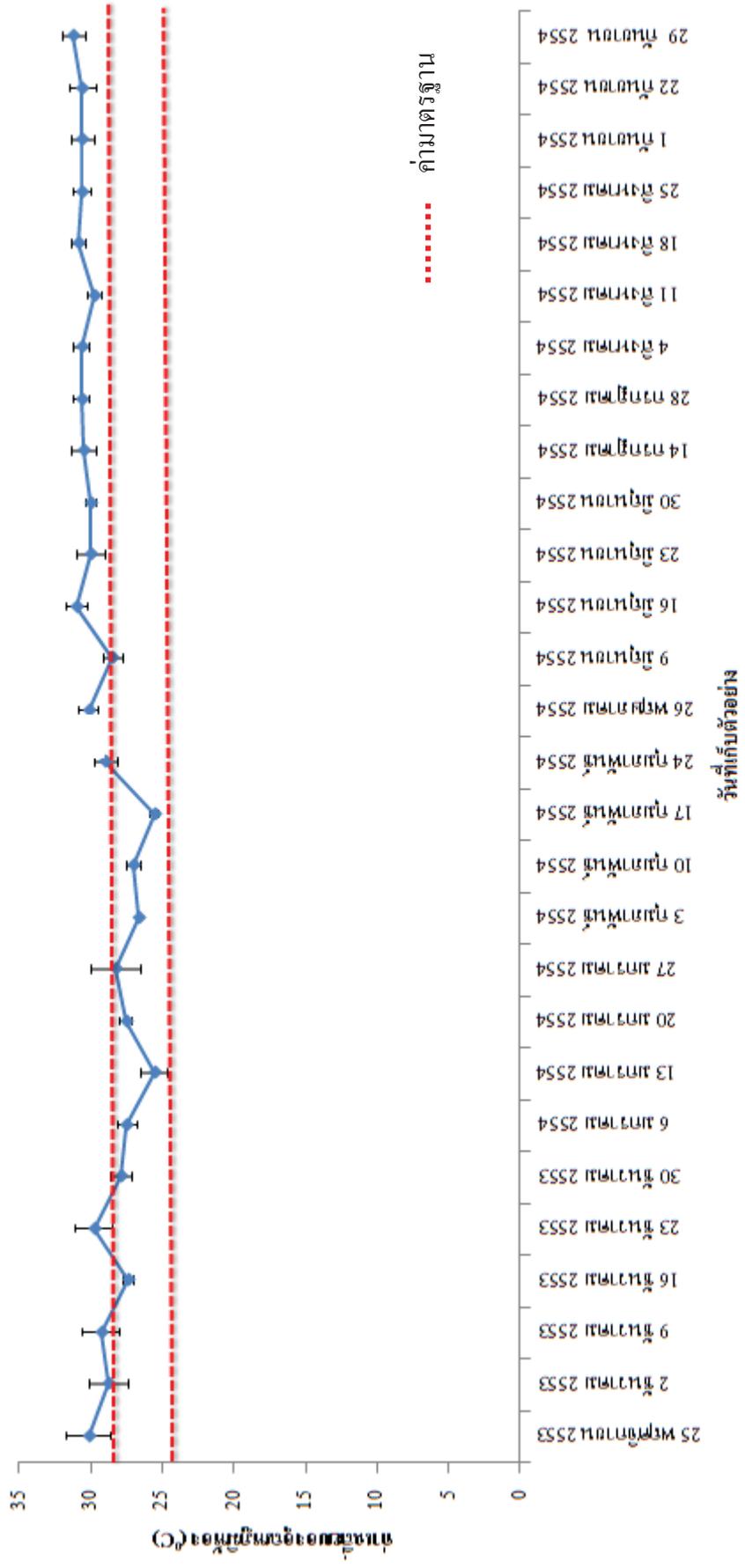
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}\text{C}$) |
|------------------------------|-------------------------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 30.2 \pm 0.7 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 28.5 \pm 0.7 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 31.0 \pm 0.7 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 30.0 \pm 1.0 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 30.0 \pm 0.4 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 30.5 \pm 0.9 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 30.7 \pm 0.6 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 30.7 \pm 0.5 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 29.8 \pm 0.5 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 30.9 \pm 0.5 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 30.6 \pm 0.6 |
| 1 กันยายน 2554 | 30.6 \pm 0.8 |
| 22 กันยายน 2554 | 30.6 \pm 0.9 |
| 29 กันยายน 2554 | 31.2 \pm 0.8 |



ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิห้อง ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 35

จากภาพที่ 33-35 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 อุณหภูมิห้อง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(30.2°C)ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(25.6°C)ในวันที่ 13 มกราคม 2554 และ 17 กุมภาพันธ์ 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 อุณหภูมิห้อง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(31.2°C)ในวันที่ 29 กันยายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(28.5°C)ในวันที่ 9 มิถุนายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) อุณหภูมิห้องมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(31.2°C)ในวันที่ 29 กันยายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(25.6°C)ในวันที่ 13 มกราคม 2554 และ 17 กุมภาพันธ์ 2554



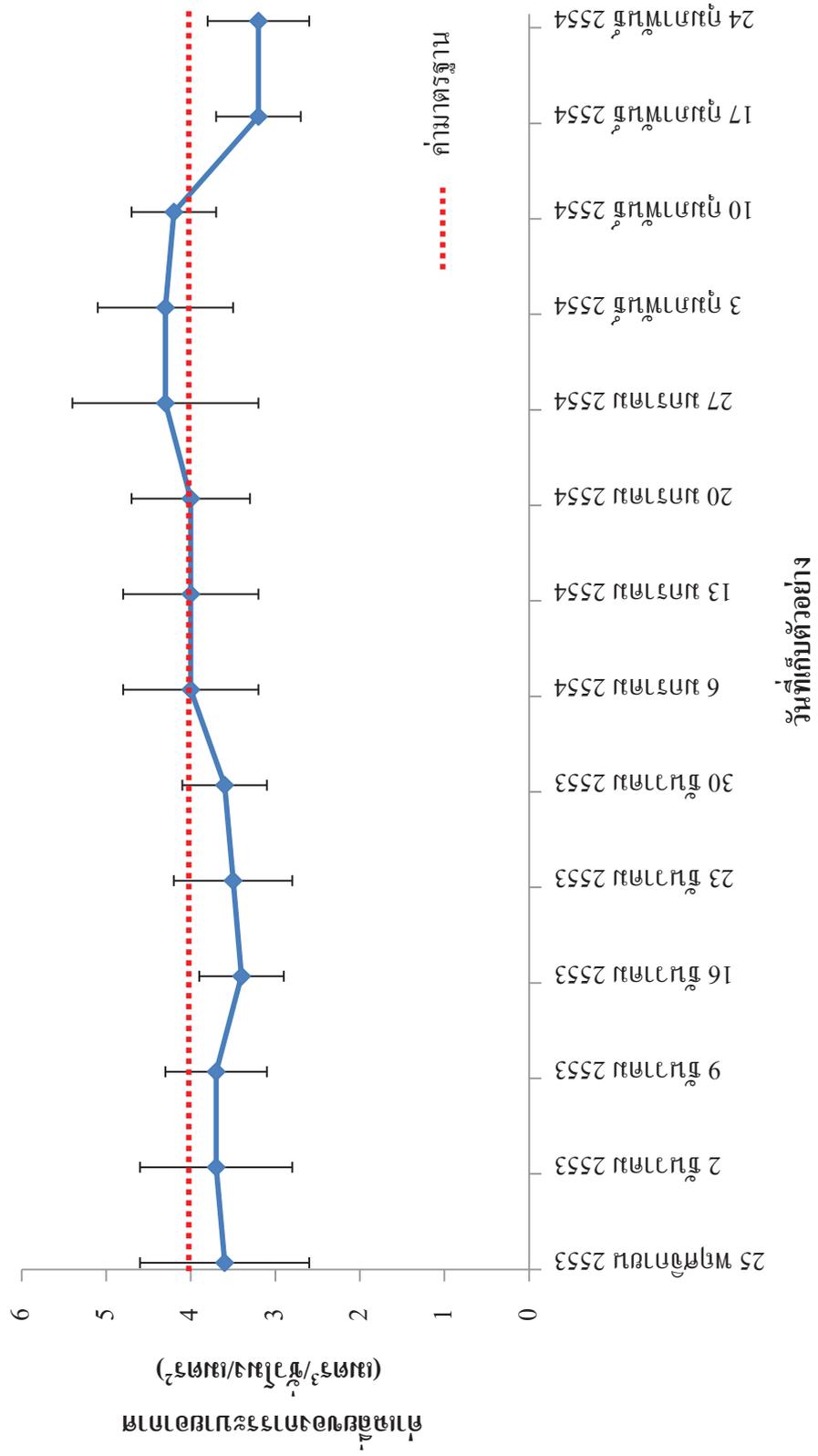
ภาพที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน

1.5 การระบายอากาศ

1) ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 20 และภาพที่ 36

ตารางที่ 20 ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) |
|------------------------------|---|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 3.6±1.0 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 3.7±0.9 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 3.7±0.6 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 3.4±0.5 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 3.5±0.7 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 3.6±0.5 |
| 6 มกราคม 2554 | 4.0±0.8 |
| 13 มกราคม 2554 | 4.0±0.8 |
| 20 มกราคม 2554 | 4.0±0.7 |
| 27 มกราคม 2554 | 4.3±1.1 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 4.3±0.8 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 4.2±0.5 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 3.2±0.5 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 3.2±0.6 |

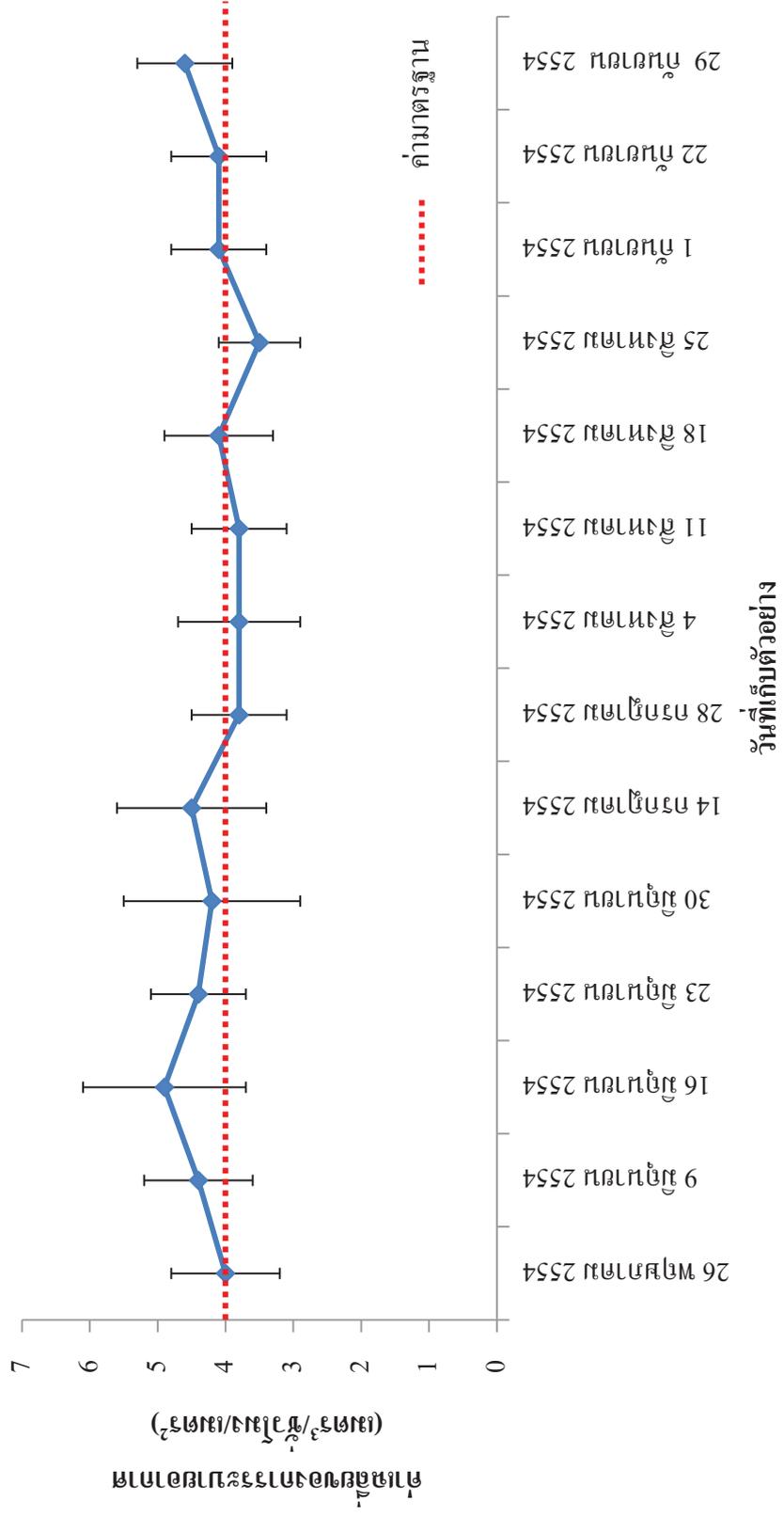


ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของการกระจายของค่าและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 21 และภาพที่ 37

ตารางที่ 21 ผลการสำรวจการระบายอากาศในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

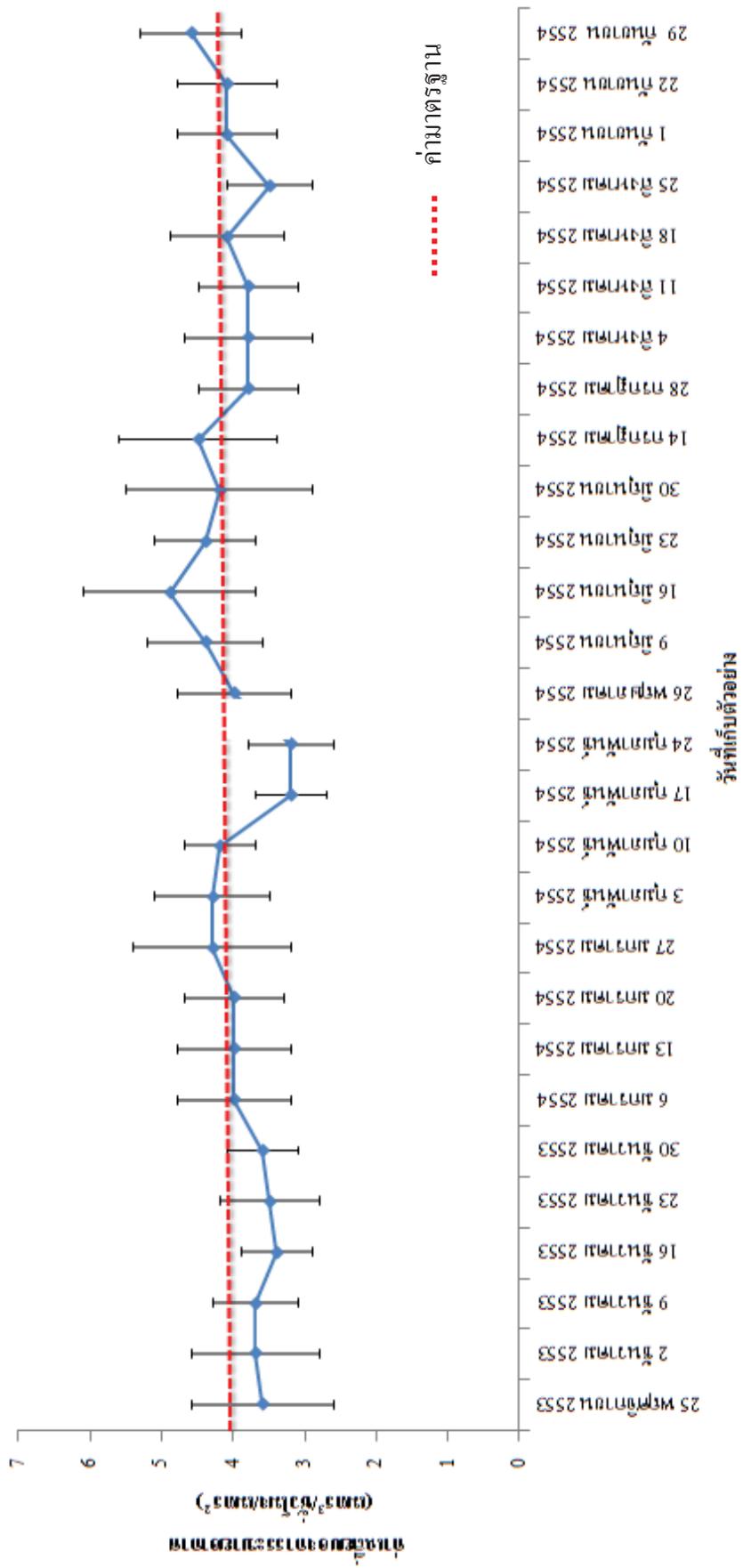
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) |
|------------------------------|---|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 4.0±0.8 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 4.4±0.8 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 4.9±1.2 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 4.4±0.7 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 4.2±1.3 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 4.5±1.1 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 3.8±0.7 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 3.8±0.9 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 3.8±0.7 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 4.1±0.8 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 3.5±0.6 |
| 1 กันยายน 2554 | 4.1±0.7 |
| 22 กันยายน 2554 | 4.1±0.7 |
| 29 กันยายน 2554 | 4.6±0.7 |



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของการระเหยอากาศและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาการระบายอากาศ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 38

จากภาพที่ 36-38 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 การระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(4.3 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 27 มกราคม 2554 และ 3 กุมภาพันธ์ และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (3.2 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 และ 24 กุมภาพันธ์ 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 การระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(4.9 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(3.5 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 25 สิงหาคม 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) การระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(4.9 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (3.2 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)ในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ และ 24 กุมภาพันธ์ 2554



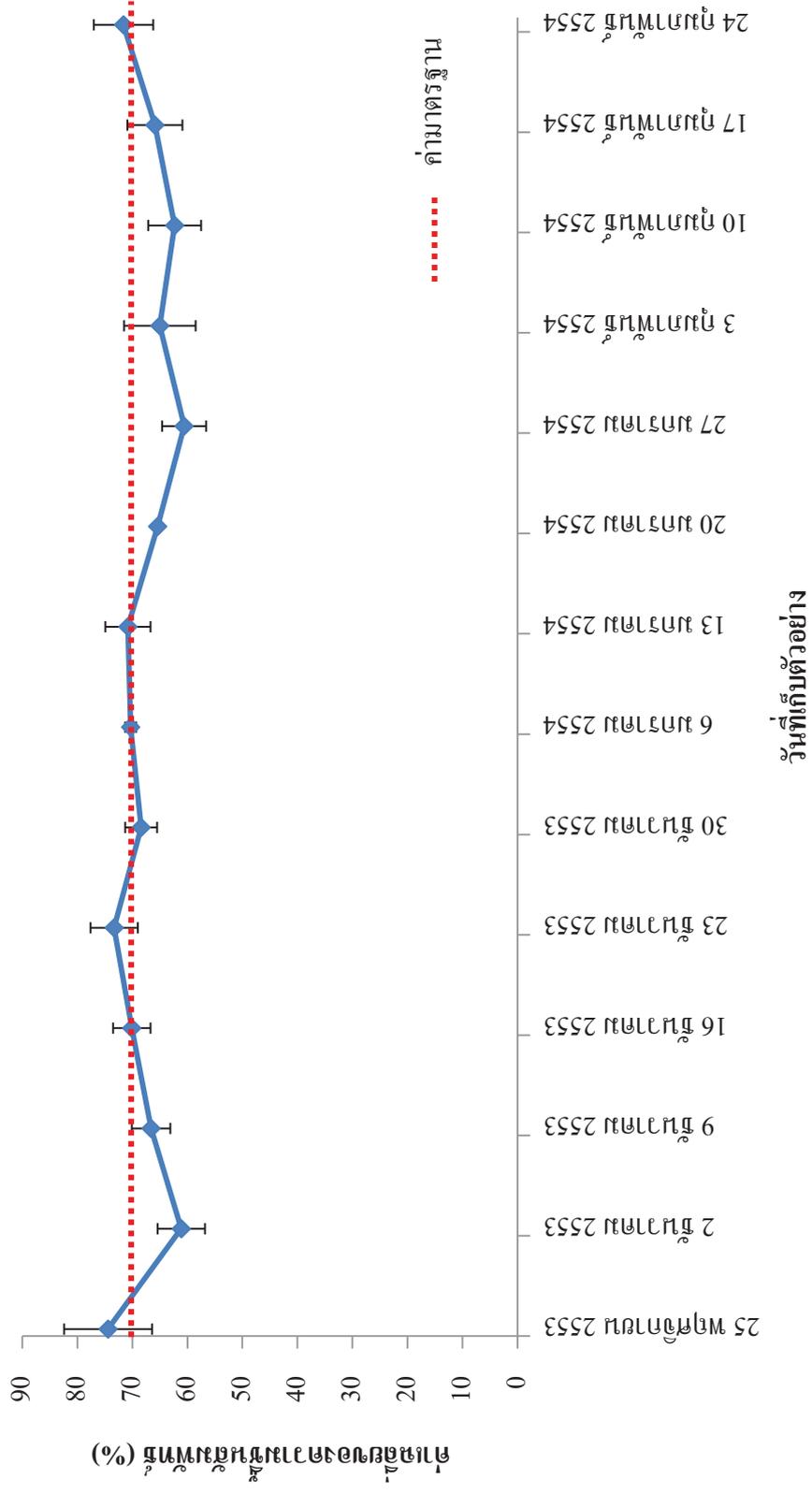
ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของกระบวนอากาศและส่วนเบื้องบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.6 ความชื้นสัมพัทธ์

1) ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 22 และภาพที่ 39

ตารางที่ 22 ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) |
|------------------------------|----------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 25 พฤศจิกายน 2553 | 74.4±8.0 |
| 2 ธันวาคม 2553 | 66.1±4.3 |
| 9 ธันวาคม 2553 | 66.6±3.5 |
| 16 ธันวาคม 2553 | 70.1±3.4 |
| 23 ธันวาคม 2553 | 73.3±4.3 |
| 30 ธันวาคม 2553 | 68.4±2.9 |
| 6 มกราคม 2554 | 70.3±1.0 |
| 13 มกราคม 2554 | 70.8±4.1 |
| 20 มกราคม 2554 | 65.4±0.2 |
| 27 มกราคม 2554 | 60.6±4.0 |
| 3 กุมภาพันธ์ 2554 | 65.0±6.5 |
| 10 กุมภาพันธ์ 2554 | 62.3±4.8 |
| 17 กุมภาพันธ์ 2554 | 65.9±5.0 |
| 24 กุมภาพันธ์ 2554 | 71.6±5.4 |

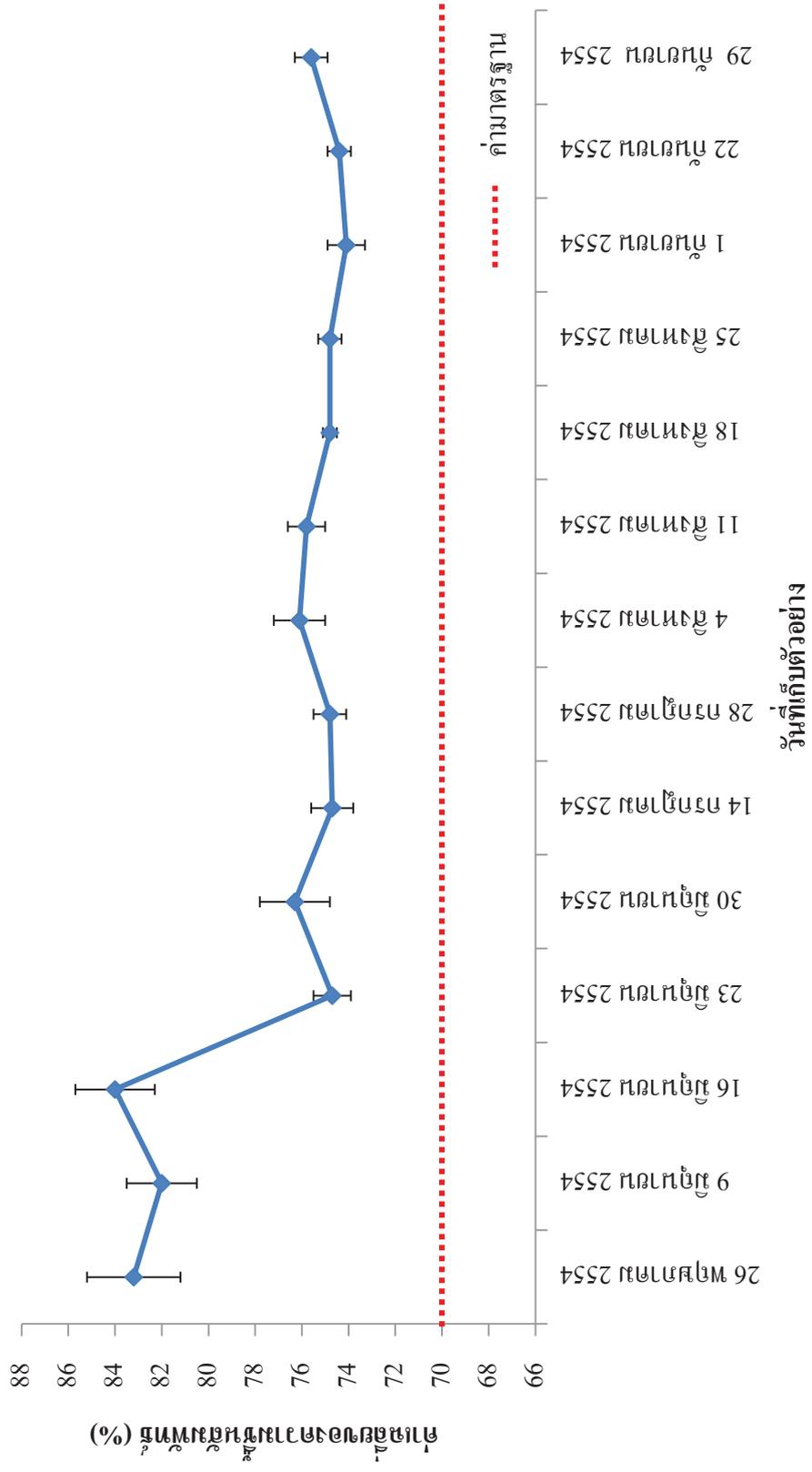


ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความสัมพันธ์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2) ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 23 และภาพที่ 40

ตารางที่ 23 ผลการสำรวจความชื้นสัมพัทธ์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

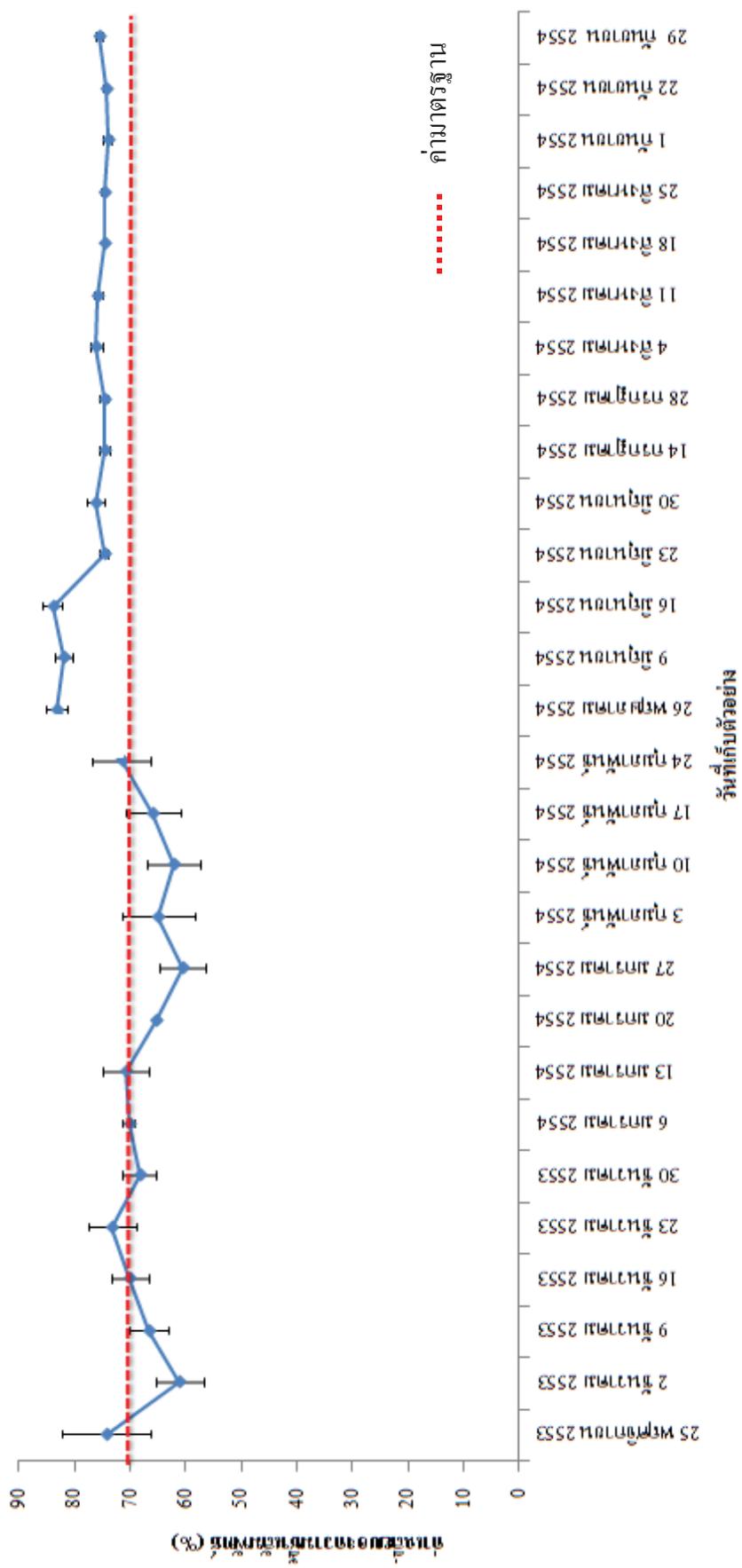
| วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่าง | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) |
|------------------------------|----------------------|
| | $\bar{X} \pm SD$ |
| 26 พฤษภาคม 2554 | 83.2 \pm 2.0 |
| 9 มิถุนายน 2554 | 82.0 \pm 1.5 |
| 16 มิถุนายน 2554 | 84.0 \pm 1.7 |
| 23 มิถุนายน 2554 | 74.7 \pm 0.8 |
| 30 มิถุนายน 2554 | 76.3 \pm 1.5 |
| 14 กรกฎาคม 2554 | 74.7 \pm 0.9 |
| 28 กรกฎาคม 2554 | 74.8 \pm 0.7 |
| 4 สิงหาคม 2554 | 76.1 \pm 1.1 |
| 11 สิงหาคม 2554 | 75.8 \pm 0.8 |
| 18 สิงหาคม 2554 | 74.8 \pm 0.3 |
| 25 สิงหาคม 2554 | 74.8 \pm 0.5 |
| 1 กันยายน 2554 | 74.1 \pm 0.8 |
| 22 กันยายน 2554 | 74.4 \pm 0.5 |
| 29 กันยายน 2554 | 75.6 \pm 0.7 |



ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความถี่สัมพัทธ์แต่ละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554
เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังภาพที่ 41

จากภาพที่ 39-41 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(74.4 %)ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2553 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(60.6 %)ในวันที่ 27 มกราคม 2554 ส่วนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(84.0 %)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(74.1 %)ในวันที่ 1 กันยายน 2554 ซึ่งตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(84.0 %)ในวันที่ 16 มิถุนายน 2554 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(60.6 %)ในวันที่ 27 มกราคม 2554



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับวันที่เก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

2. ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1) ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| พารามิเตอร์ | ค่าจากการสำรวจ $\bar{X} \pm SD$ | ค่ามาตรฐาน |
|---|------------------------------------|-----------------|
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 281.9*±101.3 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ (ลักซ์) | 168.4*±54.0 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 62.6*±6.7 | ไม่เกิน 55 |
| WBGT (°C) | 25.7±1.6 | ไม่เกิน 34 |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 27.8±1.7 | ไม่เกิน 28 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 3.8*±0.8 | ไม่น้อยกว่า 4 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 67.6±6.1 | ไม่เกิน 70 |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย one sample t-test

จากผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 (ตารางที่ 24) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีเพียง 3 พารามิเตอร์เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ WBGT อุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์

2) ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐานในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| พารามิเตอร์ | ค่าจากการสำรวจ $\bar{X} \pm SD$ | ค่ามาตรฐาน |
|---|------------------------------------|-----------------|
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 304.5±71.5 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ (ลักซ์) | 160.0*±37.7 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 61.3*±5.6 | ไม่เกิน 55 |
| WBGT (°C) | 26.4±0.6 | ไม่เกิน 34 |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 30.4*±7.4 | ไม่เกิน 28 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.2±0.9 | ไม่น้อยกว่า 4 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 76.8*±3.5 | ไม่เกิน 70 |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย one sample t-test

จากผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 (ตารางที่ 25) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีเพียง 3 พารามิเตอร์เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ความเข้มของแสงในห้องเรียน WBGT และการระบายอากาศ

3) ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐาน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเมื่อทดสอบด้วย one sample t-test เทียบกับค่ามาตรฐาน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| พารามิเตอร์ | ค่าจากการสำรวจ $\bar{X} \pm SD$ | ค่ามาตรฐาน |
|---|------------------------------------|-----------------|
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 294.2*±87.1 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ (ลักซ์) | 163.9*±46.0 | ไม่น้อยกว่า 300 |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 61.9*±6.1 | ไม่เกิน 55 |
| WBGT (°C) | 26.0±1.2 | ไม่เกิน 34 |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 30.1*±7.1 | ไม่เกิน 28 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.0±0.9 | ไม่น้อยกว่า 4 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 72.6*±6.7 | ไม่เกิน 70 |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างจากค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย one sample t-test

จากผลการสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) (ตารางที่ 26) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีเพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ WBGT และการระบายอากาศ

3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

3.1 ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

1) ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| พารามิเตอร์ | ช่วงเวลาในแต่ละวัน | | | | p-value |
|--|--------------------|-----|------------------|-----|---------|
| | เช้า | | บ่าย | | |
| | Mean \pm SD | n | Mean \pm SD | n | |
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 293.6 \pm 106.4 | 756 | 264.7 \pm 90.7 | 513 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 62.9 \pm 7.3 | 84 | 62.2 \pm 5.7 | 57 | 0.555 |
| WBGT ($^{\circ}$ C) | 25.3 \pm 1.4 | 84 | 26.2 \pm 1.8 | 57 | 0.004* |
| อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}$ C) | 27.5 \pm 1.3 | 84 | 28.4 \pm 2.0 | 57 | 0.003* |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 3.8 \pm 0.8 | 504 | 3.8 \pm 0.8 | 342 | 0.145 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 70.6 \pm 4.8 | 504 | 63.3 \pm 5.0 | 342 | 0.000* |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย t-test

การทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 พบว่าปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง 4 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน WBGT อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์

2) ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| พารามิเตอร์ | ช่วงเวลาในแต่ละวัน | | | | p-value |
|--|--------------------|-----|------------------|-----|---------|
| | เช้า | | บ่าย | | |
| | Mean \pm SD | n | Mean \pm SD | n | |
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 309.2 \pm 76.7 | 756 | 299.9 \pm 65.7 | 756 | 0.012* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 61.9 \pm 6.1 | 84 | 60.7 \pm 5.0 | 84 | 0.155 |
| WBGT ($^{\circ}$ C) | 26.3 \pm 0.6 | 84 | 26.4 \pm 0.5 | 84 | 0.150 |
| อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}$ C) | 30.2 \pm 10.4 | 588 | 30.6 \pm 1.1 | 588 | 0.334 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.2 \pm 1.0 | 504 | 4.1 \pm 0.9 | 504 | 0.110 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 77.6 \pm 3.7 | 504 | 76.0 \pm 3.1 | 504 | 0.000* |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย t-test

การทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 พบว่าปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน และความชื้นสัมพัทธ์

3) ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดง ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| พารามิเตอร์ | ช่วงเวลาในแต่ละวัน | | | | p-value |
|--|--------------------|-------|-----------------|-------|---------|
| | เช้า | | บ่าย | | |
| | Mean \pm SD | n | Mean \pm SD | n | |
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 301.4 \pm 93.1 | 1,512 | 28.5 \pm 78.7 | 1,269 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB(A)) | 62.4 \pm 6.7 | 168 | 61.3 \pm 5.3 | 141 | 0.116 |
| WBGT ($^{\circ}$ C) | 25.8 \pm 1.2 | 168 | 26.3 \pm 1.2 | 141 | 0.000* |
| อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}$ C) | 29.8 \pm 9.8 | 672 | 30.4 \pm 1.4 | 644 | 0.151 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.0 \pm 0.9 | 1,008 | 4.0 \pm 0.9 | 846 | 0.578 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 74.1 \pm 5.6 | 1,008 | 70.9 \pm 7.4 | 846 | 0.000* |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย t-test

การทดสอบปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน (ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่า ปัจจัยช่วงเวลาในแต่ละวันมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง 3 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน WBGT และ ความชื้นสัมพัทธ์

3.2 ผลการทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

1) ผลการทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ผลการทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| พารามิเตอร์ | ฤดูกาล | | | | p-value |
|--|-------------|-------|------------|-------|---------|
| | หนาว | | ฝน | | |
| | Mean ± SD | n | Mean ± SD | n | |
| ความเข้มของแสงในห้องเรียน (ลักซ์) | 281.9±101.3 | 1,269 | 304.5±71.5 | 1,512 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 62.6±6.7 | 141 | 61.3±5.6 | 168 | 0.062 |
| WBGT (°C) | 25.7±1.6 | 141 | 26.4±0.6 | 168 | 0.000* |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 27.8±1.7 | 141 | 30.4±7.4 | 1,175 | 0.000* |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 3.8±0.8 | 846 | 4.2±0.9 | 1,008 | 0.000* |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 67.6±6.1 | 846 | 76.8±3.5 | 1,008 | 0.000* |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย t-test

การทดสอบปัจจัยฤดูกาลที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน (ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่าปัจจัยฤดูกาลมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน 5 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน WBGT อุณหภูมิห้อง การระบายอากาศ และ ความชื้นสัมพัทธ์

3.3 ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน

1) ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แสดงดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| พารามิเตอร์ | ทิศทางการวางตัวของอาคาร | | | | | | p-value |
|---|-------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|---------|
| | เหนือ | | ตะวันออก | | ตะวันตก | | |
| | Mean \pm SD | n | Mean \pm SD | n | Mean \pm SD | n | |
| ความเข้มของแสง (ลักซ์) | 270.9 ^a \pm 94.0 | 423 | 272.7 ^a \pm 106.0 | 414 | 301.5 ^b \pm 101.0 | 432 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 62.8 \pm 5.6 | 47 | 61.7 \pm 6.9 | 46 | 63.4 \pm 7.3 | 48 | 0.464 |
| WBGT ($^{\circ}$ C) | 25.8 \pm 1.5 | 47 | 25.5 \pm 1.7 | 46 | 25.7 \pm 1.7 | 48 | 0.570 |
| อุณหภูมิห้อง ($^{\circ}$ C) | 28.0 \pm 1.6 | 47 | 27.5 \pm 1.6 | 46 | 28.0 \pm 1.8 | 48 | 0.189 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 3.8 ^c \pm 0.8 | 282 | 3.6 ^c \pm 0.8 | 276 | 3.9 ^d \pm 0.9 | 288 | 0.000* |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 67.1 \pm 5.7 | 282 | 67.9 \pm 6.1 | 282 | 67.9 \pm 6.4 | 288 | 0.180 |

หมายเหตุ : * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแถวเดียวกัน (row) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

การทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 พบว่าปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียนและการระบายอากาศ

2) ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 แสดงดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| พารามิเตอร์ | ทิศทางการวางตัวของอาคาร | | | | | | p-value |
|---|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|---------|
| | เหนือ | | ตะวันออก | | ตะวันตก | | |
| | Mean ± SD | n | Mean ± SD | n | Mean ± SD | n | |
| ความเข้มของแสง (ลักซ์) | 343.1 ^c ±73.6 | 504 | 293.2 ^b ±61.0 | 504 | 277.3 ^a ±62.2 | 504 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 60.0 ^d ±3.3 | 56 | 63.4 ^c ±7.1 | 56 | 60.5 ^d ±5.2 | 56 | 0.002* |
| WBGT (°C) | 26.4±0.5 | 56 | 26.4±0.5 | 56 | 26.2±0.6 | 56 | 0.201 |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 31.0±12.8 | 392 | 29.9±1.0 | 392 | 30.1±1.0 | 392 | 0.067 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.2±1.0 | 336 | 4.2±0.8 | 336 | 4.1±0.9 | 336 | 0.425 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 76.6±3.4 | 336 | 77.1±4.0 | 336 | 76.7±3.2 | 336 | 0.209 |

หมายเหตุ : * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแถวเดียวกัน (row) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

การทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 พบว่าปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง 2 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน และ เสียงรบกวน

3) ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) แสดงดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ผลการทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| พารามิเตอร์ | ทิศทางการวางตัวของอาคาร | | | | | | p-value |
|---|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|---------|
| | เหนือ | | ตะวันออก | | ตะวันตก | | |
| | Mean ± SD | n | Mean ± SD | n | Mean ± SD | n | |
| ความเข้มของแสง (ลักซ์) | 310.1 ^b ±90.9 | 927 | 284.0 ^a ±84.9 | 918 | 288.5 ^a ±83.3 | 936 | 0.000* |
| เสียงรบกวน (dB (A)) | 61.3±4.7 | 103 | 62.6±7.0 | 102 | 61.8±6.4 | 104 | 0.282 |
| WBGT (°C) | 26.2±1.1 | 103 | 26.0±1.3 | 102 | 26.0±1.2 | 104 | 0.534 |
| อุณหภูมิห้อง (°C) | 30.8±12.1 | 439 | 29.7±1.3 | 438 | 29.9±1.3 | 439 | 0.055 |
| การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) | 4.0±0.9 | 618 | 3.9±0.8 | 612 | 4.0±0.9 | 624 | 0.155 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (%) | 72.3±6.6 | 618 | 72.9±6.8 | 612 | 72.6±6.6 | 624 | 0.209 |

หมายเหตุ : * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแถวเดียวกัน (row) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

การทดสอบปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน (ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่าปัจจัยทิศทางการวางตัวของอาคารมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพียง พารามิเตอร์เดียวเท่านั้น คือ ความเข้มของแสงในห้องเรียน

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน

4.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนทั้ง 6 พารามิเตอร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ด้วยวิธี Pearson correlation ทั้งหมด 15 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 4 คู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) และ 3 คู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($p < 0.01$) แสดงดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-----|-----------|
| ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 846 | 0.219** |
| WBGTกับอุณหภูมิห้อง | 141 | 0.715** |
| WBGTกับความชื้นสัมพัทธ์ | 141 | - 0.167* |
| การระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ | 846 | - 0.232** |

หมายเหตุ : * ($p < 0.05$) , ** ($p < 0.01$) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Pearson correlation

- แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ

ส่วนพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) มีทั้งหมด 11 คู่ แสดงดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-----|---------|
| ความเข้มของแสงกับเสียง | 141 | - 0.111 |
| ความเข้มของแสงกับ WBGT | 141 | 0.008 |
| ความเข้มของแสงกับอุณหภูมิห้อง | 141 | 0.077 |
| ความเข้มของแสงกับการระบายอากาศ | 846 | - 0.024 |
| เสียงกับ WBGT | 141 | - 0.144 |
| เสียงกับอุณหภูมิห้อง | 141 | - 0.141 |
| เสียงกับการระบายอากาศ | 141 | 0.056 |
| เสียงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 141 | 0.044 |
| WBGT กับการระบายอากาศ | 141 | 0.122 |
| อุณหภูมิห้องกับการระบายอากาศ | 141 | 0.092 |
| อุณหภูมิห้องกับความชื้นสัมพัทธ์ | 141 | - 0.068 |

หมายเหตุ : - แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ

4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนทั้ง 6 พารามิเตอร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ด้วยวิธี Pearson correlation ทั้งหมด 15 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 6 คู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) และ 5 คู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($p < 0.01$) แสดงดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2554 ที่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-------|----------|
| ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,008 | 0.101** |
| เสียงกับWBGT | 168 | 0.409** |
| เสียงกับอุณหภูมิห้อง | 168 | 0.190* |
| WBGTกับอุณหภูมิห้อง | 168 | 0.563** |
| WBGTกับความชื้นสัมพัทธ์ | 168 | -0.465** |
| การระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,008 | 0.165** |

หมายเหตุ : * ($p < 0.05$) , ** ($p < 0.01$) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Pearson correlation

- แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ

ส่วนพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) มีทั้งหมด 9 คู่ แสดงดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2554 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-------|--------|
| ความเข้มของแสงกับเสียง | 168 | 0.137 |
| ความเข้มของแสงกับ WBGT | 168 | 0.025 |
| ความเข้มของแสงกับอุณหภูมิห้อง | 1,175 | 0.005 |
| ความเข้มของแสงกับการระบายอากาศ | 1,008 | -0.005 |
| เสียงกับการระบายอากาศ | 168 | -0.039 |
| เสียงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 168 | -0.143 |
| WBGT กับการระบายอากาศ | 168 | -0.002 |
| อุณหภูมิห้องกับการระบายอากาศ | 1,008 | -0.007 |
| อุณหภูมิห้องกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,008 | -0.026 |

หมายเหตุ : - แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ

4.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียนทั้ง 6 พารามิเตอร์ ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ด้วยวิธี Pearson correlation ทั้งหมด 15 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 3 คู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) และ 0.01 ($p < 0.01$) แสดงดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ที่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-------|---------|
| ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,854 | 0.210** |
| WBGTกับอุณหภูมิห้อง | 309 | 0.666** |
| การระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,854 | 0.107** |

หมายเหตุ : * ($p < 0.05$) , ** ($p < 0.01$) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Pearson correlation

ส่วนพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$) มีทั้งหมด 12 คู่ แสดงดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมในห้องเรียน ภาคเรียนที่ 1
ปีการศึกษา 2554 ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

| พารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบความสัมพันธ์ | n | r |
|-------------------------------------|-------|---------|
| ความเข้มของแสงกับเสียง | 309 | - 0.013 |
| ความเข้มของแสงกับ WBGT | 309 | 0.007 |
| ความเข้มของแสงกับอุณหภูมิห้อง | 1,316 | 0.010 |
| ความเข้มของแสงกับการระบายอากาศ | 1,854 | 0.012 |
| เสียงกับ WBGT | 309 | - 0.033 |
| เสียงกับอุณหภูมิห้อง | 309 | - 0.077 |
| เสียงกับการระบายอากาศ | 309 | 0.019 |
| เสียงกับความชื้นสัมพัทธ์ | 309 | - 0.091 |
| WBGT กับการระบายอากาศ | 309 | 0.087 |
| WBGT กับความชื้นสัมพัทธ์ | 309 | 0.037 |
| อุณหภูมิห้องกับการระบายอากาศ | 1,149 | 0.007 |
| อุณหภูมิห้องกับความชื้นสัมพัทธ์ | 1,149 | 0.048 |

หมายเหตุ : - แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ

5. ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อพารามิเตอร์

5.1 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความเข้มของแสง

5.1.1 ความเข้มของแสงในห้องเรียน

1) ผลของจำนวนหลอดไฟที่เปิดที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน โดยส่วนใหญ่ (97%) เปิดหน้าต่างครบทุกบาน แสดงดังตารางที่ 40

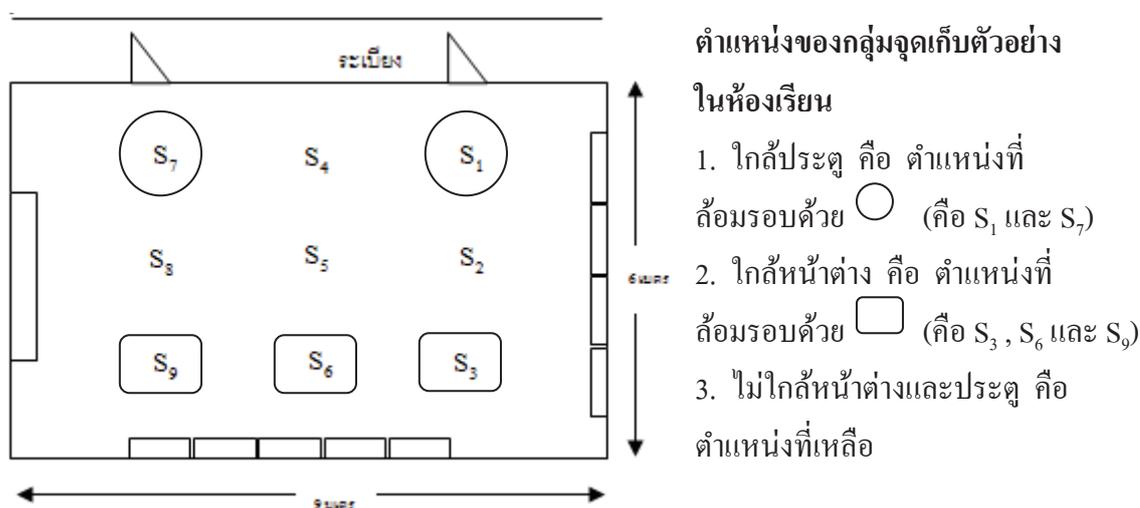
ตารางที่ 40 จำนวนหลอดไฟที่เปิดที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน

| จำนวนหลอดไฟที่เปิด | N | ความเข้มของแสง (ลักซ์) |
|--------------------|-------|---------------------------|
| | | $\bar{X} \pm SD$ |
| 0 | 82 | 191.7 ^a ±72.5 |
| 2 | 18 | 218.4 ^a ±107.4 |
| 4 | 153 | 221.4 ^a ±73.9 |
| 5 | 9 | 214.2 ^a ±56.5 |
| 6 | 1,007 | 300.2 ^b ±90.0 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันซึ่งอยู่ท้ายตัวเลขในคอลัมน์เดียวกัน (column) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 40 พบว่าจำนวนหลอดไฟที่เปิดมีผลต่อความเข้มของแสง โดยเปิดไฟทั้งหมด 6 ดวง จะทำให้ความเข้มของแสงได้ตามมาตรฐาน (300-500 ลักซ์)

2) ผลของตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน แสดงดังภาพที่ 42 และ ตารางที่ 41-43



ภาพที่ 42 แผนผังแสดงตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนในการวิจัยนี้

ตารางที่ 41 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่ไม่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียน | N | ความเข้มของแสง (ลักซ์) $\bar{X} \pm SD$ |
|---|-----|--|
| ใกล้เคียงประตู | 259 | 287.4 \pm 110.5 |
| ใกล้เคียงหน้าต่าง | 423 | 289.1 \pm 107.4 |
| ไม่ใกล้เคียงประตูและหน้าต่าง | 587 | 274.3 \pm 91.8 |

หมายเหตุ : พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 41 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 เมื่อห้องเรียนส่วนใหญ่ (97%)เปิดหน้าต่างครบทุกบาน ตำแหน่งในห้องเรียนมีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน โดยบริเวณใกล้หน้าต่างมีความเข้มของแสงมากที่สุด (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 289.1 ลักซ์) ส่วนบริเวณที่มีความเข้มของแสงในห้องเรียนน้อยที่สุด คือ บริเวณไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 274.3 ลักซ์)

ตารางที่ 42 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่าง ในห้องเรียน | N | ความเข้มของแสง (ลักซ์) $\bar{X} \pm SD$ |
|---|-----|--|
| ใกล้ประตู | 308 | 301.0 ^b ±68.9 |
| ใกล้หน้าต่าง | 504 | 312.2 ^{a,b} ±76.5 |
| ไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง | 700 | 300.6 ^a ±68.6 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน(column)แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 42 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เมื่อห้องเรียนทุกห้องเปิดหน้าต่างครบทุกบาน พบว่าทุกกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างมีค่าความเข้มของแสงได้ตามมาตรฐานทั้งหมดและตำแหน่งในห้องเรียนมีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน โดยบริเวณใกล้หน้าต่างมีความเข้มของแสงมากที่สุด (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 312.2 ลักซ์) และได้ตามมาตรฐาน ส่วนบริเวณที่มีความเข้มของแสงในห้องเรียนน้อยที่สุด คือ บริเวณไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 300.6 ลักซ์) และผ่านมาตรฐาน

ตารางที่ 43 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่มีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่าง ในห้องเรียน | N | ความเข้มของแสง (ลักซ์) $\bar{X} \pm SD$ |
|---|-------|--|
| ใกล้ประตู | 567 | 294.8 ^{a,b} ±90.5 |
| ใกล้หน้าต่าง | 927 | 301.7 ^b ±92.6 |
| ไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง | 1,287 | 288.6 ^a ±81.0 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน (column) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 43 พบว่าตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ตำแหน่งในห้องเรียนมีผลต่อความเข้มของแสงในห้องเรียน โดยบริเวณใกล้หน้าต่างมีความเข้มของแสงมากที่สุด (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 301.7 ลักซ์) และได้ตามมาตรฐาน ส่วนบริเวณที่มีความเข้มของแสงในห้องเรียนน้อยที่สุด คือ บริเวณไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง (ความเข้มของแสงมีค่าเฉลี่ย 288.6 ลักซ์)

5.1.2 ความเข้มของแสงหน้ากระดาน

1) ผลของประเภทของกระดานที่มีผลต่อความเข้มของแสงหน้ากระดาน แสดงดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ผลของประเภทของกระดานที่มีผลต่อความเข้มของแสงหน้ากระดาน

| ประเภทของกระดาน | N | ความเข้มของแสง (ลักซ์) $\bar{X} \pm SD$ |
|-----------------|-----|--|
| กระดานดำ | 202 | 163.9 ^a ±46.0 |
| กระดานไวท์บอร์ด | 404 | 180.8 ^b ±67.5 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน(column)แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย t-test

จากตารางที่ 44 พบว่าประเภทของกระดานมีผลต่อความเข้มของแสงหน้ากระดาน โดยหน้ากระดานไวท์บอร์ดมีความเข้มของแสงมากกว่าหน้ากระดานดำ

5.2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการระบายอากาศ

1) ผลของจำนวนพัดลมที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศเมื่อห้องเรียนส่วนใหญ่ (97%) เปิดหน้าต่างครบทุกบาน แสดงดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ผลของจำนวนพัดลมที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ

| จำนวนพัดลมที่เปิด | n | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) $\bar{X} \pm SD$ |
|-------------------|-----|---|
| 0 | 18 | 3.4 ^a ±0.5 |
| 1 | 390 | 3.8 ^b ±0.9 |
| 2 | 438 | 3.9 ^b ±0.8 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน(column)แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 45 พบว่าจำนวนพัดลมที่เปิดมีผลต่อการระบายอากาศ โดยจำนวนพัดลมที่เปิดเพิ่มขึ้นทำให้การระบายอากาศเพิ่มขึ้นตามลำดับ

2) ผลของจำนวนหน้าต่างที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศเมื่อจำนวนห้องเรียนที่เปิดพัดลม 2 ตัว : 1 ตัว : 0 ตัว มีค่าเป็น 52 : 46 : 2 แสดงดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 ผลของจำนวนหน้าต่างที่เปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ

| จำนวนหน้าต่างที่เปิด (%) | n | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) $\bar{X} \pm SD$ |
|--------------------------|-------|---|
| 81.25 | 42 | 3.4 ^a ±0.7 |
| 87.50 | 12 | 4.1 ^b ±1.2 |
| 100.00 | 1,800 | 4.0 ^b ±0.9 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน(column)แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 42 พบว่าจำนวนหน้าต่างที่เปิดมีผลต่อการระบายอากาศ โดยหากเปิดหน้าต่าง 87.50 – 100.00 % จะทำให้การระบายอากาศได้ตามมาตรฐาน

3) ผลของตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่มีผลต่อการระบายอากาศ แสดงดังตารางที่ 47-49

ตารางที่ 47 ผลของตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่ไม่มีผลต่อการระบายอากาศ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

| ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่าง ในห้องเรียน | N | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) $\bar{X} \pm SD$ |
|---|-----|---|
| ใกล้ประตู | 305 | 3.8±0.9 |
| ใกล้หน้าต่าง | 282 | 3.8±0.8 |
| ไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง | 259 | 3.7±0.8 |

หมายเหตุ : ตำแหน่งในตารางที่ 47 แสดงไว้ในภาพที่ 42 ซึ่งพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 47 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนไม่มีผลต่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 48 ผลของตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่มีผลต่อการระบายอากาศ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

| ตำแหน่งในห้องเรียน | N | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) $\bar{X} \pm SD$ |
|-------------------------|-----|---|
| ใกล้ประตู | 308 | 4.0 ^a ±0.9 |
| ใกล้หน้าต่าง | 336 | 4.3 ^b ±1.0 |
| ไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง | 364 | 4.1 ^{ab} ±0.8 |

หมายเหตุ : ตำแหน่งในตารางที่ 48 แสดงไว้ในภาพที่ 42

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์เดียวกัน(column)แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 48 พบว่าในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนมีผลต่อการระบายอากาศ โดยบริเวณที่มีการระบายอากาศสูงสุด คือ บริเวณใกล้หน้าต่าง (การระบายอากาศมีค่าเฉลี่ย 4.3 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²) และบริเวณที่มีการระบายอากาศต่ำสุด คือ บริเวณใกล้ประตู (การระบายอากาศมีค่าเฉลี่ย 4.0 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร²)

ตารางที่ 49 ผลของตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนที่ไม่มีผลต่อการระบายอากาศ ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

| ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่าง ในห้องเรียน | N | การระบายอากาศ (เมตร ³ /ชั่วโมง/เมตร ²) $\bar{X} \pm SD$ |
|---|-----|---|
| ใกล้ประตู | 567 | 4.0±0.9 |
| ใกล้หน้าต่าง | 618 | 4.1±1.0 |
| ไม่ใกล้ประตูและหน้าต่าง | 669 | 4.0±0.8 |

หมายเหตุ : ตำแหน่งในตารางที่ 49 แสดงไว้ในภาพที่ 42 ซึ่งพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อทดสอบด้วย ANOVA และ Tukey HSD

จากตารางที่ 49 พบว่าในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียนไม่มีผลต่อการระบายอากาศ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

1 สรุป

1.1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553

การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 พบว่าโดยรวมส่วนใหญ่ไม่ได้ตามมาตรฐานโดยความเข้มของแสงในห้องเรียน ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ เสียงรบกวน และการระบายอากาศ มีค่าเฉลี่ยและค่า SD เป็น 281.9 ± 101.3 ลักซ์ 168.4 ± 54.0 ลักซ์ 62.6 ± 6.7 dB (A) และ 3.8 ± 0.8 เมตร³/ชั่วโมง/เมตร² ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน คือ ช่วงเวลาในแต่ละวัน และทิศทางการวางตัวของอาคารโดยในช่วงเช้ามีค่าความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าในช่วงบ่าย ส่วนค่า WBGT และอุณหภูมิห้องในช่วงเช้ามีค่าน้อยกว่าในช่วงบ่าย อีกทั้งพบว่าความเข้มของแสงในห้องเรียนและการระบายอากาศในห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันตกจะมีค่ามากกว่าห้องเรียนที่อยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออก

การศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มี 4 คู่ ได้แก่ ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ WBGT กับอุณหภูมิห้อง WBGT กับความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มี 3 คู่ ได้แก่ ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ WBGT กับอุณหภูมิห้อง และการระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์

ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน ได้แก่ จำนวนหลอดไฟที่เปิด และจำนวนพัดลมที่เปิด โดยต้องเปิดไฟครบทุกดวงจึงจะทำให้ความเข้มของแสงในห้องเรียนได้ตามมาตรฐานและต้องเปิดพัดลมทุกตัวจึงจะทำให้การระบายอากาศได้ตามมาตรฐาน

1.2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 พบว่าโดยรวมส่วนใหญ่ไม่ได้ตามมาตรฐานโดยความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ เสียงรบกวน อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยและค่า SD เป็น 160.0 ± 37.7 ลักซ์ 61.3 ± 5.6 dB (A) 30.4 ± 7.4 °C และ 76.8 ± 3.5 % ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน คือ ช่วงเวลาในแต่ละวัน และทิศทางการวางตัวของอาคารโดยในช่วงเช้ามีค่าความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าในช่วงบ่าย อีกทั้งพบว่าความเข้มของแสงในห้องเรียนที่อยู่ทางทิศเหนือจะมีค่ามากกว่าห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก และเสียงรบกวนในห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันออกมีค่ามากกว่าห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันตกและทิศเหนือ

การศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 6 คู่ (ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ เสียงกับ WBGT เสียงกับอุณหภูมิห้อง WBGT กับอุณหภูมิห้อง WBGT กับความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์) และที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 5 คู่ (ความเข้มของแสงกับความชื้นสัมพัทธ์ เสียงกับ WBGT เสียงกับอุณหภูมิห้อง WBGT กับความชื้นสัมพัทธ์ และการระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์)

ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน คือ ตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่าง โดยพบว่าบริเวณใกล้หน้าต่าง มีความเข้มของแสงและการระบายอากาศมากกว่าบริเวณอื่น ๆ (บริเวณใกล้ประตูและบริเวณอื่น ๆ ที่เหลือ ซึ่งไม่ใกล้หน้าต่างและไม่ใกล้ประตู)

1.3 ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554)

การสำรวจสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่าโดยรวมส่วนใหญ่ไม่ได้ตามมาตรฐานโดยค่าความเข้มของแสงในห้องเรียน ความเข้มของแสงหน้ากระดานดำ เสียงรบกวน อุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าเฉลี่ยและค่า SD เป็น 294.2 ± 87.1 ลักซ์ 163.9 ± 46.0 ลักซ์ 61.9 ± 6.1 dB(A) 30 ± 7 °C และ 73 ± 6 % ตามลำดับ ในขณะที่ค่ามาตรฐานกำหนดค่าเหล่านี้ไว้ตามลำดับดังนี้ 300-500 ลักซ์ 300 ลักซ์ 55 dB(A) $24-28$ °C และ 20-70 %

ปัจจัยที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน คือ ช่วงเวลาในแต่ละวัน ฤดูกาล และทิศทางการวางตัวของอาคาร โดยในช่วงเช้ามีค่าความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าในช่วงบ่าย ส่วนค่า WBGT ในช่วงบ่ายมากกว่าในช่วงเช้า อีกทั้งพบว่าความเข้มของแสงในฤดูหนาวมีค่าน้อยกว่าในฤดูฝน ส่วนค่า WBGT อุณหภูมิห้อง การระบายอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูหนาว นอกจากนี้พบว่าความเข้มของแสงในห้องเรียนที่อยู่ทางทิศเหนือจะมีค่ามากกว่าห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของแสงขึ้นอยู่กับจำนวนหลอดไฟที่เปิดและตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บในห้องเรียน โดยความเข้มของแสงในห้องเรียนจะได้ตามมาตรฐานต้องเปิดไฟให้ครบทุกดวง นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าการระบายอากาศขึ้นอยู่กับจำนวนพัดลมที่เปิด จำนวนหน้าต่างที่เปิด และตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บในห้องเรียน โดยค่าการระบายอากาศจะได้ตามมาตรฐานต้องเปิดพัดลมครบทุกตัว (2 ตัว) และเปิดหน้าต่าง 87.5 – 100 %

การศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่ามีพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เพียง 3 คู่ คือ แสงกับความชื้นสัมพัทธ์ WBGT กับอุณหภูมิห้อง และการระบายอากาศกับชื้นสัมพัทธ์

2 อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาในอดีตเรื่องความเข้มของแสงในห้องเรียนส่วนใหญ่พบว่าไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) ที่ไม่ได้มาตรฐานซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ที่ภายในห้องเรียนที่สำรวจมีการเปิดไฟไม่ครบทุกดวง เปิดหน้าต่างไม่ครบทุกบาน ทำให้ค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ไม่ได้ตามมาตรฐาน แต่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ภายในห้องเรียนมีการเปิดไฟครบทุกดวง เปิดหน้าต่างครบทุกบาน จึงทำให้ความเข้มของแสงในห้องเรียนได้ตามมาตรฐาน จากการศึกษาของสุวิศิษฐ์ (2544) ที่ศึกษาระดับเสียงรบกวนในห้องเรียน 4 โรงเรียน ในเขตเทศบาลนครขอนแก่น พบว่าค่าเฉลี่ยเสียงรบกวนใน 1 ชั่วโมง มีค่าเป็น 62.4 – 74.5 dB (A) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิจัยครั้งนี้ที่ศึกษาในโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ที่พบว่าระดับเสียงรบกวนเฉลี่ยมีค่าเป็น 61.9±6.1 dB (A)

ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดว่าภายในห้องเรียนที่เปิดหน้าต่าง ควรมีระดับเสียงรบกวนไม่เกิน 55 dB (A) (Huang , 2005) ค่าความแตกต่างของเสียงขณะมีการเรียนการสอนจากเสียงรบกวนมีค่าเป็น 9.8 และ 8.9 dB (A) ในช่วงเช้าและช่วงบ่ายตามลำดับ แต่ Prakash et al. (2011) อ้างว่า American Speech-Language-Hearing Association แนะนำว่า signal-to-noise ratio ในห้องเรียนควรมีค่าน้อย 15 dB (A) แต่สภาพห้องเรียนดังกล่าวเป็นห้องเรียนที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งปิดประตูและหน้าต่างจึงแตกต่างจากสภาพห้องเรียนในการวิจัยครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม Apte et al. (2005) การที่จะสามารถได้ยินเสียงพูดชัดเจนต้องมีค่าสูงกว่าระดับเสียงรบกวนประมาณ 10 dB (A) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

นอกจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์(ศิลปวิทยาคม) ได้แก่ ช่วงเวลาในแต่ละวัน ฤดูกาล และทิศทางการวางตัวของอาคาร

ช่วงเวลาในแต่ละวันมีอิทธิพลต่อความเข้มของแสงทำให้ในช่วงเช้ามีความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าในช่วงบ่าย WBGT ในช่วงบ่ายมากกว่าในช่วงเช้า ซึ่งจากการสังเกตพบว่าช่วงบ่ายมีห้องเรียน 21%ของห้องเรียนที่สำรวจไม่เปิดไฟหรือเปิดไฟไม่ครบทุกดวง ในขณะที่ช่วงเช้ามีพฤติกรรมดังกล่าวเพียง 11 % จึงเป็นสาเหตุให้ความเข้มของแสงในห้องเรียนช่วงบ่ายมีค่าลดลงกว่าในช่วงเช้า อีกทั้งด้านนอกของห้องเรียนที่สำรวจทุกห้องเป็นสนามหญ้าและต้นไม้ ดังนั้นในช่วงเช้าจึงมีความชื้นจากน้ำค้างมากกว่าในช่วงบ่าย ส่วนในช่วงบ่ายมีการสะสมความร้อนที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า WBGT และอุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าช่วงเช้า

ฤดูกาลมีอิทธิพลให้ในฤดูหนาวมีความเข้มของแสงน้อยกว่าในฤดูฝน เนื่องมาจากฤดูหนาวเปิดไฟไม่ครบทุกดวงและเปิดหน้าต่างไม่ครบทุกบาน แต่ในฤดูฝนเปิดทั้งไฟและหน้าต่างครบ ส่วน WBGT อุณหภูมิห้อง การระบายอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูหนาว เนื่องมาจากในฤดูฝนจะมีปริมาณไอน้ำในอากาศมากจึงทำให้ WBGT อุณหภูมิห้อง การระบายอากาศและความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากขึ้นด้วย

ทิศทางการวางตัวของอาคารตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) มีอิทธิพลต่อความเข้มของแสงโดยห้องเรียนที่อยู่ทิศเหนือมีความเข้มของแสงมากกว่าห้องเรียนที่อยู่ทางทิศตะวันออกและตะวันตก เนื่องจากอาคารทางทิศเหนือได้รับแสงแดดทั้งด้านหน้าและด้านหลังอาคารตลอดทั้งวัน ส่วนอาคารทางทิศตะวันออกและตะวันตกจะได้รับแสงเพียงด้านเดียวและได้รับแสงเพียงครึ่งวันเท่านั้น

ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนที่ทำการศึกษา ได้แก่ จำนวนหลอดไฟที่เปิด จำนวนพัดลมที่เปิด จำนวนหน้าต่างที่เปิด และตำแหน่งของกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างในห้องเรียน โดยความเข้มของแสงในห้องเรียนจะได้ตามมาตรฐานก็ต่อเมื่อเปิดไฟครบทุกดวงและเปิดหน้าต่างอย่างน้อย 87.5 % เนื่องจากจะช่วยให้ความเข้มของแสงที่ผ่านเข้ามาทางหน้าต่างรวมกับความเข้มของแสงจากหลอดไฟได้ระดับความเข้มของแสงที่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าบริเวณที่ใกล้หน้าต่างมีความเข้มของแสงมากกว่าบริเวณอื่น (บริเวณใกล้ประตู และบริเวณอื่น ๆ ที่เหลือในห้องเรียน)

การระบายอากาศในห้องเรียนจะได้ตามมาตรฐานต้องเปิดหน้าต่างอย่างน้อย 87.5 % และเปิดพัดลมครบทุกตัว (2 ตัว/ห้องเรียน) เนื่องจากจะช่วยให้การระบายอากาศได้ดีขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าบริเวณที่ใกล้กับหน้าต่างที่มีการระบายอากาศมากกว่าบริเวณอื่น ๆ (บริเวณใกล้ประตูและบริเวณอื่น ๆ ที่เหลือในห้องเรียน)

อีกทั้งจากการวิจัยครั้งนี้จะพบว่ากระดานไวท์บอร์ดจะมีค่าเฉลี่ยของแสงหน้ากระดานมากกว่ากระดานดำ เนื่องจากกระดานไวท์บอร์ดสะท้อนแสงได้ดีกว่ากระดานดำ

นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554) พบว่ามีพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เพียง 3 คู่ คือ WBGT กับอุณหภูมิห้อง และการระบายอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องมาจากสภาพในห้องเรียนจะมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งออกมากับการหายใจออกจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องซึ่งเป็นที่โล่งและมีต้นไม้ จึงทำให้เกิดการระบายอากาศจากภายนอกห้องเรียนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามาภายในห้องเรียนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงพัดพาเอาไอน้ำจากภายนอกห้องเรียนที่มีมากกว่าเข้ามาภายในห้องเรียน ส่วนแสงกับความชื้นสัมพัทธ์พบว่าแปรผันตามกัน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นเพื่อให้สามารถสังเกตความสัมพันธ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนของโรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) พบว่าควรปรับปรุงเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1) เรื่องเสียงรบกวนในห้องเรียน เนื่องจากพฤติกรรมการเรียนการสอน วิชาที่นักเรียนต้องมีการอ่านออกเสียงดังพร้อมกัน เช่น การท่องอาขยาน ในวิชาภาษาไทย การอ่านเอาเรื่อง และ

การท่องสูตรคุณ เป็นต้น ทำให้มีระดับเสียงรบกวนส่งต่อห้องเรียนข้างเคียงจึงควรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรเรียนการสอนดังกล่าว โดยควรสุ่มให้ผู้เรียนอ่านเป็นรายบุคคลน่าจะเหมาะสมกว่า เนื่องจากจะช่วยลดระดับเสียงรบกวนได้มาก และช่วยให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านออกเสียงของนักเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สำหรับผู้เรียนบางคนนี้อาจยังปฏิบัติได้ไม่ดีพอ ผู้สอนอาจช่วยแนะนำเพิ่มเติมให้ผู้เรียนดังกล่าวนอกเวลาเรียนตามปกติ

2) ความเข้มของแสงในห้องเรียนควรปรับปรุงให้ได้ตามมาตรฐานโดยควรเปิดไฟฟ้าให้ครบทุกดวง และเปิดหน้าต่างอย่างน้อย 87.5 % รวมถึงอาจเพิ่มกำลังไฟฟ้าในกรณีที่มีสิ่งอื่นมาบดบังทำให้ความเข้มของแสงลดลงมากกว่าในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

3) การระบายอากาศควรปรับปรุงโดยเปิดหน้าต่างอย่างน้อย 87.5 % และควรเปิดพัดลมทุกตัว (2 ตัว/ห้องเรียน)

4) อุณหภูมิห้องที่ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่แนะนำ ควรปรับปรุงแก้ไขโดยการช่วยระบายอากาศเพิ่ม เช่น การเพิ่มจำนวนพัดลมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว ควรเปิดพัดลมเพิ่มมากกว่า 2 ตัว/ห้องเรียน ซึ่งการติดพัดลมเพิ่มควรติดด้านผนังหรือเสาภายในห้องเรียน รวมทั้งเป็นพัดลมที่หมุนได้รอบด้าน

5) ความชื้นสัมพัทธ์ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่แนะนำ ควรปรับปรุงแก้ไขโดยหากเพิ่มการระบายอากาศจะมีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงด้วย

6) การวิจัยในครั้งต่อไปควรทำการศึกษาสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนในปีการศึกษาเดียวกัน เพื่อให้สภาพภายในห้องเรียนมีความใกล้เคียงกัน ทั้งจำนวนผู้เรียน กลุ่มวิชาที่สอนในห้องเรียนเดิมทั้งสองภาคการศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ผลการวิจัยมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

นอกจากนี้หากสามารถทำการวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง ก็น่าจะช่วยอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน. 2549. **แนวปฏิบัติตามกฎหมายกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง**. สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน, กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **คู่มือวัดเสียงรบกวน**. ส่วนมลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือน สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2537. **ความรู้อุตุนิยมวิทยา**. แหล่งที่มา: <http://www.weather.go.th/info/info.php?FileID=22> , 20 ตุลาคม พ.ศ. 2551.
- จารุณี เข้มพิลา. 2549. **การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบระบายอากาศของอาคารผนังสองชั้นโดยเทคนิคคำนวณพลศาสตร์ของไหล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ฉันท ชาติทอง. 2552. **การจัดการชั้นเรียน ห้องเรียนแห่งความสุข**. เพชรเกษมการพิมพ์, กรุงเทพฯ. หน้า 63-73.
- น้ำผึ้ง สายหงส์. 2550. **แนวทางการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนสื่อผสม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ประดับ นาคแก้ว และ ดาวลัย เสริมบุญสุข. 2553. **วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. บริษัท ซี.วี.แอล. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. หน้า 193-195.
- ปัทมา หงษ์เผือก. 2540. **การศึกษาสภาพแสงสว่างในห้องเรียนของอาคารเรียนรวมในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปฎิคม พงษ์ประเสริฐ. 2550. **การศึกษาการจัดสภาพแวดล้อมและการบริการในโรงเรียนเทศบาลสังกัดเทศบาลเมืองนครนายก**. สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย. 2522. **พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522**. แหล่งที่มา: <http://intranet.dwr.go.th/bwrd/060-miscellaneous/A8.2522.pdf>, 14 ธันวาคม พ.ศ. 2554.
- พัชรดา โสมดี. 2546. **ปรากฏการณ์แห่งแสงในสถาปัตยกรรม กรณีศึกษาการออกแบบพื้นที่อยู่อาศัยจังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- ภานุวัฒน์ จีงศรีพิชญ์. 2545. ปริมาณความเข้มของแสงสว่างในห้องเรียนของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลนครขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วาสนา บัวเขียว. 2548. การศึกษาระดับเสียงบริเวณริมถนนเขตมหาวิทยาลัยนเรศวร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิทยา บุญรอด. 2550. ระดับเสียงรบกวนจากพื้นที่ปฏิบัติงาน กรณีศึกษาสาขางานเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สกุลรัตน์ กมูทมาศ. 2550. การบริหารงานตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงของผู้บริหารสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 3. แหล่งที่มา : http://www.sakoolrat.com/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=4, 25 ตุลาคม พ.ศ. 2553
- สุวิศิษฎ์ ช่างทอง. 2544. ระดับเสียงรบกวนในสภาวะแวดล้อมโรงเรียนในเขตเทศบาลนครขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักกฎหมาย กระทรวงมหาดไทย. 2553. กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. แหล่งที่มา : http://www.dpt.go.th/wan/lawdpt/data/02/111_23_230637_15.pdf, 8 ธันวาคม พ.ศ. 2553.
- อนงศ์ สุวรรณชัยสกุล. 2550. การออกแบบและการประเมินการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในบ้านพักอาศัยด้วยอิทธิพลของการใช้ช่องเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เอมอัชฌา วัฒนบูรานนท์. 2548. ความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ. หน้า 101.
- Acoustical Performance Criteria , Design Requirements and Guidelines for Schools (ASA). 2002. ANSI S12.60-2002. Acoustical Society of America . Melville, NY 11747. pp. 4-7.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE). 1996. **Standard 55-1996: Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta. pp. 85-101.
- Apte, M.G., Michael Spears, Chi-Ming Lai and Derek G. Shendell. 2005. Improving indoor environmental quality and energy performance of modular classroom HVAC systems. Available Source : <http://etd.lbl.gov/ie/pdf/LBNL-57277.pdf>, 26 March 2011.

- Clements-Croome, D.J., H.B. Awbi, Zs Bako-Biro, N. Kochhar and M. Williams. 2008. Ventilation rates in schools. **Building and Environment** 43: 362–367.
- Huang, ZY. 2005. The study of the physical indoor environment for primary school classrooms in Kaohaiung, Taiwan. M.S.thesis, Graduate Institute of Architecture, National Cheng Kung University, Taiwan.
- Illumination Engineering Society (IES). 1983. **The Lighting Handbok**. Illumination Engineering Society, New York, NY .10005-4001.
- Ismail, M., N.Z. Mohd Sofian and A.M. Abdullab . 2010. Indoor air quality in selected samples of primary schools in Kuala Terengganu, Malaysia. **Environment Asia** 3 (special issue) : 103-108.
- Kurnitski, Jarek. 2007. Indoor climate and ventilation in finnish schools air distribution and temperature control in classrooms. **Revha Journal** 6 : 15-22.
- Khedari, Joseph, Nuparb Yamtraipat , Naris Pratintong and Jongjit Hirunlabh. 2000. Thailand ventilation comfort chart. **Energy and Buildings** 32 : 245–249.
- Marzuki, Ismail , Nur Zafirah Mohd Sofian and Ahmad Makmon Abdullah. 2010. Indoor air quality in selected samples of primary schools in Kuala Terengganu, Malaysia. **Environment Asia** 3: 103-108.
- Parkash, SGR, R Rangasayee and P Jeethendra. 2011. Low cost assistive noise level indicator for facilitating the learning environment of school going children with hearing disability in inclusive educational setup. **Indian Journal of Science and Technology** 4 (11) : 1495-1504.
- Rachel, B., Itamar Goldbergera and Monica Paciuk. 2007. Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation. **Building and Environment** 42 : 3261-3276.
- Wang, Zhaojun, Lin Zhang, Jianing Zhao and Yanan He. 2010. Thermal comfort for naturally ventilated residential buildings in Harbin. **Energy and Buildings** 42 : 2406-2415.
- Wong, Nyuk Hien and Jan Wy Leng Seow. 2003. Total building performance evaluation of academic institution in Singapore. **Building and Environment** 38 :161 – 176.

World Health Organization (WHO). 1999. Executive Summary, pp. vii - xviii. In Berglund
Birgitty, Lindvall Thomas and H. Schwela Dietrich, eds. **Guidelines for
Community noise**. World Health Organization, Geneva.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกาญจน์ ศรีสวัสดิ์
 ที่อยู่ 230 ถนนเกษตรสิน ตำบลลำพญา อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัด
 นครปฐม 73000
 โทรศัพท์ 084-0202436 , 081-9418624
 E-mail address pinky_itsaret@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
 สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
 พ.ศ. 2551 ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
 คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2551-2553 ครูสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินีบูรณะ จังหวัดนครปฐม
 พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน ครูผู้ช่วย โรงเรียนวัดหนองโพธิ์ (ศิลปวิทยาคม) จังหวัดนครปฐม