

# รายงานฉบับสุดท้าย

## โครงการ การวิจัยประยุกต์ ประกอบการออกแบบ อาคารประหยัดพลังงาน

เสนอต่อ  
กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน  
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



โดย  
รศ.ดร. ชุนทร บุญญาธิการ  
ผศ.ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์  
สถาบันวิจัยพลังงาน  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ  
วธ 15  
009464  
ธ.1



26 กรกฎาคม 2539

เล่มที่ 1

# รายงานฉบับสุดท้าย

## โครงการ

การวิจัยประยุกต์ ประกอบการออกแบบ

อาคารประหยัดพลังงาน



เสนอต่อ

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



โดย

รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ

ผศ.ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

สถาบันวิจัยพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



26 กรกฎาคม 2539

เล่มที่ 1

ร.ร. ๓.๓. 2548

I18350604

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยการสนับสนุนจากกองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ซึ่งได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการวิจัย โครงการนี้ โครงการวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานนี้ มีบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.ปิยสวัสดิ์ อมรมนน์ และ ดร.พงศ์พิสิษฐ์ วิเศษกุล ซึ่งได้ให้ความสนับสนุนมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำโครงการวิจัยต้องขอขอบคุณ ดร.ประเทศ สุตะบุตร ดร.อิทธิ พิษเขนทรโยธิน และคุณปราโมทย์ เอี่ยมศิริ รวมทั้ง ศ.ดร.จรวช บุญยุบล และ รศ.ดร.กุลธร ศิลปบรรเลง ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการวิจัยด้วยดีมาตลอด

คณะผู้จัดทำโครงการต้องขอขอบคุณสถานทูตเดนมาร์กเป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาส่งผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ Mr. Poul E. Kristensen Mr.Henrik Sorensen และ Ms.Christina E. Madsen เข้ามามีส่วนร่วมสนับสนุนและให้คำปรึกษาในงานวิจัยโครงการนี้

นอกเหนือจากบุคคลดังกล่าวข้างต้น โครงการวิจัยนี้ยังเป็นพื้นฐานของการเริ่มต้นศึกษาของนิสิตระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคารอีกหลายท่าน ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ คือ คุณวิชัย อธิรัฐสกุล คุณแอนก ธีระวิวัฒน์ชัย คุณโชติวิทย์ พงษ์เสริมผล คุณสิทธิชัย วุฒิวรวงศ์ คุณรัชช ชมภูนิช คุณกาญจนา สิริภัทรวิช คุณสมประสงค์ จำปาทุม คุณสุภัทร สราญเลิศ คุณกนกวรรณ อุสันโน และคุณกรัง กุลชาติ ซึ่งเป็นผู้ช่วยวิจัยในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น อีกทั้งยังได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากคุณรวิช ควรประเสริฐ และ คุณเฉลิมพงศ์ นัยวัฒน์ ซึ่งเป็นผู้จัดการด้านการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ  
หัวหน้าโครงการวิจัย

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้คือการวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำประโยชน์จากระบบธรรมชาติมาใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นรวมถึงแนวทางในการประยุกต์ข้อมูลที่ได้เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติซึ่งเป็นอาคารสาธิตการอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ในการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าตัวแปรสำคัญที่จำเป็นต้องทราบมากที่สุดที่จะนำไปใช้ในการออกแบบอาคารดังกล่าวคือ อิทธิพลของ ดิน ไม้ ดิน น้ำ และ แสงธรรมชาติ ที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาปรับปรุงคัดแปลงและประยุกต์ใช้กับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานดังกล่าว

ขบวนการวิจัยทดลองและวิเคราะห์ได้ทำไปพร้อมๆกับการออกแบบและการประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารด้วยระบบคอมพิวเตอร์(COMPUTER SIMULATION) ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์วิจัยในเรื่องดังกล่าวจึงเป็นหัวใจสำคัญในการแสวงหาข้อมูลที่จะป้อน (INPUT) ให้กับการประเมินค่าการใช้พลังงานโดยวิธีจำลองสภาพอาคารด้วยคอมพิวเตอร์(COMPUTER SIMULATION) เพื่อศึกษาหาวิธีการประหยัดพลังงานภายในอาคารตัวอย่างอย่างละเอียด โดยใช้การวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประเมินผลการวิจัยให้สามารถสร้างตัวอย่างของอาคารประหยัดพลังงานที่สมบูรณ์ได้ในที่สุด

จากผลงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรหลายตัวที่สำคัญ เช่น ความลึก-ดินของน้ำมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิน้ำมีความแตกต่างกันได้ถึง  $4^{\circ}\text{C}$  ดินที่ผิวมีการปรับแต่งสภาพบางลักษณะมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิดินลดลงถึง  $3^{\circ}\text{C}$  จากปกติ วัสดุผิวทางเดินเมื่อเทียบกับสนามหญ้าพบว่าอิทธิพลทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันถึง  $10^{\circ}\text{C}$  และการใช้ช่องเปิดด้านบนช่วยให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ลึกถึง 8 เมตร รวมถึงการใช้ช่องเปิดเหนืออาคารส่วนที่เป็นโดมก็ช่วยประหยัดการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินในช่วงเวลากลางวันไปได้มาก

อิทธิพลดังกล่าวเป็นส่วนประกอบซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในการวิจัยขั้นสุดท้ายข้อมูลต่างๆเหล่านี้จึงได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ และทำการวิเคราะห์โดยการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานลงได้มากกว่า 50 % เมื่อเทียบกับอาคารที่มีมาตรฐานในการก่อสร้างโดยทั่วไป นั่นคือสามารถลดภาระการทำความเย็นให้กับอาคารลงมากดังจะพบ่าใช้ปริมาณเครื่องปรับอากาศเพียงประมาณ 63 ตร.ม. / ดัน และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของ พรบ.อนุรักษ์พลังงาน (OTTV) เพียง 18 วัตต์ / ตร.ม. (คิดเป็นเพียง 40% ตามที่กำหนดไว้) งานวิจัยนี้จึงนับเป็นก้าวแรกที่ทำให้เกิดอาคารอนุรักษ์พลังงาน ที่มีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับภูมิภาคในเขตร้อนชื้น

## ABSTRACT

The principle purpose of this project is to conduct a research on factors, their influence relating to applying natural elements in the design of an energy efficiency building appropriate for hot, humid climate. The knowledge gained from this study has been utilized in designing The Energy Conserving Building which is the demonstration showcase building of the Department of Energy Development and Promotion (DEDP). In the primary study, it is found that the most essential factors for hot and humid climate are the influences of trees, soil, water bodies, and natural daylight. After gaining of the factor impact, information was adapted and applied for the computer program toward the design of the DEDP Energy Conserving Building.

Processes of the experimental research and analysis was conducted simultaneously with those of the design and computer simulation, helping evaluate energy consumption and find innovative ways for energy efficiency. Researching these topics, therefore, is a vital study because the data gained became the input for computer simulation.

From this research, Information concerning the influence of many factors relating to energy conserving techniques were found. They are that the difference of water dept can make different water temperature up to  $4^{\circ}\text{C}$ , that soil under different surface treatments can reduce soil temperature down to  $3^{\circ}\text{C}$  from normal, that some paving materials can cause different air temperature to  $10^{\circ}\text{C}$  compared with the lawn, that skylight window can allow natural daylight come into the building to 8 meter far from outside wall, and that the skylight above dome structure can reduce using artificial lighting system at circulation area during daytime a great deal.

The information about these influences relates to energy consumption in buildings and, consequently, were applied to the design of DEDP's Energy Conserving Building in the last step of this research. Using computer simulation, it is found that energy consumption in the building can be reduced more than 50% compared with average typical buildings in Thailand. That means the cooling load of the building can be reduced to 63 sq.m./ton, while the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) of the building is only 18 w./sq.m. (equal to 40% of the standard value). This research is the first step of innovating the energy conserving building which is best appropriate for this hot and humid region.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	
ตอนที่ 1 บทนำ : โครงการ การวิจัยประยุกต์ ประกอบการออกแบบ	
อาคารประหยัดพลังงาน	0-0
1    ความเป็นมาของโครงการวิจัย	0-1
2    วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	0-2
3    ระเบียบวิธีวิจัย	0-3
4    ขอบเขตของการวิจัย	0-4
5    ประโยชน์ของโครงการวิจัย	0-4
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ศึกษาวิจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน	1-0
บทที่ 1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ	
ที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร	
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1-1
1.2 กระบวนการและเทคนิคในการวิจัย	1-2
1.1 การเลือกสถานที่	1-2
1.1.1 สถานที่ที่ทำการศึกษา	1-2
1.2 การติดตั้งเครื่องมือ	1-9
1.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	1-9
1.2.2 วิธีการทดลอง	1-9
1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	1-15
1.3.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นผิว	
ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-16
1.3.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง	
1 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-18

## สารบัญ

	หน้า
1.3.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 2 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-20
1.3.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆของ บริเวณผิวคอนกรีตของลานจอดรถ	1-23
1.3.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆบริเวณดิน โลง	1-26
1.3.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆของบริเวณสนามหญ้า	1-31
1.3.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณต้นไม้ที่ระดับต่างๆ	1-35
1.3.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-39
1.3.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก1.0 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-42
1.3.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 2.0 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-44
1.3.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆบริเวณใต้ต้นไม้	1-48
1.3.12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก ต่างๆบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง	1-50
1.3.13 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก ต่างๆบริเวณดิน โลงกลางแจ้ง	1-52
1.3.14 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึก ต่างๆในสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้	1-57
1.3.15 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึก ต่างๆในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งบริเวณสนามหญ้า	1-59
1.3.16 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาด ต่างๆที่ระดับความสูง 0.10 เมตร	1-65
1.3.17 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณ เหนือลม-ใต้ลมของสระน้ำ	1-69
1.3.18 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณ เหนือลม-ใต้ลมของสนามหญ้า	1-73

## สารบัญ

	หน้า
1.3.19 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณ เหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ	1-77
1.4 สรุปผลการวิจัย	
สรุปผลขั้นตอนที่ 1	1-81
สรุปผลขั้นตอนที่ 2	1-83
สรุปผลขั้นตอนที่ 3	1-86
การประยุกต์ใช้งาน	1-87
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	1-89
บรรณานุกรมบทที่ 1	1-93
บทที่ 2 การศึกษาเรื่องการนำความเย็นจากดินมาใช้	2-1
2.1 จุดประสงค์ของการศึกษา	2-1
2.2 กระบวนการและเทคนิคที่ใช้ในการวิจัย	2-2
2.2.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	2-2
2.2.2 การออกแบบอาคารทดลอง	2-2
2.2.3 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล	2-3
2.2.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา	2-3
2.3 การเก็บข้อมูลและการประเมินผล	2-5
2.3.1 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยกตลอด 48 ชั่วโมง	2-6
2.3.2 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยก และหญ้าแห้งตลอด 48 ชั่วโมง	2-27
2.3.3 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยก และดินเปี้ยกตลอด 48 ชั่วโมง	2-47
2.3.4 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยก และดินแห้งตลอด 48 ชั่วโมง	2-68
2.3.5 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยก และพีชคลุมดินตลอด 48 ชั่วโมง	2-89



## สารบัญ

	หน้า
2.3.6 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และทรายตลอด 48 ชั่วโมง	2-109
2.4 สรุปผลการทดลองและการประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ	2-122
2.4.1 บทสรุป	2-122
2.4.2 การประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ	2-126
<b>บรรณานุกรมบทที่ 2</b>	2-135
<b>บทที่ 3 การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร</b>	3-1
3.1 จุดประสงค์และสมมุติฐานของการวิจัย	3-1
3.1.1 จุดประสงค์ของการวิจัย	3-1
3.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย	3-1
3.2 การวิเคราะห์เบื้องต้น	3-2
3.3 วิธีการทดลอง	3-4
3.2.1 หุ่นจำลองโดม	3-4
3.2.2 หุ่นจำลองส่วนสำนักงาน	3-4
3.4 ผลการทดลองกับหุ่นจำลองโดมและการวิเคราะห์ผล	3-12
3.4.1 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ในสภาพท้องฟ้าจริง	3-12
3.4.2 การทดลองที่ชั้น GROUND ใน SKYDOME ภายใต้ UNIFORM SKY	3-23
3.4.3 การทดลองที่ชั้น GROUND ในสภาพท้องฟ้าจริง	3-26
3.5 ผลการทดลองกับหุ่นจำลองส่วนสำนักงานและการวิเคราะห์ผล	3-35
3.4.1 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ในSKYDOME ภายใต้ UNIFORM SKY	3-35
3.4.2 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ในสภาพท้องฟ้าจริง	3-38
3.4.3 การทดลองที่ชั้น GROUND ใน SKYDOME ภายใต้ UNIFORM SKY	3-49
3.4.4 การทดลองที่ชั้น GROUND ในสภาพท้องฟ้าจริง	3-57

## สารบัญ

	หน้า
3.6 การจำลองสภาพการส่องสว่างภายในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	3-68
3.6.1 การทำ COMPUTER SIMULATION สำหรับ โถงใต้ดินชั้น BASEMENT	3-68
3.6.2 การทำ COMPUTER SIMULATION สำหรับส่วนสำนักงาน	3-68
3.7 สรุปผลการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร	3-69
บรรณานุกรมบทที่ 3	3-71
บทที่ 4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์	4-1
บรรณานุกรมบทที่ 4	4-8
ตอนที่ 3 บทสรุปของงานวิจัย	5-0
บทที่ 5 บทสรุปของงานวิจัย	
5.1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร	5-1
5.1.1 สรุปผลการวิจัยจากการทดลอง	5-2
5.1.2 ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้กับอาคาร เทคโนธานีเฉลิมพระเกียรติ	5-5
5.2 การนำความเย็นจากดินมาใช้	5-7
5.2.1 สรุปผลการวิจัย	5-9
5.2.2 ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้กับอาคาร เทคโนธานีเฉลิมพระเกียรติ	5-11
5.3 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคารอนุรักษ์พลังงาน	5-13
5.3.1 พื้นที่ส่วนสำนักงาน	5-13
5.3.2 พื้นที่โถงทางเดิน	5-15
5.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยคอมพิวเตอร์	5-16

## สารบัญ

	เล่ม
ภาคผนวก ก	2
การจำลองสภาวะทางแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	
ภาคผนวก ข	2
การจำลองสภาวะทางแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	
ภาคผนวก ค	3
การวิเคราะห์ผลโดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม DOE 2.1 D	
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	
ภาคผนวก ง	3
การวิเคราะห์ผลโดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม DOE 2.1 D	
อาคารมาตรฐานตาม พรบ. อนุรักษ์พลังงาน	
ภาคผนวก จ	3
การวิเคราะห์ผลโดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม DOE 2.1 D	
อาคารทั่วไป	

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขที่	๑๓
	๗๑ 15
เลขทะเบียน	009464
วัน,เดือน,ปี	(ค.ศ.) 8 ต.ค. 41

## สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีสระน้ำที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิดินและน้ำ	1-4
รูปที่ 1-2	สภาพแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้งบริเวณสนามหญ้าและมีสระน้ำที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิดินและน้ำ	1-4
รูปที่ 1-3	สภาพแวดล้อมที่ดินโล่งกลางแจ้งและมีสระน้ำที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิดินและน้ำ	1-5
รูปที่ 1-4	สภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีตบริเวณลานจอดรถที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ	1-5
รูปที่ 1-5	ภาพต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ	1-6
รูปที่ 1-6	ภาพต้นไม้ขนาดกลางที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ	1-6
รูปที่ 1-7	ภาพพุ่มไม้ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ	1-7
รูปที่ 1-8	สภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ศึกษาเรื่องลมที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ	1-7
รูปที่ 1-9	สภาพแวดล้อมที่เป็นสระน้ำขนาดใหญ่ที่ใช้ศึกษาเรื่องลมที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ	1-8
รูปที่ 1-10	สภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีตบริเวณลานจอดรถที่ใช้ศึกษาเรื่องลมที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ	1-8
รูปที่ 1-11	แสดงการฝังท่อ PVC ที่ติดตั้งสาย THERMOCOUPLE ลงไปในพื้นดิน	1-10
รูปที่ 1-12	แสดงการติดตั้งสาย THERMOCOUPLE ในน้ำ	1-11
รูปที่ 1-13	แสดงการป้องกันค่า RADIATION โดยติดแผ่นโฟมเหนือปลายของสาย THERMOCOUPLE	1-11
รูปที่ 1-14	แสดงการอ่านค่าอุณหภูมิโดยต่อสายของ SELECTOR SWITCH เข้ากับเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิชนิด MICROPROCESSOR THERMOMETER	1-12
รูปที่ 1-15	แสดงการอ่านค่าความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือของ TESTO รุ่น TESTO 491	1-12
รูปที่ 1-16	แสดงการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ชนิด THERMO-HYDRY	1-13
รูปที่ 1-17	แสดงการวัดแสงโดยใช้ LIGHT METER	1-13

## สารบัญรูป(ต่อ)

			หน้า
รูปที่	1-18	แสดงสภาพท้องฟ้าในวันเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล	1-14
รูปที่	1-19	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-15
รูปที่	1-20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับพื้นผิวตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-16
รูปที่	1-21	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับพื้นผิวตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-17
รูปที่	1-22	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.00 ม. ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน	1-19
รูปที่	1-23	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.00 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน	1-19
รูปที่	1-24	แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 2 เมตร ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-21
รูปที่	1-25	แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 2 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-21
รูปที่	1-26	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 2.00 เมตร ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-22
รูปที่	1-27	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของลานจอดรถ	1-24
รูปที่	1-28	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในบริเวณลานจอดรถ ที่ระดับต่าง ๆ	1-25
รูปที่	1-29	แผนภูมิแท่งแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของบริเวณดินโล่ง	1-28
รูปที่	1-30	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งกลางแจ้ง ที่ระดับต่าง ๆ	1-30
รูปที่	1-31	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง ที่ระดับต่าง ๆ	1-32
รูปที่	1-32	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่าง ๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง	1-33

## สารบัญรูป(ต่อ)

			หน้า
รูปที่	1-33	แผนภูมิแท่งแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับต่าง ๆ ของบริเวณใต้ต้นไม้	1-36
รูปที่	1-34	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ที่ระดับต่าง ๆ	1-37
รูปที่	1-35	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดิน ที่ระดับความลึก 0.50 ม ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-40
รูปที่	1-36	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดิน ที่ระดับความลึก 0.50 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันกับอุณหภูมิอากาศ	1-41
รูปที่	1-37	แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 1.00 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-42
รูปที่	1-38	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดิน ที่ระดับความลึก 1.00 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันกับอุณหภูมิอากาศ	1-43
รูปที่	1-39	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 2.00 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-45
รูปที่	1-40	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 2.00 ม. สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันกับอุณหภูมิอากาศ	1-46
รูปที่	1-41	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ต้นไม้	1-48
รูปที่	1-42	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆใต้ต้นไม้	1-49
รูปที่	1-43	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง	1-50
รูปที่	1-44	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง	1-51
รูปที่	1-45	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในบริเวณดินโล่งกลางแจ้ง	1-52
รูปที่	1-46	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณดินโล่งกลางแจ้งกับอุณหภูมิอากาศ	1-53
รูปที่	1-47	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 1.00 เมตร และ อุณหภูมิดินลึก 0.50 เมตร บริเวณใต้ต้นไม้	1-54

## สารบัญรูป(ต่อ)

			หน้า
รูปที่	1-48	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับ 1.00 เมตร และอุณหภูมิดินลึก 0.50 เมตร บริเวณดินโล่งกลางแจ้ง	1-56
รูปที่	1-49	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับ ความลึกต่างๆ ได้ต้นไม้	1-57
รูปที่	1-50	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ ได้ต้นไม้	1-58
รูปที่	1-51	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับ ความลึกต่างๆ บริเวณกลางแจ้ง สนามหญ้า	1-59
รูปที่	1-52	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณ กลางแจ้ง	1-60
รูปที่	1-53	ต้นไม้ขนาดใหญ่	1-63
รูปที่	1-54	ต้นไม้ขนาดกลาง	1-63
รูปที่	1-55	พุ่มไม้	1-64
รูปที่	1-56	การวัดอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมใต้ต้นไม้	1-64
รูปที่	1-57	การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าปริมาณแสงอาทิตย์	1-65
รูปที่	1-58	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด ใต้ต้นไม้ขนาดต่างๆ	1-66
รูปที่	1-59	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่างๆ ( 27-29 มิ.ย. 2539 )	1-67
รูปที่	1-60	แสดงค่าอุณหภูมิของพุ่มไม้ขนาดต่างๆ	1-68
รูปที่	1-61	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมสระน้ำที่ ระดับต่างๆ ( 24-26 มิ.ย. 2539 )	1-70
รูปที่	1-62	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดบริเวณ เหนือลม-ใต้ลมสระน้ำที่ระดับต่างๆ	1-71
รูปที่	1-63	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเหนือลม-ใต้ลมสระน้ำ ที่ระดับความสูง 2.0 ม.	1-72
รูปที่	1-64	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเหนือลม-ใต้ลมบริเวณ สนามหญ้าที่ระดับต่างๆ ( 24-26 มิ.ย. 2539 )	1-74
รูปที่	1-71	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณเหนือลม-ใต้ลม ของสนามหญ้า	1-75

## สารบัญรูป(ต่อ)

			หน้า
รูปที่	1-66	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเหนือลม-ใต้ลมบริเวณสนามหญ้าที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1-76
รูปที่	1-67	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ (27-29 มิย. 39)	1-78
รูปที่	1-68	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ	1-79
รูปที่	1-69	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ	1-80
รูปที่	2-1	แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปือก 48 ชั่วโมง	2-7
รูปที่	2-2	แสดงตำแหน่งการติดตั้ง SENSOR	2-9
รูปที่	2-3	การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิกระเปาะเปือก	2-10
รูปที่	2-4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกันกับอุณหภูมิกระเปาะเปือก	2-11
รูปที่	2-5	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาคาร	2-12
รูปที่	2-6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปือก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปือก	2-15
รูปที่	2-7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปือก อุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นหญ้าเปือก	2-16
รูปที่	2-8	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปือกทั้ง 4 ทิศ	2-17
รูปที่	2-9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปือก และอุณหภูมิที่ผิวผนังได้ดินลึก 0.60 ม. ของผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปือกทางทิศใต้	2-18



## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิที่ผิวผนัง ใต้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศเหนือของผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-18
รูปที่ 2-11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนัง ภายนอกที่ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดิน ที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-19
รูปที่ 2-12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิที่ผิวผนัง ใต้ดินลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วย หญ้าเปียก	2-19
รูปที่ 2-13	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินแต่ละทิศ	2-20
รูปที่ 2-14	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศได้ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	2-23
รูปที่ 2-15	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายใน และภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิใต้ดินทางทิศได้ ที่ระดับต่าง ๆ	2-24
รูปที่ 2-16	แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง 48 ชั่วโมง	2-26
รูปที่ 2-17	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-28
รูปที่ 2-18	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับ แตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-29
รูปที่ 2-19	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคาร	2-30
รูปที่ 2-20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายใน และภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-32
รูปที่ 2-21	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายใน และภายนอก และอุณหภูมิผิวผนังภายในที่ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วย หญ้าเปียก	2-33
รูปที่ 2-22	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็น หญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ	2-34

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-23	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่สูง 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นหิ้ง	2-37
รูปที่ 2-24	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นหิ้ง	2-38
รูปที่ 2-25	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิที่ผิวผนังได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหิ้งเปียกและหิ้งแห้งทางทิศใต้	2-40
รูปที่ 2-26	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหิ้งเปียกและหิ้งแห้ง	2-40
รูปที่ 2-27	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหิ้งเปียกและหิ้งแห้ง	2-41
รูปที่ 2-28	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันตก ระหว่างดินที่ปกคลุมด้วยหิ้งเปียกและหิ้งแห้ง	2-41
รูปที่ 2-29	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้ดินทางทิศใต้ที่ระดับต่าง ๆ	2-44
รูปที่ 2-30	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	2-46
รูปที่ 2-31	แสดงผลการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหิ้งเปียกและดินเปียก 48 ชั่วโมง	2-48
รูปที่ 2-32	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-50
รูปที่ 2-33	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-52

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-34	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาคาร	2-53
รูปที่ 2-35	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-55
รูปที่ 2-36	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิผิวผนังภายในที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเปียก	2-56
รูปที่ 2-37	แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ	2-57
รูปที่ 2-38	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่สูง 0.40 ม. ที่ผิวดินภายนอกเป็นดินเปียก	2-58
รูปที่ 2-39	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นดินเปียก	2-59
รูปที่ 2-40	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวผนังที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก	2-61
รูปที่ 2-41	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศเหนือระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก	2-61
รูปที่ 2-42	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันออกระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก	2-62
รูปที่ 2-43	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตก ระหว่างหญ้าเปียกและดินเปียก	2-62

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-44	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้ดินทางทิศใต้ที่ระดับต่าง ๆ	2-65
รูปที่ 2-45	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	2-66
รูปที่ 2-46	แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง 48 ชั่วโมง	2-69
รูปที่ 2-47	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-70
รูปที่ 2-48	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-71
รูปที่ 2-49	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาคาร	2-72
รูปที่ 2-50	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิมิวนั่งภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-73
รูปที่ 2-51	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิมิวนั่งภายในที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเปียก	2-74
รูปที่ 2-52	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิมิวนั่งภายในอาคารที่สูง 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นดินแห้ง	2-75
รูปที่ 2-53	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิมิวนั่งภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นดินแห้ง	2-76
รูปที่ 2-54	แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ	2-78

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-55	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวหนังได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เปียกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้งทางทิศใต้	2-80
รูปที่ 2-56	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวหนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง	2-81
รูปที่ 2-57	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิผิวหนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง	2-84
รูปที่ 2-58	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวหนังที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตกระหว่างหญ้าเปียกและดินแห้ง	2-85
รูปที่ 2-59	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้ดินทางทิศใต้ที่ระดับต่าง ๆ	2-86
รูปที่ 2-60	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	2-88
รูปที่ 2-61	แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และพีชตุ้มดิน 48 ชั่วโมง	2-90
รูปที่ 2-62	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-92
รูปที่ 2-63	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกันกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก	2-93
รูปที่ 2-64	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาคาร	2-94
รูปที่ 2-65	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวหนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-96

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-66	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิมิวผนังภายในที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเปียก	2-97
รูปที่ 2-67	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิมิวผนังภายในอาคารที่สูง 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นพีชคลุมดิน	2-99
รูปที่ 2-68	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิมิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นพีชคลุมดิน	2-100
รูปที่ 2-69	แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ	2-101
รูปที่ 2-70	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและ อุณหภูมิมิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพีชคลุมดิน	2-102
รูปที่ 2-71	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิมิวผนังที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตก ระหว่างหญ้าเปียกและพีชคลุมดิน	2-103
รูปที่ 2-72	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิมิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศใต้ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมหญ้าเปียกและพีชคลุมดิน	2-104
รูปที่ 2-73	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิมิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพีชคลุมดิน	2-105
รูปที่ 2-74	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิดินทางทิศใต้ ที่ระดับต่าง ๆ	2-106
รูปที่ 2-75	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ	2-107

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2-76	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกได้ดินลึก 0.60 ม. กับ N/W,N/E,S/W,S/E	2-110
รูปที่ 2-77	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกได้ดินลึก 0.60 ม. กับ N/W,N/E,S/W,S/E	2-111
รูปที่ 2-78	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในและภายนอกอาคารได้ทรายลึก 0.60 ม. ทางทิศ S/W	2-113
รูปที่ 2-79	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิที่ผิวภายในและภายนอกอาคารได้ทรายลึก 0.60 ม. ทางทิศ S/E	2-113
รูปที่ 2-80	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศเหนือที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน	2-114
รูปที่ 2-81	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศใต้	2-116
รูปที่ 2-82	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันออกที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน	2-118
รูปที่ 2-83	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตกที่ถมด้วยดินที่ต่างกัน	2-120
รูปที่ 3-1	แสดงระดับความจำที่สายตายอมรับได้ในทิศทางต่าง ๆ	3-3
รูปที่ 3-2	แสดงผังพื้นหุ่นจำลอง โคมชั้น BASEMENT และแนวการวัดแสงในสภาพท้องฟ้าจริง	3-5

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3-3	แสดงผังพื้นที่หุ่นจำลองโดมชั้น GROUND และแนวการวัดแสงใน SKYDOME	3-5
รูปที่ 3-4	แสดงผังพื้นที่หุ่นจำลองโดมชั้น GROUND และแนวการวัดแสงในสภาพท้องฟ้าจริง	3-6
รูปที่ 3-5	แสดงรูปตัดหุ่นจำลองโดม และแนวการวัดแสง	3-6
รูปที่ 3-6	แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองโดม	3-7
รูปที่ 3-7	แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองโดม	3-7
รูปที่ 3-8	แสดงวิธีการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ่นจำลองโดม	3-8
รูปที่ 3-9	แสดงวิธีการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ่นจำลองโดม	3-8
รูปที่ 3-10	แสดงผังพื้นที่หุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT และแนวการวัดแสง	3-9
รูปที่ 3-11	แสดงผังพื้นที่หุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น GROUND และแนวการวัดแสง	3-9
รูปที่ 3-12	แสดงรูปตัดหุ่นจำลองส่วนสำนักงาน	3-10
รูปที่ 3-13	แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองส่วนสำนักงานด้านหน้า	3-10
รูปที่ 3-14	แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองส่วนสำนักงานด้านหลัง	3-11
รูปที่ 3-15	แสดงหน้าค่างด้านข้างของชั้น GROUND และช่องแสงด้านของชั้น BASEMENT	3-11
รูปที่ 3-16	แสดงทัศนียภาพบรรยากาศภายในหุ่นจำลองทดสอบแสงธรรมชาติชั้นสำนักงาน	3-12
รูปที่ 3-17	แสดงทัศนียภาพบรรยากาศภายในหุ่นจำลองทดสอบแสงธรรมชาติชั้นต่ำกว่าระดับดิน	3-12
รูปที่ 3-18	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดมชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น	3-18
รูปที่ 3-19	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนผังพื้นที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-19
รูปที่ 3-20	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดมชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น	3-20



## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3-21	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-21
รูปที่ 3-22	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น	3-22
รูปที่ 3-23	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-23
รูปที่ 3-24	แผนภูมิแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ชั้น GROUND เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-26
รูปที่ 3-25	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-32
รูปที่ 3-26	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-33
รูปที่ 3-27	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-34
รูปที่ 3-28	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ	3-35
รูปที่ 3-29	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-38
รูปที่ 3-30	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 8: 00 น.	3-45
รูปที่ 3-31	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 10: 00 น.	3-46

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3-32	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 12: 00 น.	3-47
รูปที่ 3-33	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 14: 00 น.	3-48
รูปที่ 3-34	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 16: 00 น.	3-49
รูปที่ 3-35	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานจากหน้าต่างด้านข้าง เมื่อพื้นและผนังมีสีต่างๆกัน	3-54
รูปที่ 3-36	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานจากช่องแสงด้านบนเมื่อพื้นและผนังมีสีต่างๆกัน	3-55
รูปที่ 3-37	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานจากหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบนเมื่อพื้นและผนังมีสีต่างๆกัน	3-56
รูปที่ 3-38	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานจากช่องแสงด้านบนเมื่อพื้นและผนังมีสีอ่อน	3-57
รูปที่ 3-39	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น GROUND ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 8:00 น.	3-64
รูปที่ 3-40	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น GROUND ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 10:00 น.	3-6
รูปที่ 3-41	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น GROUND ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 12:00 น.	3-66
รูปที่ 3-42	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น GROUND ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 14:00 น.	3-67
รูปที่ 3-43	แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงาน ชั้น GROUND ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา 16:00 น.	3-68
รูปที่ 4-1	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ	4-6
รูปที่ 4-2	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ	4-7

## สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 5-1	แสดงอุณหภูมิอากาศในบริเวณสนามหญ้าในทิศทางเหนือลมและใต้ลม	5-3
รูปที่ 5-2	แสดงอุณหภูมิอากาศในบริเวณลานจอดรถเทียบเคียงกับอุณหภูมิอากาศ ในบริเวณใกล้เคียงกัน	5-3
รูปที่ 5-3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก	5-4
รูปที่ 5-4	แสดงการใช้ความชื้นจากสภาพแวดล้อมในอาคารเทคโนโลยี	5-6
รูปที่ 5-5	แสดงการวิจัยอิทธิพลสภาพผิวดิน	5-7
รูปที่ 5-6	แสดงการวิจัยอิทธิพลความชื้นในดิน	5-7
รูปที่ 5-7	แสดงการวิจัยอิทธิพลจากคุณสมบัติของความสามารถใน การเก็บกักความชื้นของดิน	5-7
รูปที่ 5-8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวผนัง ได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืช คลุมดินทางทิศใต้	5-10
รูปที่ 5-9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวผนัง ได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง ทางทิศใต้	5-10
รูปที่ 5-10	แสดงการนำความชื้นจากดินมาประยุกต์ใช้ในอาคารเทคโนโลยี เฉลิมพระเกียรติ	5-12
รูปที่ 5-11	แสดงปริมาณแสงภายในอาคารที่ได้จากหน้าต่างด้านข้างของ อาคารทั่วไป เปรียบเทียบระหว่างกระจกที่มีค่าการตัดแสงมาก กับกระจกที่มีค่าการตัดแสงน้อย	5-13
รูปที่ 5-12	แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากหน้าต่างด้านข้าง	5-14
รูปที่ 5-13	แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากช่องแสงด้านบน	5-14
รูปที่ 5-14	แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากหน้าต่างด้านข้าง และช่องแสง ด้านบนร่วมกัน	5-14
รูปที่ 5-15	แสดงถึงปริมาณแสงธรรมชาติภายในได้โคมที่ชั้น Ground และชั้น Basement	5-15
รูปที่ 5-16	แสดงถึงปริมาณการทำความเย็นต่อเดือน โดยประมาณ ของอาคารทั้ง 3 แบบ	5-17

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเดือน โดยประมาณ  
ของอาคารทั้ง 3 แบบ

5-18



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในบริเวณสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน	1-15
ตารางที่ 1-2	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูง 1.00 ม. ในบริเวณสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน	1-18
ตารางที่ 1-3	แสดงค่าอุณหภูมิก๊าซสูงสุด-ต่ำสุด ระดับ 2 เมตร ในบริเวณที่มี สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-20
ตารางที่ 1-4	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของลานจอดรถ	1-23
ตารางที่ 1-5	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของบริเวณดินโล่ง	1-26
ตารางที่ 1-6	แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ที่ระดับต่าง ๆ ของสนามหญ้า	1-31
ตารางที่ 1-7	แสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ที่ระดับต่าง ๆ ของบริเวณใต้ต้นไม้	1-35
ตารางที่ 1-8	แสดงค่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 ม. ในสภาพแวดล้อม ที่แตกต่างกัน	1-39
ตารางที่ 1-9	แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 1.00 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-42
ตารางที่ 1-10	แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 2.00 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-44
ตารางที่ 1-11	แสดงการเปรียบเทียบ $\Delta T$ ของดินลึก 0.50 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-47
ตารางที่ 1-12	แสดงค่าอุณหภูมิดินสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ต้นไม้	1-48
ตารางที่ 1-13	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่างๆ บริเวณ สนามหญ้ากลางแจ้ง	1-50
ตารางที่ 1-14	แสดงค่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในบริเวณ ดินโล่งกลางแจ้ง	1-52
ตารางที่ 1-15	แสดงค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม ใต้ต้นไม้	1-57
ตารางที่ 1-16	แสดงค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง	1-59

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 1-17	แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดได้ค้นไม้ขนาดต่างๆ	1-65
ตารางที่ 1-18	แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดบริเวณสระน้ำ	1-69
ตารางที่ 1-19	แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณสนามหญ้า	1-73
ตารางที่ 1-20	แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณถนนจอดรถ	1-77
ตารางที่ 1-21	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดที่ระดับต่างกัน ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-82
ตารางที่ 1-22	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิต่ำสุดที่ระดับต่างกัน ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-82
ตารางที่ 1-23	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินสูงสุดที่ระดับความลึกต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-83
ตารางที่ 1-24	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินต่ำสุดที่ระดับความลึกต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-83
ตารางที่ 1-25	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่ระดับความลึกต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-84
ตารางที่ 1-26	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำต่ำสุดที่ระดับความลึกต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	1-84
ตารางที่ 1-27	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด บริเวณเหนือลม และได้ลมตามสภาพแวดล้อมต่างๆ	1-86
ตารางที่ 1-28	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิต่ำสุด บริเวณเหนือลม และได้ลมตามสภาพแวดล้อมต่างๆ	1-86
ตารางที่ 2-1	ตารางแสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร	2-15
ตารางที่ 2-2	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร	2-33
ตารางที่ 2-3	แสดงค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดิน ที่ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง	2-39
ตารางที่ 2-4	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร	2-51
ตารางที่ 2-5	แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียกและดินเปียก	2-60
ตารางที่ 2-6	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร	2-77

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 2-7	แสดงค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกใต้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เป็นหญ้าเปียกและดินแห้ง	2-79
ตารางที่ 2-8	แสดงอุณหภูมิสูงสุด, ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยภายในอาคาร	2-91
ตารางที่ 2-9	แสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่มีความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียกและดินเปียก	2-95
ตารางที่ 2-10	แสดงค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่มีความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียก ดินเปียก	2-98
ตารางที่ 2-11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 4 ทิศ	2-112
ตารางที่ 2-12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศเหนือ ที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน	2-115
ตารางที่ 2-13	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิตราชและดินใต้	2-117
ตารางที่ 2-14	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิตราชและดินใต้	2-119
ตารางที่ 2-15	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตก ที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน	2-121
ตารางที่ 2-16	แสดงอุณหภูมิสูงสุด ของอุณหภูมิตใต้ผิวดิน 0.60 ม.	2-124
ตารางที่ 2-17	แสดงอุณหภูมิต่ำสุด ของอุณหภูมิตใต้ผิวดิน 0.60 ม.	2-124
ตารางที่ 2-18	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ใต้ดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	2-125
ตารางที่ 2-19	แสดงสรุปการวิเคราะห์สภาพผิวดินที่แตกต่างกัน	2-125
ตารางที่ 2-20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของดิน ที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และอุณหภูมิอากาศ	2-125
ตารางที่ 2-21	แสดงค่าเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)	2-127
ตารางที่ 2-22	แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)	2-128
ตารางที่ 2-23	แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)	2-129
ตารางที่ 2-24	แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)	2-130
ตารางที่ 2-25	แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิง	

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 2-26	แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใต้ดินที่ระดับความลึก ต่างกัน	2-132
ตารางที่ 2-27	แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวดินที่สัมผัสแตกต่างกันทางทิศตะวันออก	2-132
ตารางที่ 2-28	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวดินที่สัมผัสแตกต่างกันทางทิศเหนือ	2-133
ตารางที่ 2-29	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวดินที่สัมผัสแตกต่างกันทางทิศใต้	2-133
ตารางที่ 2-30	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในอาคารที่มีผิวดินที่สัมผัสแตกต่างกันทางทิศตะวันตก	2-133
ตารางที่ 3-1	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น.	3-15
ตารางที่ 3-2	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น	3-15
ตารางที่ 3-3	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น.	3-16
ตารางที่ 3-4	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น	3-16
ตารางที่ 3-5	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น.	3-17
ตารางที่ 3-6	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น.	3-17
ตารางที่ 3-7	แสดงปริมาณการส่องสว่างภายในโคมที่พื้นชั้น GROUND เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-25
ตารางที่ 3-8	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคมที่พื้นชั้น GROUND เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-25
ตารางที่ 3-9	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 8:00 น.	3-29



## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 3-10	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 8:00 น.	3-29
ตารางที่ 3-11	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น.	3-29
ตารางที่ 3-12	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น.	3-29
ตารางที่ 3-13	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น.	3-30
ตารางที่ 3-14	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น.	3-30
ตารางที่ 3-15	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น.	3-30
ตารางที่ 3-16	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น.	3-30
ตารางที่ 3-17	แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น.	3-31
ตารางที่ 3-18	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น.	3-31
ตารางที่ 3-19	แสดงปริมาณการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงานที่พื้นชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-37
ตารางที่ 3-20	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานที่ พื้นชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME	3-37
ตารางที่ 3-21	แสดงปริมาณการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงานที่พื้นชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-41
ตารางที่ 3-21	(ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานที่ พื้นชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-42

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 3-22	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานที่ ชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-43
ตารางที่ 3-22	(ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานที่ พื้นชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-44
ตารางที่ 3-23	แสดงค่าการส่องสว่างในแบบจำลองส่วนสำนักงาน เมื่อทดลองใน SKYDOME	3-51
ตารางที่ 3-24	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่าง ๆ ภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND เมื่อทำการทดลอง ภายใน SKYDOME	3-52
ตารางที่ 3-25	แสดงค่าการส่องสว่างภายใน ที่ระยะต่าง ๆ ภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND เมื่อการส่องสว่าง ภายนอกมีค่า 1500 FOOTCANDLE	3-53
ตารางที่ 3-26	แสดงปริมาณการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงานที่พื้น ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-60
ตารางที่ 3-26	(ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน ที่พื้นชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-61
ตารางที่ 3-27	แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-62
ตารางที่ 3-27	(ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร และ ORIENTATION จริงของผนังอาคารในเวลาต่างๆ	3-63
ตารางที่ 4-1	แสดงรายการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานตาม พ.ร.บ. ค่าเฉลี่ยของอาคารทั่วไป	4-3



## ตอนที่ 1

บทนำ : โครงการการวิจัยประยุกต์ประกอบ  
การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทนำ

### การวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

#### 1. ความเป็นมาของโครงการวิจัย

ปัจจุบันการออกแบบอาคารทั่วไปในประเทศไทยนั้น สถาปนิก วิศวกร ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบต่างๆไป มักไม่มีการวิเคราะห์วิจัยถึงความเหมาะสมขององค์ประกอบอาคารที่จะนำมาใช้กับอาคารจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในอาคาร ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขาดข้อมูลที่เชื่อถือได้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมกับอาคารในภูมิภาคเขตร้อนชื้น การออกแบบเท่าที่ผ่านมานในอดีตส่วนใหญ่จึงอาศัยการอ้างอิงงานวิจัยจากต่างประเทศโดยปราศจากการคำนึงถึงความเหมาะสมกับการใช้งานในภูมิภาคนี้ทำให้อาคารเหล่านั้นไม่สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างสัมฤทธิ์ผลดังที่คาดหวังไว้

งานวิจัยนี้เป็นการแสวงหามาตรการและกระบวนการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับภูมิภาคนี้ ในการวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบนี้ คณะผู้ร่วมงานได้คำนึงถึงปัจจัยที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอย่างครบวงจร และได้ผสมผสานความรู้ความสามารถจากแหล่งต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีเท่าที่หาได้ในยุคปัจจุบันที่คาดว่ามีความเหมาะสมควรนำมาประยุกต์ใช้ แต่ก็ยังขาดข้อมูลที่มีส่วนสำคัญต่อการออกแบบอยู่หลายประการ ข้อมูลที่ยังขาดอยู่จำเป็นต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ได้แก่

1. ตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม
2. ตัวแปรที่เกี่ยวกับดินและอิทธิพลของดิน
3. ความเป็นไปได้ของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งหวังที่จะหาแนวทางที่จะดึงแสงธรรมชาติมาใช้ให้มากที่สุด

ความมุ่งหมายสำคัญของการวิจัยในโครงการนี้ จึงเป็นการวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคาร สิ่งที่ได้จากการวิจัยได้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ (Input) ของการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการวิจัย เพราะเป็นแนวทางในการประเมินผลศักยภาพการออกแบบอาคารอันจะนำไปสู่การค้นพบแนวทางที่จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงเฉพาะเจาะจงที่จะแสวงหาช่วงของอิทธิพล (Magnitude) และพฤติกรรม (Behaviour) ของตัวแปรดังกล่าวข้างต้น เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคาร โดยจะทำการวิเคราะห์วิจัยไปพร้อม ๆ กับการปรับปรุงรูปแบบอาคารเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานอย่างครบวงจรในลำดับต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้คือการวิจัยประยุกต์เพื่อแสวงหากรรมวิธีและข้อมูลที่จะสนับสนุนการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานตัวอย่างของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับภูมิภาคนี้ การวิจัยนี้ได้เน้นทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง เพื่อประเมินค่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่างๆ อันได้แก่ อิทธิพลของต้นไม้ อิทธิพลของแหล่งน้ำ อิทธิพลของทิศทางลม อิทธิพลของความชื้นจากพื้นดิน และการนำแสงจากธรรมชาติมาใช้กับอาคารประหยัดพลังงานตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยนี้ มุ่งทำการศึกษาวิจัยถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน แต่เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรข้างต้นยังไม่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานจริงและโดยเหตุที่ไม่เคยมีการศึกษาในชั้นรายละเอียดในเรื่องดังกล่าวมาก่อน การศึกษานี้จึงเน้นการวิจัยประยุกต์ที่สามารถนำข้อมูลที่มีรายละเอียดเพียงพอที่จะนำมาใช้ได้จริงในงานออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างเพื่อเป็นต้นแบบในการสาธิตต่อไป

ด้วยเหตุนี้วัตถุประสงค์หลักของโครงการสามารถแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาถึงตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ทางกายภาพ ที่เป็นสภาพแวดล้อมรอบอาคาร ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิน้ำในบริเวณนั้นๆ โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ ในบริเวณเหนือลมและใต้ลมของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ศึกษาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่างๆ ตลอดจนหาแนวทางประยุกต์การใช้องค์ประกอบทางธรรมชาติรวมทั้งองค์ประกอบที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น มาช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารซึ่งเป็นผลให้สามารถลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร อันจะเป็นผลให้สามารถลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารทั้งทางตรงและทางอ้อม อนึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงาน โดยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) นี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในขั้นตอนต่อไป
2. เพื่อศึกษาเรื่องอิทธิพลของดินรอบอาคารต่อการใช้พลังงานในอาคาร ศึกษาถึงตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ทางกายภาพ ที่มีผลต่ออุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกต่างๆ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในอาคารกับอุณหภูมิผิวของกรอบอาคารส่วนที่สัมผัสดิน ตลอดจนอุณหภูมิของดินและอุณหภูมิของอากาศภายนอก

3. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร โดยมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงสว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยเน้นการแสวงหาลักษณะและขนาดของช่องเปิดตลอดจนคุณสมบัติของวัสดุ โปร่งแสงที่จะนำมาใช้กับช่องเปิดอาคารในพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ ภายในอาคาร
4. เพื่อประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารซึ่งได้ทำการวิเคราะห์และวิจัยไปพร้อมๆกับการออกแบบ ขบวนการวิจัยดังกล่าวได้จำลองสภาพการทำงานของอาคารด้วยการสร้างโมเดลคอมพิวเตอร์ขึ้น โดยอาศัยข้อมูลที่ได้ทำการวิจัยข้างต้นผนวกกับข้อมูลจากสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร มาเป็นพื้นฐานในการประเมินพลังงาน ในการจำลองสภาพการทำงานของอาคารดังกล่าวได้อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โด 2.1 ดี (DOE 2.1 D) มาช่วยประกอบการวิจัยซึ่งจากผลที่ได้รับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Out Put) ทำให้สามารถศึกษาปริมาณการใช้พลังงานในอาคารได้ ตลอดจนคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แล้วหาจุดคุ้มทุน ซึ่งในลำดับต่อไปได้กลายมาเป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการแสวงหาทางเลือกในการออกแบบ ที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานและสิ่งนี้ถือเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการวิจัยอีกประการหนึ่ง

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

เนื่องจากในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ผู้ออกแบบมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อมูลของสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารและแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบเพื่อให้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมรอบอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการทดลองและเก็บข้อมูลจากสถานที่ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นขั้นตอนในการวิจัยจึงสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. ในการศึกษาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมรอบอาคาร ได้เลือกตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับสภาพแวดล้อมในการก่อสร้างจริง และวิเคราะห์หาข้อดีข้อด้อยของสภาพแวดล้อมที่ได้เลือกขึ้น อนึ่งในการเลือกตำแหน่งและสถานที่ตั้ง ได้พิจารณาถึงความสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารจริงได้เป็นหลัก การวิเคราะห์วิจัยดังกล่าวจึงเป็นการแสวงหาสิ่งที่ดีของสถานที่ตั้งพร้อมทั้งการแสวงหาแนวทางในการจัดข้อบกพร่องของตัวแปรที่พบ จากนั้นจึงนำไปใช้ในการออกแบบต่อไปการวิจัยดังกล่าวจึงเน้นการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลายาวนานประมาณ 6 เดือน ซึ่งนับว่าเพียงพอต่อการนำมาประยุกต์ใช้จริง
- จำนวนตัวอย่าง (Sample Size) ในกรณีนี้ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่มีความต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาหลายวัน ในบางกรณีได้ทำการเก็บข้อมูล

ทุกชั่วโมงต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลามากกว่า 7 วันในแต่ละคาบ (Period) (รายละเอียดที่เพิ่มมากขึ้นกว่านี้ จะพบได้ในบทที่ 1 ของงานวิจัยนี้)

2. ในการทำการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของดิน

ที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของดินต่อการประหยัคพลังงานยังพบว่า ชนิดของดิน ลักษณะของดิน วัสดุปลูก ตลอดจนพืชพรรณขนาดต่างๆที่ปกคลุมผิวดิน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินรอบอาคาร โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นบริเวณดินถมขึ้นมา (Bermining) จะมีผลต่อการทำให้ดินรอบอาคารมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก ในการวิจัยในเรื่องนี้จึงได้สร้างอาคารจำลองให้มีขนาดใกล้เคียงของจริง (ขนาดประมาณ 8.0 x 8.0 x 4.0 เมตร ) แล้วทำการวิเคราะห์ตรวจสอบอุณหภูมิของดิน และความสามารถในการเหนี่ยวนำความชื้นเข้ามาใช้ภายในอาคารในสภาพต่างๆ

ในการวิจัยนี้ได้เน้นถึงลักษณะของดินที่นำไปใช้งานจริง แล้วทำการทดลองโดยการปรุงแต่งผิวดิน ความชื้นในดิน ตลอดจนลักษณะของพืชคลุมดินซึ่งมีทั้งหญ้าและต้นไม้ขนาดเล็ก จากนั้นจึงได้ทำการปรุงแต่ง วิเคราะห์วิจัย และปรับปรุงตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งอุณหภูมิดินที่คาดว่าจะมีค่าต่ำกว่าอาคารทั่วไป (รายละเอียดที่เพิ่มมากขึ้นกว่านี้ จะพบได้ในบทที่ 2 ของงานวิจัยนี้)

3. ในเรื่องเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารนั้น

หลังจากที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลของกิจกรรมต่างๆภายในอาคารอนุรักษ์พลังงาน ตัวอย่าง และปริมาณการส่องสว่างภายในอาคารที่เพียงพอต่อการใช้งานของกิจกรรมต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการวิจัยเพื่อแสวงหาความสามารถในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารให้เหมาะสม ได้แก่ บริเวณส่วนสำนักงาน และส่วนทางเดิน ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติต่างๆของช่องเปิดจะขึ้นอยู่กับความต้องการในด้านต่างๆของผู้ใช้อาคาร ตลอดจนปริมาณแสงสว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาและทิศทางต่างๆด้วย จึงทำการวิจัยโดยการสร้างหุ่นจำลองของส่วนต่างๆในอาคารขึ้นมา และทำการทดลองทั้งในสถานที่ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างอาคาร การทดลองภายในห้องทดลอง และการทดลองโดยอาศัยการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแสงสว่างภายในและภายนอกอาคาร และประสิทธิภาพของช่องเปิดในแบบต่างๆกัน (รายละเอียดที่เพิ่มมากขึ้นกว่านี้ จะพบได้ในบทที่ 3 ของงานวิจัยนี้)

4. ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ได้ทำการทดลองวิจัยในหัวข้อต่างๆข้างต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพภายในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับ

ข้อมูลในด้านอื่น ๆ ที่มีอยู่ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิผลของแนวทางในการออกแบบ  
ในด้านต่างๆ และให้ได้มาซึ่งแนวทางในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่มี  
ประสิทธิภาพและเหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ในการวิจัยได้อาศัยการจำลอง  
สภาพการทำงานของระบบและการใช้งานจริงของอาคารด้วยคอมพิวเตอร์โดยอาศัย  
ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในหัวข้อ 1 ถึง 3 ข้างต้น การวิจัยในขั้นนี้จะอาศัยการศึกษา  
อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ภายในอาคารด้วยการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ทีละ  
ส่วน เพื่อให้ได้มาซึ่งการประมวลผลค่าการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพในส่วนรวม  
(Total Energy Consumption) การวิจัยดังกล่าวจะต้องใช้การจำลองสภาพอาคารด้วย  
ระบบคอมพิวเตอร์มากกว่า 50 ครั้ง ดังตัวอย่างที่ปรากฏในภาคผนวก ก ง และ จ

#### 4. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่สำคัญ ที่เป็นสภาพแวดล้อมของอาคาร  
และมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานที่  
เหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเช่นประเทศไทย การทดลองและวิจัยโครงการนี้มีขอบเขตและข้อ  
จำกัดอยู่หลายด้าน พอดีสรุปได้ดังนี้

1. ในการศึกษาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมรอบอาคารนั้น มี  
ข้อจำกัดในการแสวงหาสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมรอบ  
อาคารที่ผู้ออกแบบได้จินตนาการไว้ โดยสามารถหาได้เพียงบริเวณทดลองที่มีสภาพ  
ใกล้เคียงกับการออกแบบในระดับหนึ่งเท่านั้น
2. ในการศึกษาอิทธิพลของดินรอบอาคาร มีข้อจำกัดในการจำลองสภาพอาคารให้มีขนาด  
ที่ใกล้เคียงกับการก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่าง ซึ่งสามารถทำได้เพียงการ  
สร้างอาคารทดลองให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะสามารถกระทำได้ในงบประมาณที่  
กำหนด อีกทั้งระยะเวลาในการทำการทดลองที่จำกัด ซึ่งอาจทำให้ดินที่ถมรอบอาคาร  
ทดลองยังมีอุณหภูมิที่แตกต่างกับอุณหภูมิดินในสภาพธรรมชาติบ้าง แต่คาดว่าไม่แตก  
ต่างกันมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลที่นำไปประยุกต์ใช้  
ในการออกแบบจริง ทั้งนี้เนื่องจากได้ทำการวัดตรวจสอบกับสภาพแวดล้อมจริงใน  
หลายๆแห่งแล้ว
3. ในการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารนั้น มีข้อจำกัดเกี่ยวกับ  
ช่วงเวลาในการทดลอง เนื่องจากปริมาณแสงสว่างภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่  
ตลอดเวลาทั้งปี ประกอบกับระยะเวลาในการวิจัยที่ค่อนข้างจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถ



เก็บข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน อีกทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้พร้อมกันหลายจุดในเวลาเดียวกัน ทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนไปบ้างเมื่อมีการทดลองในสภาพแสงธรรมชาติ แต่ก็คาดว่าข้อมูลที่ได้ยังอยู่ในระดับที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในขั้นต่อไปได้เป็นอย่างดี

4. ศึกษาเฉพาะตัวแปรในด้านต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมในภูมิอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทยเท่านั้น
5. ศึกษาและทำการทดลองเก็บข้อมูลเฉพาะพื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ และบริเวณใกล้เคียง ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างเท่านั้น

ข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่งของการวิจัยโครงการนี้ คือ ระยะเวลาในการทำการทดลองประกอบกับงบประมาณที่จำกัด จึงทำให้มีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและอุปกรณ์ในการทดลองที่ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองในเรื่องการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ดังนั้นจึงทำให้การเก็บข้อมูลในบางส่วนไม่สามารถกระทำได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ตามที่ได้ตั้งใจไว้ อย่างไรก็ตามผลของงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยคาดว่าจะไม่แตกต่างจากสภาพความเป็นจริงมากนักด้วยเหตุที่มีการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่ายอย่างถี่ถ้วน

## 5. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

งานวิจัย “การวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน” นี้ เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น ต้นไม้ ดิน และการใช้แสงธรรมชาติ ซึ่งล้วนแต่เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน เพื่อให้มีข้อมูลที่เพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยให้สามารถออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ ที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ต่อไป งานวิจัยโครงการนี้นอกจากจะมีประโยชน์โดยตรงต่อการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างเฉลิมพระเกียรติเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังจะเป็นข้อมูลและแนวทางในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานหลังอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการสร้างความเข้าใจให้แก่สถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อให้ทัศนคติและสำนึกที่ดีต่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานต่อไป โดยเฉพาะเมื่ออาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างได้รับการก่อสร้างจนแล้วเสร็จ ก็จะเป็นแหล่งข้อมูลที่สถาปนิกวิศวกร และผู้ที่สนใจจะได้มาศึกษาหาความรู้จากการก่อสร้างจริงไปพร้อมกับการมีข้อมูลประกอบ เพื่อให้ทราบถึงข้อดีข้อเสียของแนวทางการออกแบบต่างๆที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างจริงในอนาคต อันเป็นผลดีแก่ผู้สนใจทุกฝ่ายที่จะได้เห็นตัวอย่างการออกแบบที่เหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และข้อมูลที่สามารถตรวจสอบและสัมผัสได้ด้วยตัวเอง



## ตอนที่ 2

### การศึกษาวิจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

- บทที่ 1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ  
ที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร
- บทที่ 2 การศึกษาเรื่องการนำความเย็นจากดินมาใช้
- บทที่ 3 การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร
- บทที่ 4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 1

### การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร

#### 1.1 จุดประสงค์ของการศึกษา

การออกแบบงานสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานที่ใช้ภายในอาคารนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ออกแบบให้ใช้วัสดุผนังเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนหรือผนังกระจกสะท้อนแสง เป็นต้น วิธีดังกล่าวเป็นการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาภายหลัง แต่การออกแบบงานสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานวิธีอื่นที่ได้ผลและทรงประสิทธิภาพกว่าก็คือ การออกแบบสภาพโดยรอบอาคาร

เนื่องจากมนุษย์อาศัยอยู่บนโลก ที่มี ดวงอาทิตย์ ต้นไม้ใบหญ้า ลม ฤดูกาลที่แปรเปลี่ยนไป ฯลฯ หากมนุษย์เรียนรู้ที่จะอยู่อย่างเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ และเรียนรู้ถึงประโยชน์อันทรงคุณค่าของธรรมชาติ มนุษย์ก็จะสามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติ ได้อย่างสะดวกสบาย การศึกษาจนเข้าใจถึงคุณสมบัติของธรรมชาติโดยรอบอาคารเช่น คุณสมบัติของต้นไม้ สระน้ำ สนามหญ้า และ รูปทรงของผิวดิน เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิโดยรอบอาคาร ใช้ในการควบคุมและ บังคับทิศทางการเคลื่อนไหวของลม ตลอดจนใช้ในการควบคุมและกรองแสงแดดที่แผ่รังสีเข้ามายังอาคาร โดยการดูดซับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ก็จะช่วยทำให้พลังงานความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารลดน้อยลงไปได้มาก การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อปรับอุณหภูมิภายในอาคารก็จะลดน้อยลง ดังนั้นสถาปนิกจึงควรศึกษาและเรียนรู้เรื่องการออกแบบโดยใช้ประโยชน์จากธรรมชาติให้ได้ผลสูงสุด ซึ่งจะนำไปสู่การประหยัดการใช้พลังงานภายในอาคาร และก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีแก่ผู้ใช้งานภายในอาคารอีกด้วย

ในการศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคารนั้น ได้ทำการศึกษาถึงตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรต่างๆทางกายภาพ ที่เป็นสภาพแวดล้อมรอบอาคาร และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิน้ำ ในบริเวณนั้น ๆ ธรรมชาติที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ อากาศ ในบริเวณเหนือลมและใต้ลมของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ศึกษาความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ ตลอดจนหาแนวทางประยุกต์การใช้องค์ประกอบทางธรรมชาติ มาช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารเพื่อลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร อันจะทำให้ความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยลง เป็นการประหยัดพลังงานที่จะใช้ในการดึงความร้อนออกจากอาคารได้ทางหนึ่ง

## 1.2 กระบวนการและเทคนิคในการวิจัย

### 1.1 การเลือกสถานที่

การเลือกสถานที่ที่ทำการทดลองในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาบริเวณมหาวิทยาลัยรังสิต หมู่บ้านเมืองเอก อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับที่ตั้งของอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่าง (เทคโนโลยี) เมื่อพิจารณาข้อมูลในเบื้องต้นพบว่ามีความแปรปรวนอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้เข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิเช่นความหนาแน่นของถนนและรถยนต์ อาคารเรือน รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการวิจัย จึงได้เปลี่ยนสถานที่ไปเป็น สนามกอล์ฟฟรุประเดมีย์ ซึ่งมีอาณาบริเวณกว้างขวางกว่า รวมทั้งมีความแปรปรวนที่ต้องการศึกษาอยู่ครบถ้วนในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยสนามกอล์ฟฟรุประเดมีย์อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างอาคารอนุรักษ์พลังงาน (เทคโนโลยี)

#### 1.1.1 สถานที่ที่ทำการศึกษา

สถานที่ที่ทำการศึกษาดูถูกแบ่งออกตามหัวข้อที่ทำการวิจัย โดยหัวข้อที่จะทำการศึกษแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบตามสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประเภท ดังนี้

- สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีสระน้ำ
- สภาพแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้งบริเวณสนามหญ้าและมีสระน้ำ
- สภาพแวดล้อมที่เป็นดิน โลงปราศจากสิ่งปกคลุมและมีสระน้ำ
- สภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีตของลานจอดรถ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดินและน้ำเปรียบเทียบตามสภาพแวดล้อมทั้ง 3 ประเภท ดังนี้

- สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีสระน้ำ
- สภาพแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้งบริเวณสนามหญ้าและมีสระน้ำ
- สภาพแวดล้อมที่เป็นดิน โลงปราศจากสิ่งปกคลุม

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิต่อขนาดต่างๆ ของต้นไม้โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ต้นไม้ขนาดใหญ่ ความสูงประมาณ 28 ฟุต
- ต้นไม้ขนาดกลาง ความสูงประมาณ 13 ฟุต
- ไม้พุ่ม ความสูงประมาณ 3.5 ฟุต

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาเรื่องลมและตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศโดย  
แบ่งออกเป็น 3 สถานที่ดังนี้

- บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งขนาดใหญ่
- บริเวณสระน้ำกลางแจ้งขนาดใหญ่
- บริเวณลานจอดรถขนาดใหญ่



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-1 สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีสระน้ำ  
ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิกาศ อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 1-2 สภาพแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้งบริเวณสนามหญ้าและมีสระน้ำ  
ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิกาศ อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 1-3 ภาพแวดล้อมที่เป็นดิน โถงกลางแจ้งและมีสะพานที่ใช้ศึกษาเรื่อง  
อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิดินและอุณหภูมิน้ำ



รูปที่ 1-4 ภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีตบริเวณลานจอดรถ  
ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-5 ภาพต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-6 ภาพต้นไม้ขนาดกลางที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ





รูปที่ 1-7 ภาพมุมไม้ที่ใช้ศึกษาเรื่องอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-8 สภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ศึกษา  
เรื่องลมที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-9 สภาพแวดล้อมที่เป็นสระน้ำขนาดใหญ่ ที่ใช้ศึกษาเรื่องลม  
ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-10 สภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีต บริเวณลานจอดรถ  
ที่ใช้ศึกษาเรื่องลม ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ

## 1.2 การติดตั้งเครื่องมือ

### 1.2.1 เครื่องมือที่ใช้ทำการศึกษา

- เครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศแบบ MANUAL ชนิด MICROPROCESSOR THERMOMETER (TYPE J-K-T THERMOCOUPLE) Model HH 21 ของ Omega.
- เครื่องมือ SELECTOR SWITCH FOR THERMOCOUPLES ขนาด 16 Channels 2 ตัว และขนาด 20 Channels 1 ตัว ของ Omega
- สายสัญญาณ (THERMOCOUPLE) TYPE K สำหรับต่อเชื่อมเข้ากับ SELECTOR SWITCH ไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา
- เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิด MANUAL THERMOMETER MODEL DP 300 ของ RKC
- เครื่องมือวัดความเร็วลมชนิด MANUAL OPERATION รุ่น TESTO 491 ของ TESTO
- เครื่องมือวัดความเร็วลมชนิด MANUAL OPERATION รุ่น TESTO 440 ของ TESTO
- เครื่องมือวัดแสง LIGHT METER TYPE 214 ของ Lamp Marketing Dept. ของ Nela Park Cleaveland, Ohio
- เครื่องมือวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ชนิด THERMO-HYDRY (Range  $0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$  ,  $32^{\circ}\text{F} - 122^{\circ}\text{F}$ ) 2% RH - 98% RH.

### 1.2.2 วิธีการทดลอง

การติดตั้งเครื่องมือเริ่มจากติดตั้งสายสัญญาณ (THERMOCOUPLE) ไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา ส่วนอีกด้านหนึ่งของสายสัญญาณต่อเชื่อมเข้ากับ SELECTOR SWITCH การอ่านค่าอุณหภูมิเริ่มจากการต่อเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศชนิด MICROPROCESSOR THERMOMETER เข้ากับสายของ SELECTOR SWITCH

ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาโดยใช้สาย THERMOCOUPLE

ก. ศึกษาอุณหภูมิอากาศ

- ระดับพื้นสูง
- ระดับสูงจากพื้น 1 เมตร
- ระดับสูงจากพื้น 2 เมตร

ข. ศึกษาอุณหภูมิดิน

- ระดับลึกจากผิวดิน 0.50 เมตร
- ระดับลึกจากผิวดิน 1.00 เมตร
- ระดับลึกจากผิวดิน 2.00 เมตร

ค. ศึกษาอุณหภูมิน้ำ

- ระดับลึกจากผิวน้ำ 0.025 เมตร
- ระดับลึกจากผิวน้ำ 1.00 เมตร
- ระดับลึกจากผิวน้ำ 1.50 เมตร



รูปที่ 1-11 แสดงการติดตั้งสาย THERMOCOUPLE ลงไปในพื้นดิน



รูปที่ 1-12 แสดงการติดตั้งสาย THERMOCOUPLE ในน้ำ



รูปที่ 1-13 แสดงการป้องกันค่า RADIATION โดยติดแผ่นโฟมเหนือปลาย  
ของสาย THERMOCOUPLE



รูปที่ 1-14 แสดงการอ่านอุณหภูมิโดยต่อสายของ SELECTOR SWITCH  
เข้ากับเครื่องอ่านชนิด MICROPROCESSOR THERMOMETER



รูปที่ 1-15 แสดงการอ่านค่าความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือของ TESTO  
รุ่น TESTO 491



รูปที่ 1-16 แสดงการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ชนิด THERMO-HYDRY



รูปที่ 1-17 แสดงการวัดแสงโดยใช้ LIGHT METER



รูปที่ 1-18 แสดงสภาพท้องฟ้าในวันเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล

### 1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วันเวลาที่เก็บข้อมูล : เริ่มเวลา 18.00 น. ของวันที่ 4 พฤษภาคม 2539  
ถึงเวลา 17.00 น. ของวันที่ 6 พฤษภาคม 2539

การศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในชั้นตอนที่ 1 ทำการศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ ที่ต่างสภาพแวดล้อมกัน



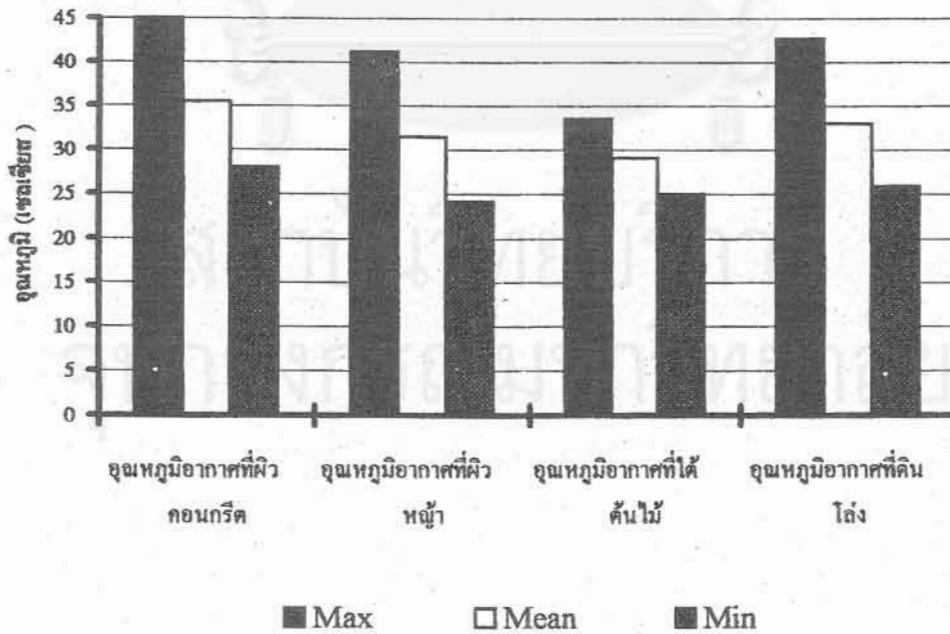
### 1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศในชั้นตอนที่ 1

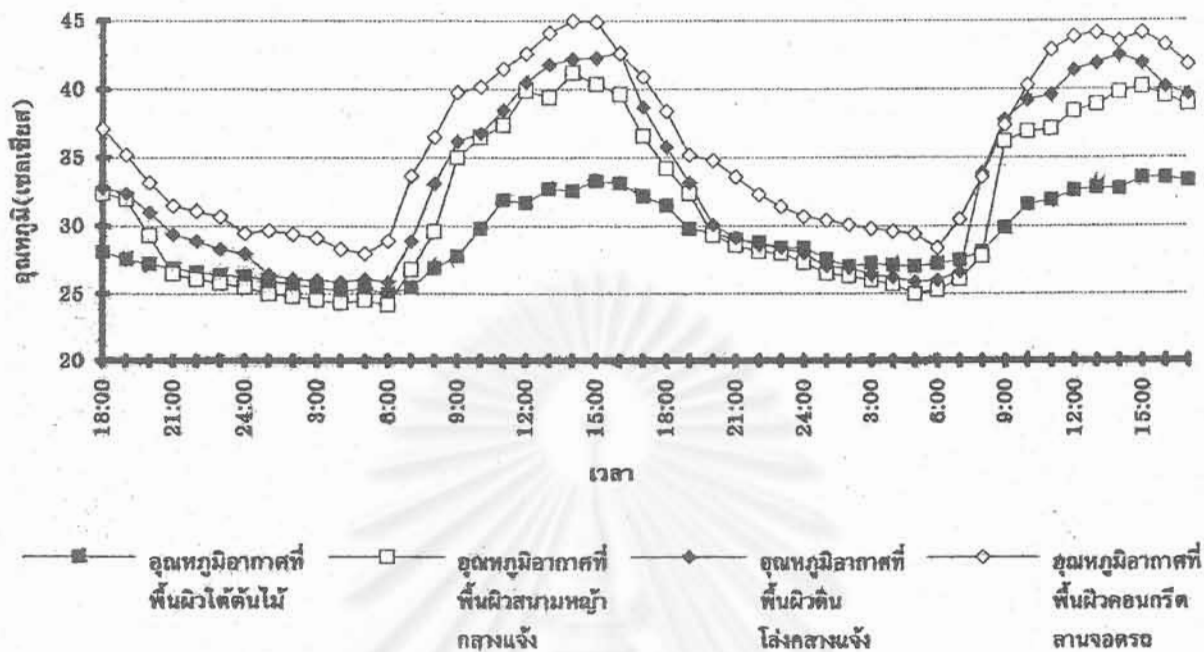
##### 1.3.1 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นผิวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MAX	45.00	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MEAN	35.47		17
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MIN	28.00	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MAX	41.20	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MEAN	31.45		17
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MIN	24.20	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ไต้ต้นไม้	MAX	33.50	16.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ไต้ต้นไม้	MEAN	29.06		8.5
อุณหภูมิอากาศที่ไต้ต้นไม้	MIN	25.00	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดิน โลง	MAX	42.70	16.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดิน โลง	MEAN	33.02		16.8
อุณหภูมิอากาศที่ดิน โลง	MIN	25.90	06.00 น.	

ตารางที่ 1-1 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในบริเวณสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน



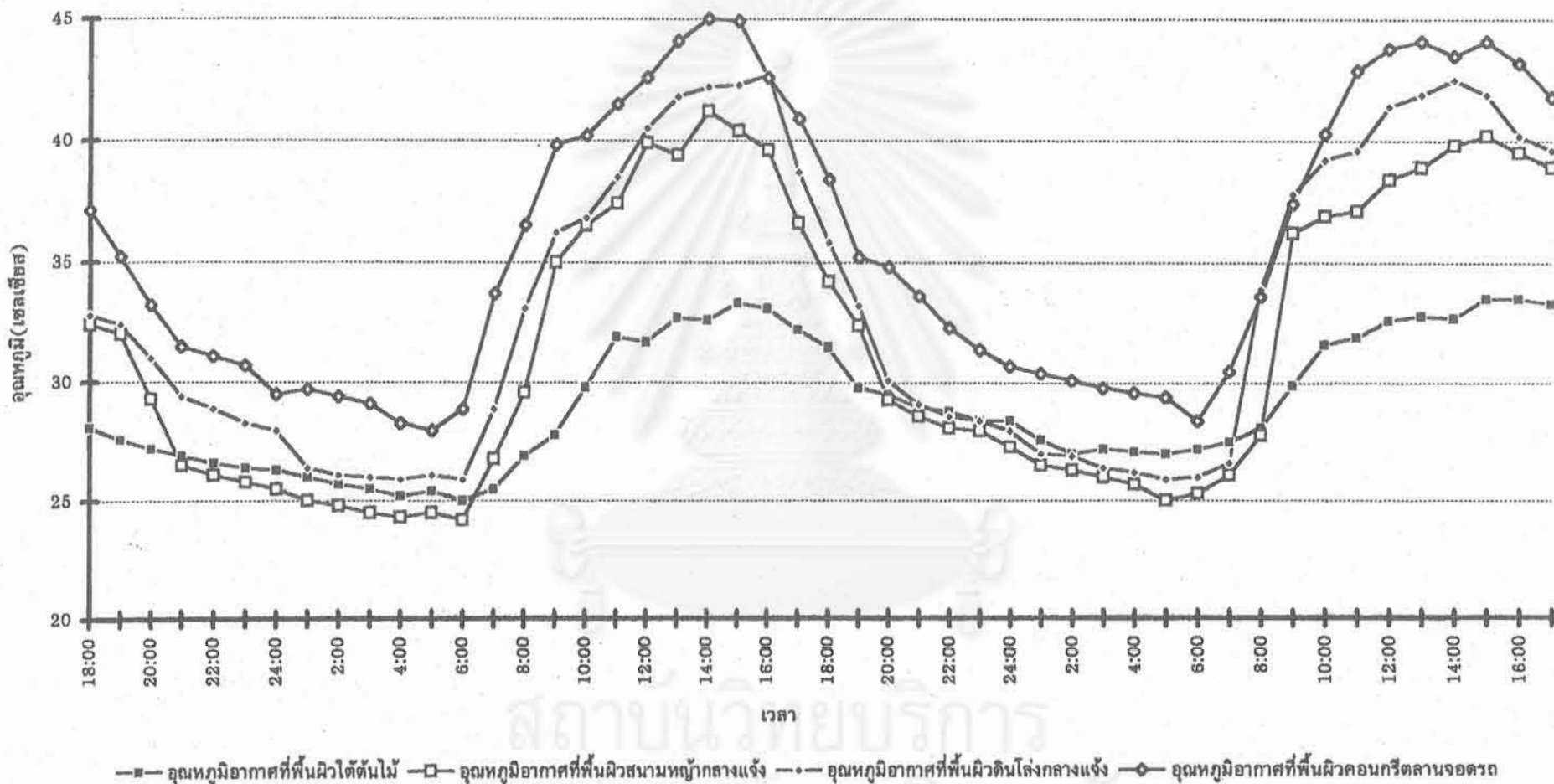
รูปที่ 1-19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1-20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับพื้นผิวตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่พื้นผิวตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 4 ประเภท พบว่าอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวของลานจอดรถจะสูงกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ตลอดเวลา โดยจะเพิ่มสูงที่สุดถึง 45° C ในช่วงเวลา 14.00 น. และลดลงมาต่ำที่สุด 28° C ในช่วงเวลา 05.00 น. อุณหภูมิอากาศที่ผิวดินโล่งจะสูงรองลงมา โดยมีค่าสูงที่สุด 42.7° C ในช่วงเวลา 16.00 น. และลดลงมาต่ำที่สุด 25.9° C ในช่วงเวลา 06.00 น. อุณหภูมิอากาศที่บริเวณลานจอดรถและที่พื้นดินโล่งกลางแจ้งมีความแตกต่างกันทั้งในช่วงบ่ายและในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากบริเวณลานจอดรถคอนกรีตเป็นพื้นผิวที่มีมวลหนาแน่นกว่าดินโล่ง HEAT CAPACITY จึงมีไม่เท่ากัน และในช่วงเวลาที่ PEAK ของวันนั้น คือเวลา 14.00 น. อุณหภูมิอากาศของสนามหญ้าจะสูง 41.2° C ในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิบริเวณสนามหญ้าจะลดต่ำที่สุดโดยลดลงมาถึง 24.2° C ในช่วงเวลา 06.00 น. เนื่องจากความเย็นที่เกิดจากการเกิดน้ำค้างที่บริเวณใบหญ้า ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวที่มีค่าต่ำที่สุดก็คือบริเวณไต้ต้นไม้อุณหภูมิสูงสุด 33.5° C ในช่วงเวลา 16.00 น. และต่ำที่สุดในช่วงเวลากลางคืนที่ 25° C เวลา 06.00 น. หากพิจารณาถึงค่าความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิสูงสุดกับค่าอุณหภูมิต่ำสุด ( $\Delta T$ ) พบว่าที่บริเวณคอนกรีตของลานจอดรถมี  $\Delta T$  มากที่สุดคือ 17° C ส่วนที่ค่าความแตกต่าง ( $\Delta T$ ) น้อยสุดจะเป็นบริเวณไต้ต้นไม้ขนาดใหญ่ โดย  $\Delta T$  เท่ากับ 8.5° C

รูปที่ 1-21 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

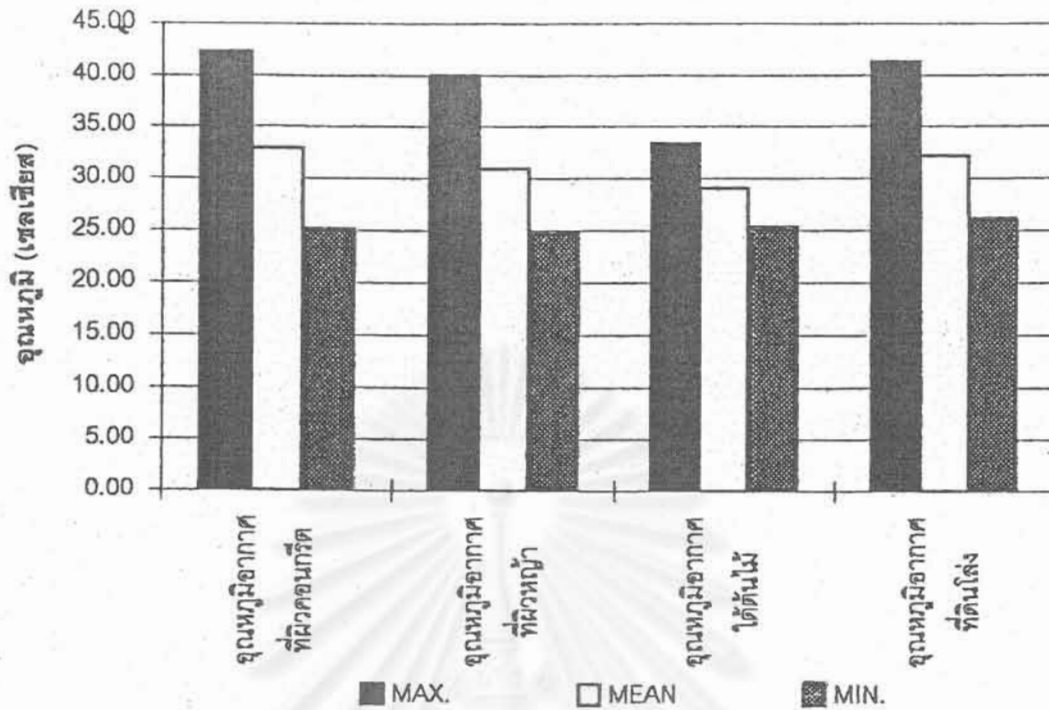


เหตุผลที่อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ต้นไม้มีค่าต่ำที่สุดในเวลากลางวันก็เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีพุ่มขนาดใหญ่ของใบไม้ทำหน้าที่สกัดกั้นรังสีแสงอาทิตย์ ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านลงมายังพื้นดินจึงลดน้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณใต้ต้นไม้มีค่าไม่สูงมากเท่ากับอุณหภูมิอากาศในบริเวณกลางแจ้งของสนามหญ้า ในเวลากลางคืนพุ่มใบของต้นไม้ก็เป็นตัวสกัดกั้นการแผ่รังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน อุณหภูมิอากาศในบริเวณใต้ต้นไม้จึงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในบริเวณกลางแจ้งของสนามหญ้า

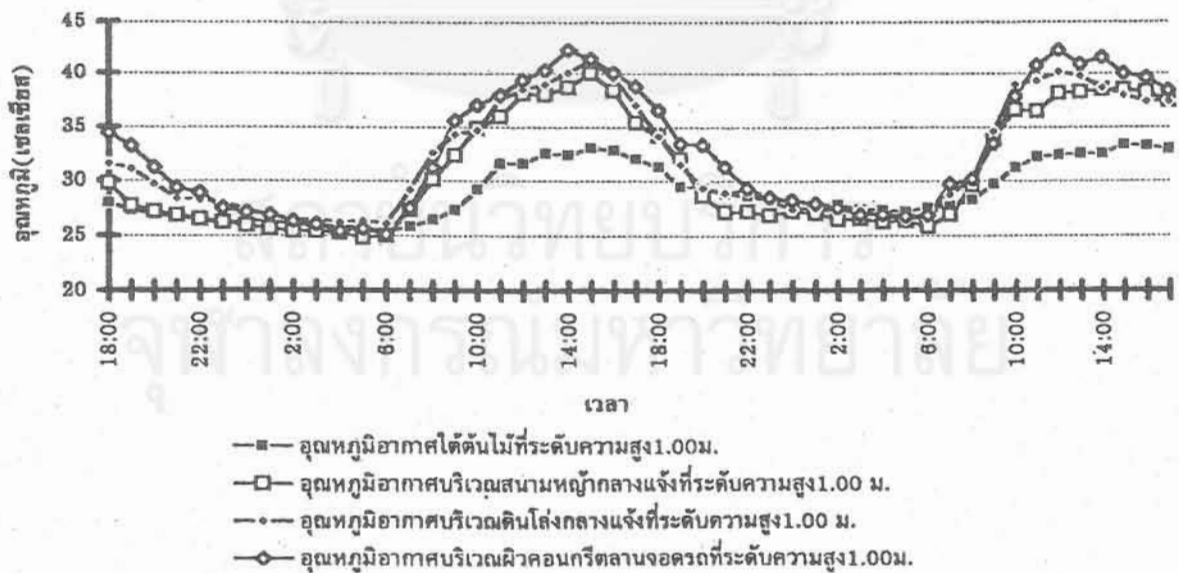
### 1.3.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศที่หิวคอนกรีต	MAX	42.30	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่หิวคอนกรีต	MEAN	32.84		17.2
อุณหภูมิอากาศที่หิวคอนกรีต	MIN	25.10	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่หิวหญ้า	MAX	40.00	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่หิวหญ้า	MEAN	30.93		15.2
อุณหภูมิอากาศที่หิวหญ้า	MIN	24.80	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MAX	33.30	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MEAN	29.00		8
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MIN	25.30	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MAX	41.30	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MEAN	32.09		15.2
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MIN	26.10	06.00 น.	

ตารางที่ 1-2 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ ระดับความสูง 1 ม. ในบริเวณสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน



รูปที่ 1-22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ(ระดับความสูง 1 ม.) ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน



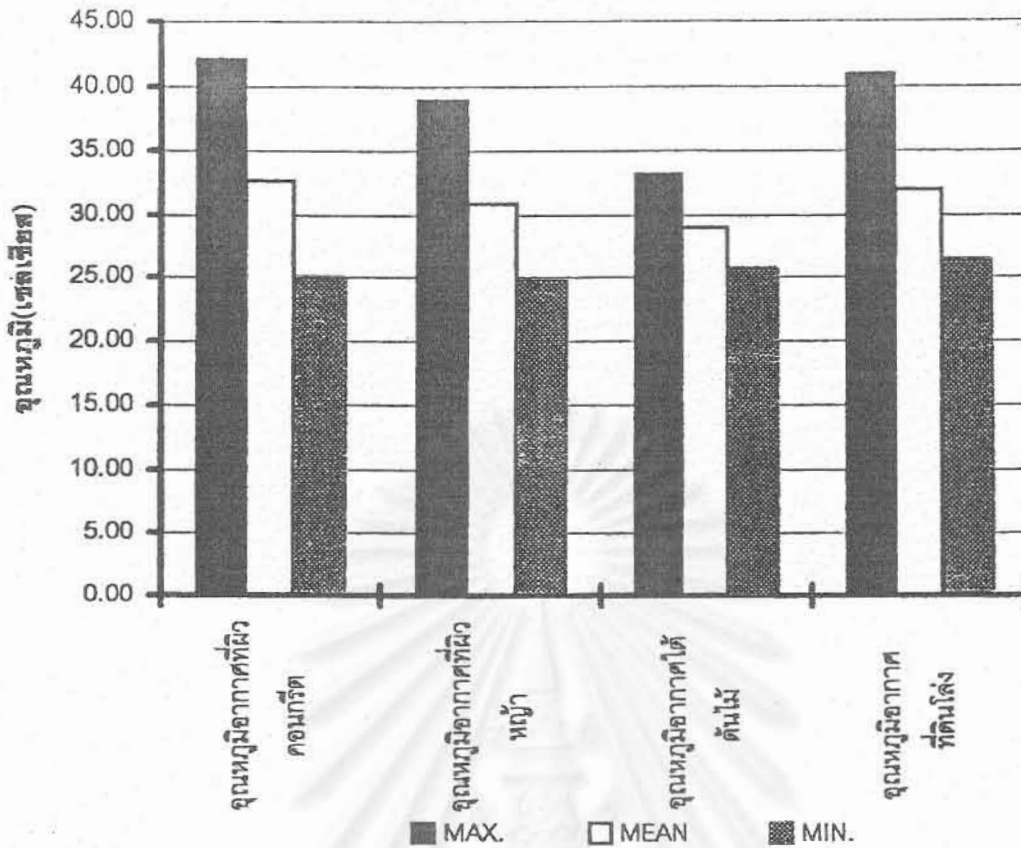
รูปที่ 1-23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศระดับ 1 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

อุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1 เมตร ของสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประเภท มีความแตกต่างกันเหมือนอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูงที่พื้นผิว โดยค่าสูงสุดของอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 42.3 °C ที่เวลา 14.00 น ของผิวลานจอดรถคอนกรีต ต่ำสุดที่ 25.1 °C เวลา 06.00 น. อุณหภูมิอากาศที่สูงรองลงมาเป็นอุณหภูมิอากาศที่บริเวณดินเปล่า โดยค่าสูงสุดเท่ากับ 41.3 ที่เวลา 15.00 น. ลดลงต่ำสุดเท่ากับ 26.1 °C ที่เวลา 06.00 น. อุณหภูมิของอากาศที่ระดับความสูง 1 เมตร บริเวณสนามหญ้ามีค่าสูงสุด 40 °C ที่เวลา 15.00 น. ลดลงต่ำสุด 24.8 °C ที่เวลา 05.00 น. ส่วนในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศที่มีค่าต่ำสุดคือบริเวณใต้ต้นไม้โดยค่าสูงสุดเท่ากับ 33.3 °C ที่เวลา 15.00 น. และต่ำสุดที่ 25.3 °C เวลา 06.00 น. เมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศสูงสุด (MAXIMUM) กับค่าอุณหภูมิอากาศต่ำสุด (MINIMUM) หรือ  $\Delta T$  พบว่าค่า  $\Delta T$  สูงที่สุดคือที่บริเวณลานจอดรถคอนกรีต ค่า  $\Delta T$  ต่ำสุดที่บริเวณต้นไม้

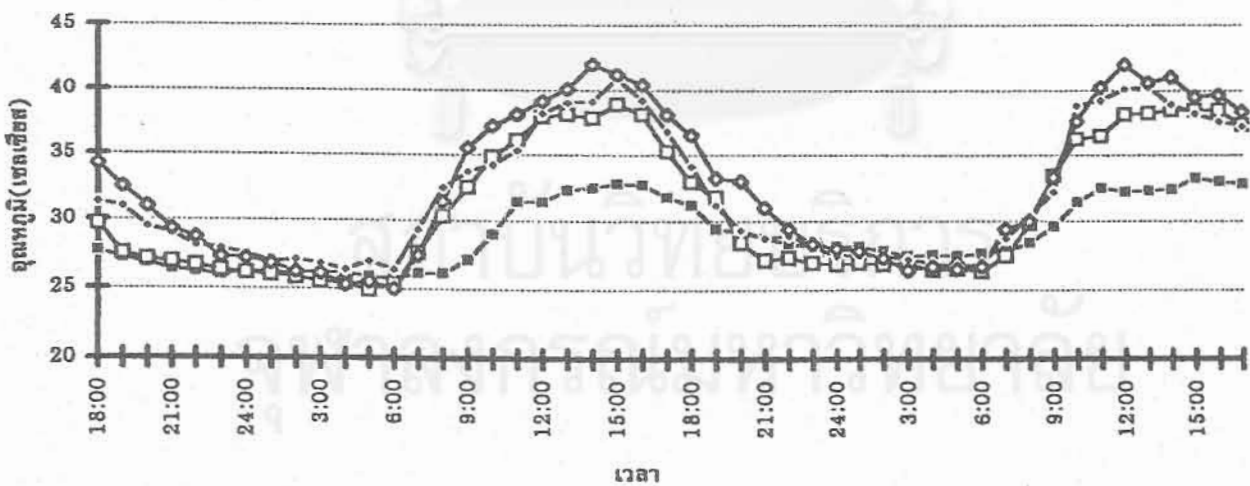
### 1.3.3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 2 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MAX	42.00	12.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MEAN	32.66		17
อุณหภูมิอากาศที่ผิวคอนกรีต	MIN	25.00	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MAX	38.90	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MEAN	30.90		14
อุณหภูมิอากาศที่ผิวหญ้า	MIN	24.90	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MAX	33.20	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MEAN	28.96		7.5
อุณหภูมิอากาศที่ใต้ต้นไม้	MIN	25.70	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MAX	40.90	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MEAN	31.97		14.5
อุณหภูมิอากาศที่ดินโล่ง	MIN	26.40	06.00 น.	

ตารางที่ 1-3 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับ 2 เมตร ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน



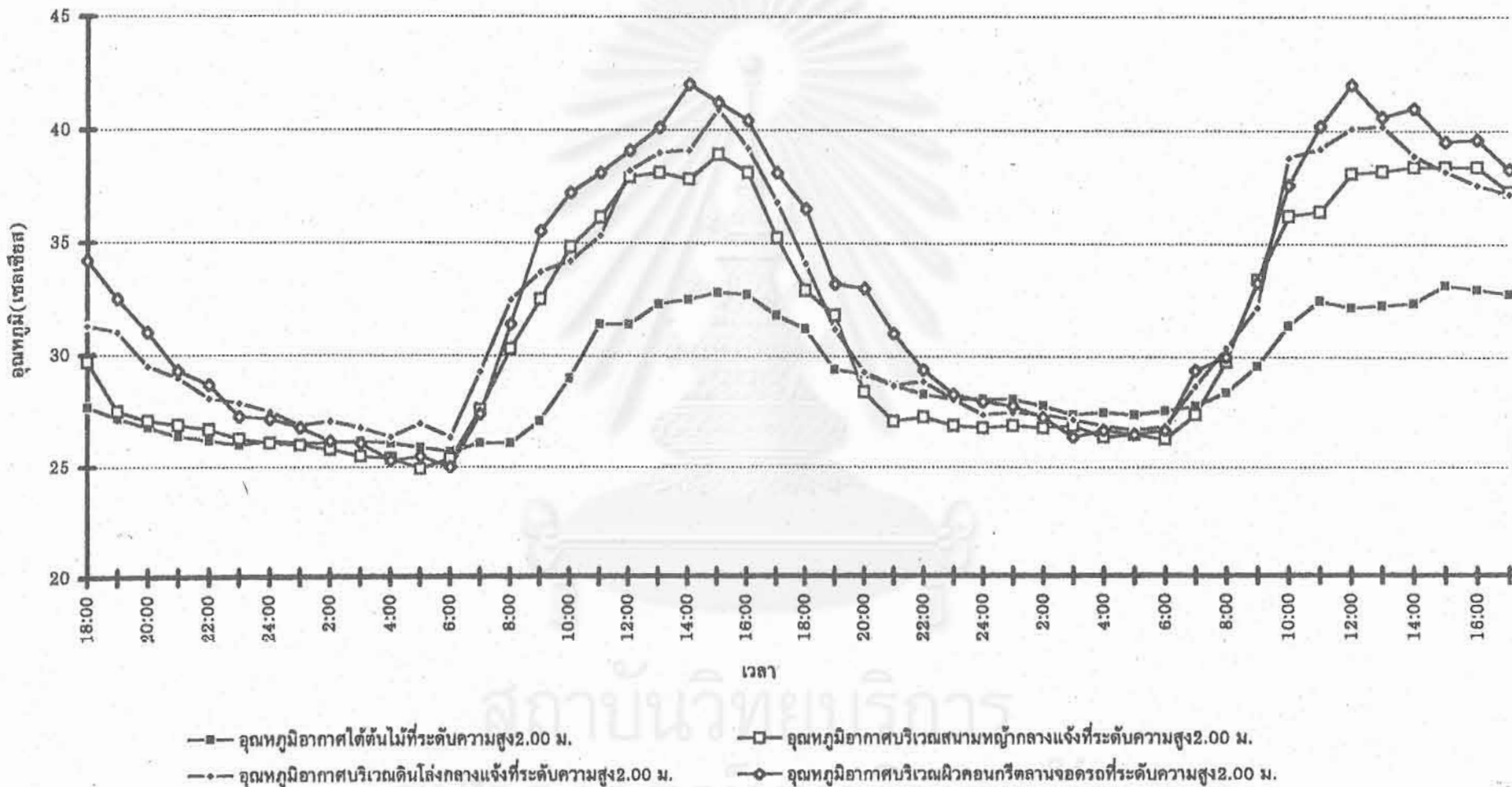
รูปที่ 1-24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 2 เมตร ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน



- จุดหม้ออากาศใต้ต้นไม้ที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- จุดหม้ออากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- จุดหม้ออากาศบริเวณดินโล่งกลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- ◇— จุดหม้ออากาศบริเวณผิวคอนกรีตกลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.

รูปที่ 1-25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 2 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

รูปที่ 1-26 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 2.00 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่ต่างต่างกัน





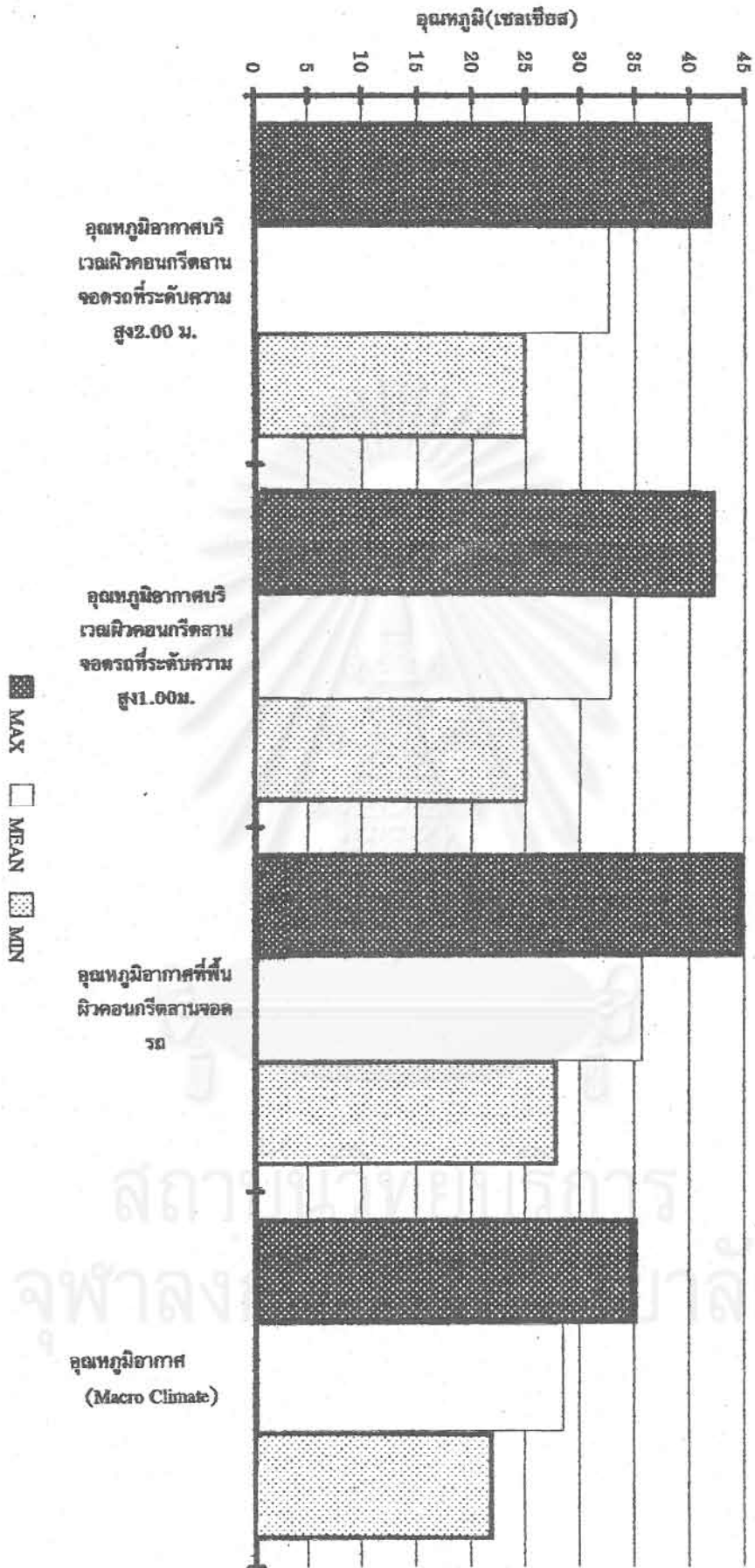
อุณหภูมิอากาศที่ระดับ 2 เมตร บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงสุดเป็นบริเวณลานจอดรถคอนกรีตโดยมีค่าสูงสุด เมื่อเวลา 12.00 น. ที่ 42 °C และต่ำสุดเมื่อเวลา 06.00 น. ที่ 25 °C โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (  $\Delta T$  ) 17 °C ที่บริเวณคินโล่งค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 40.9 °C เวลา 15.00 น. และ ต่ำสุดที่ 26.4 °C เวลา 06.00 น. ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (  $\Delta T$  ) 14.5 °C ส่วนบริเวณสนามหญ้าจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 38.9 °C เมื่อเวลา 15.00 น. และต่ำสุดที่ 24.9 °C เวลา 05.00 น. บริเวณใต้ต้นไม้มีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.2 °C เมื่อเวลา 15.00 น. และ ต่ำสุดที่ 25.7 °C เวลา 06.00 น. โดยค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (  $\Delta T$  ) 7.5 °C เมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิอากาศ (OUTSIDE AIR TEMPERATURE) พบว่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ระดับความสูง 2 เมตร ใต้ต้นไม้จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ (OA) ตลอดเวลา ส่วนอุณหภูมิอากาศที่บริเวณลานจอดรถ จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ (OA) เกือบตลอดเวลา ยกเว้นในช่วงเวลา 04.00-06.00 น. ที่อุณหภูมิอากาศในบริเวณลานจอดรถจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ (O.A.) MACRO CLIMATE

#### 1.3.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆ บริเวณผิวคอนกรีต ของลานจอดรถ

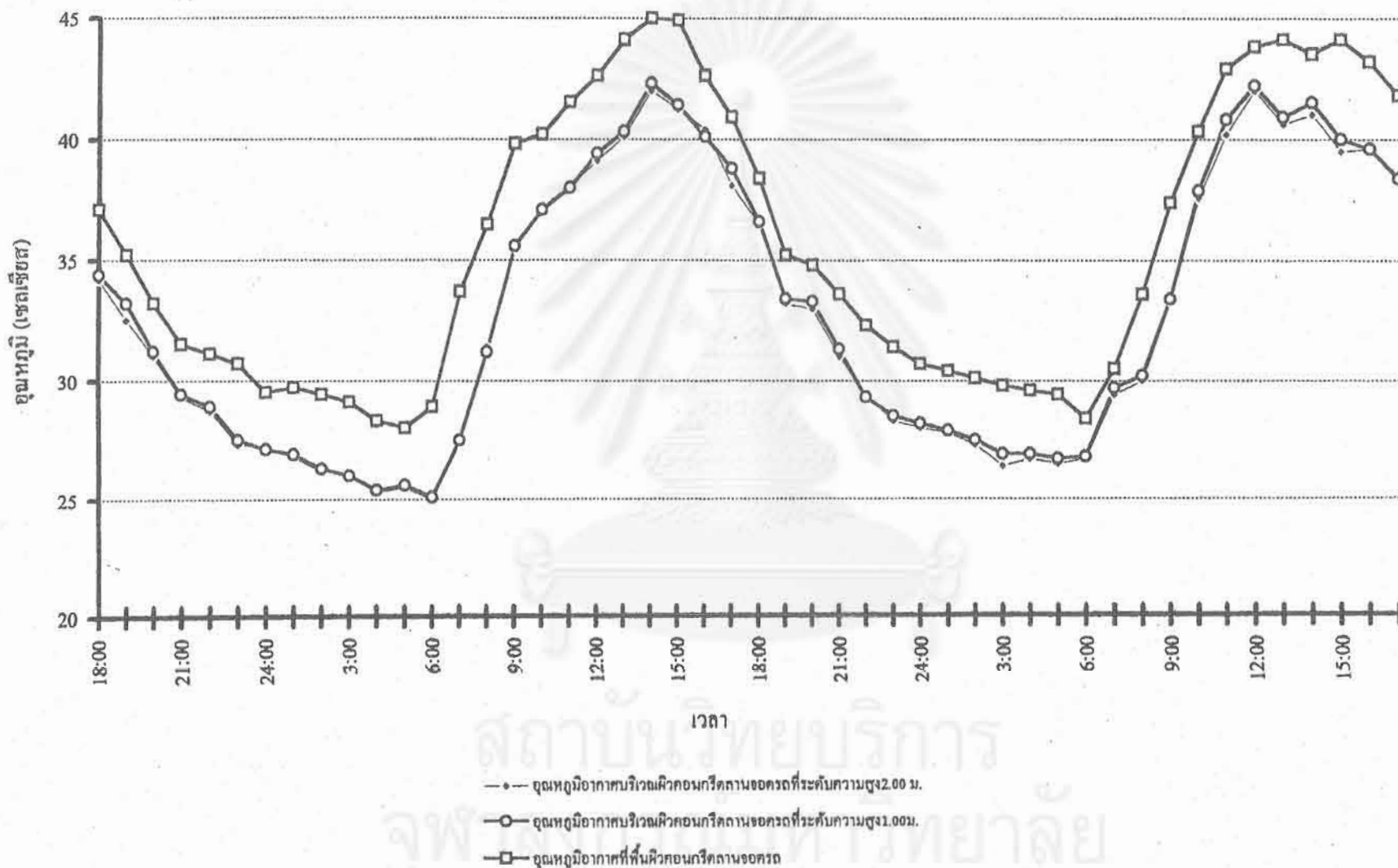
ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 2.00 ม.	MAX	42.00	12.00 น.	
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 2.00 ม.	MEAN	32.66		17
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 2.00 ม.	MIN	25.00	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 1.00 ม.	MAX	42.30	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 1.00 ม.	MEAN	32.84		17.2
อุณหภูมิอากาศลานจอดรถสูง 1.00 ม.	MIN	25.10	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศผิวลานจอดรถ	MAX	45.00	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศผิวลานจอดรถ	MEAN	35.68		17
อุณหภูมิอากาศผิวลานจอดรถ	MIN	28.00	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ (O.A.) MACRO CLIMATE	MAX	35.50	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ (O.A.)	MEAN	28.52		13.4
อุณหภูมิอากาศ (O.A.)	MIN	22.10	22.00 น.	

ตารางที่ 1-4 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของลานจอดรถ

รูปที่ 1-27 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่างๆ ของลานจอดรถ



รูปที่ 1-28 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในบริเวณลานจอดรถที่ระดับต่างๆ



1.3.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆ บริเวณดินโล่ง

ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 2.0 ม.	MAX	40.90	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 2.0 ม.	MEAN	31.97		14.5
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 2.0 ม.	MIN	26.40	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 1.0 ม.	MAX	41.30	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 1.0 ม.	MEAN	32.09		15.2
อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งสูง 1.0 ม.	MIN	26.10	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวบริเวณดินโล่ง	MAX	42.70	16.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวบริเวณดินโล่ง	MEAN	33.02		16.8
อุณหภูมิอากาศที่ผิวบริเวณดินโล่ง	MIN	25.90	06.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MAX	26.70	14.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MEAN	25.45		2.3
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MIN	24.40	20.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.0 ม.	MAX	25.80	18.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.0 ม.	MEAN	25.15		2.1
อุณหภูมิดินลึก 1.0 ม.	MIN	23.70	18.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MAX	25.80	01.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MEAN	24.75		2.5
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MIN	23.30	17.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MAX	35.50	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MEAN	28.52		13.4
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MIN	22.10	22.00 น.	

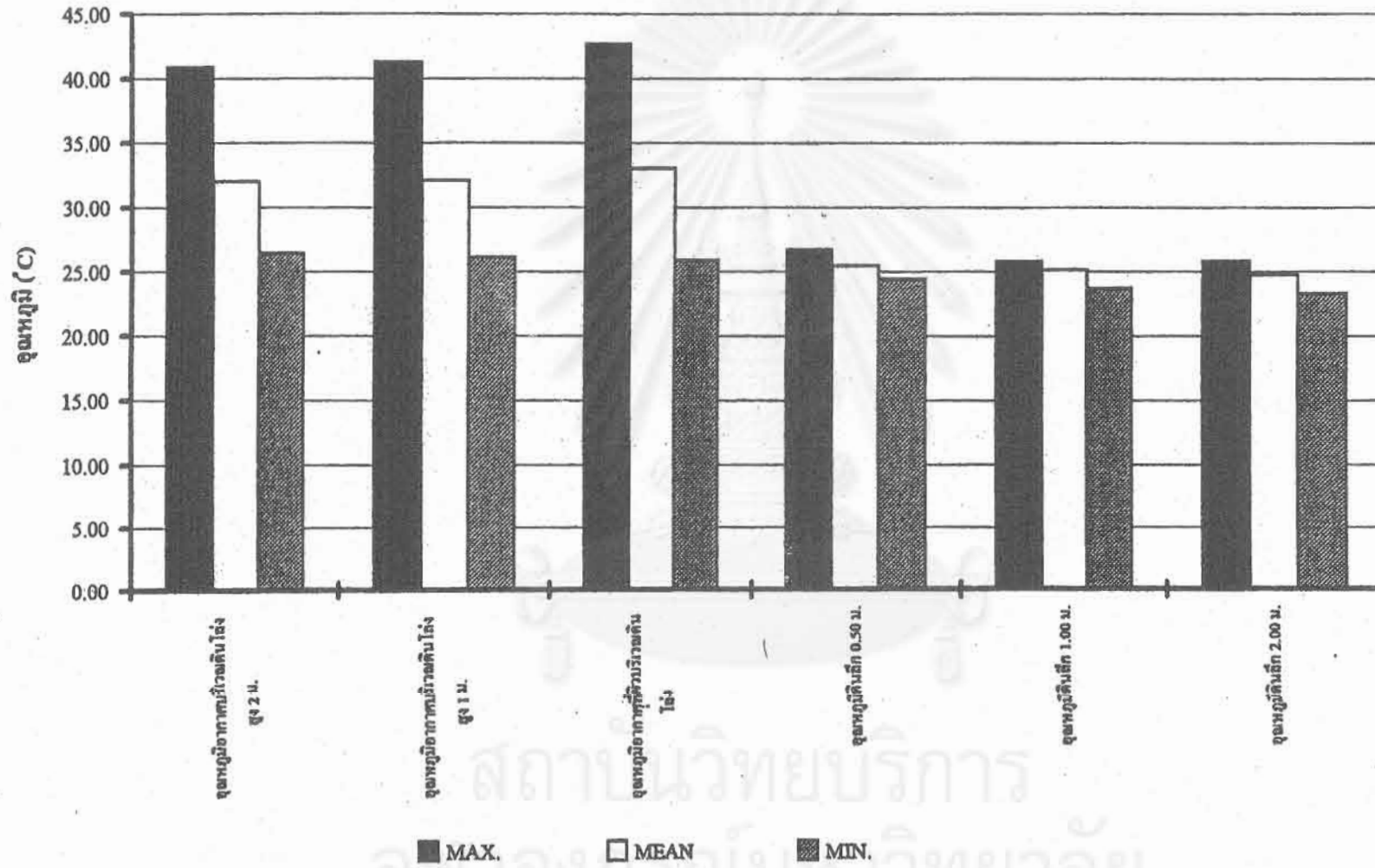
ตารางที่ 1-5 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของบริเวณดินโล่ง

อุณหภูมิอากาศที่ระดับผิวของคอนกรีตจะมีค่าสูงที่สุด ร่องลงมาเป็นอุณหภูมิอากาศที่ระดับสูงจากผิว 1.00 เมตร และ 2.00 เมตร โดยเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศ (O.A) พบว่าจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลา การที่อุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1 เมตร และ 2 เมตร ตลอดเวลา เนื่องจากบริเวณพื้นผิวจะมีการดูดซับพลังงานความร้อนที่ได้มาจากการเปลี่ยนรูปของรังสีคลื่นสั้น มาเป็นรังสีคลื่นยาวในรูปของพลังงานความร้อน และจะเกิดการพา ความร้อน (CONVECTION) จากผิวพื้นขึ้นมาสู่อากาศด้านบน อีกส่วนหนึ่งก็จะเกิดจากการสะท้อน (REFLECTING) ของรังสีคลื่นยาว , HEAT CONDUCTION และ RADIATIVE PSEUDO CONDUCTION ส่วนการที่ผิวบนมีอุณหภูมิลดลงนั้นเป็นผลมาจากการที่พลังงานความร้อนถูกดูด ซับโดยบรรยากาศและตัวแปรอื่น ๆ เช่น ลม



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1-29 แผนภูมิแท่งแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความสูงต่างๆของบริเวณดินโล่ง

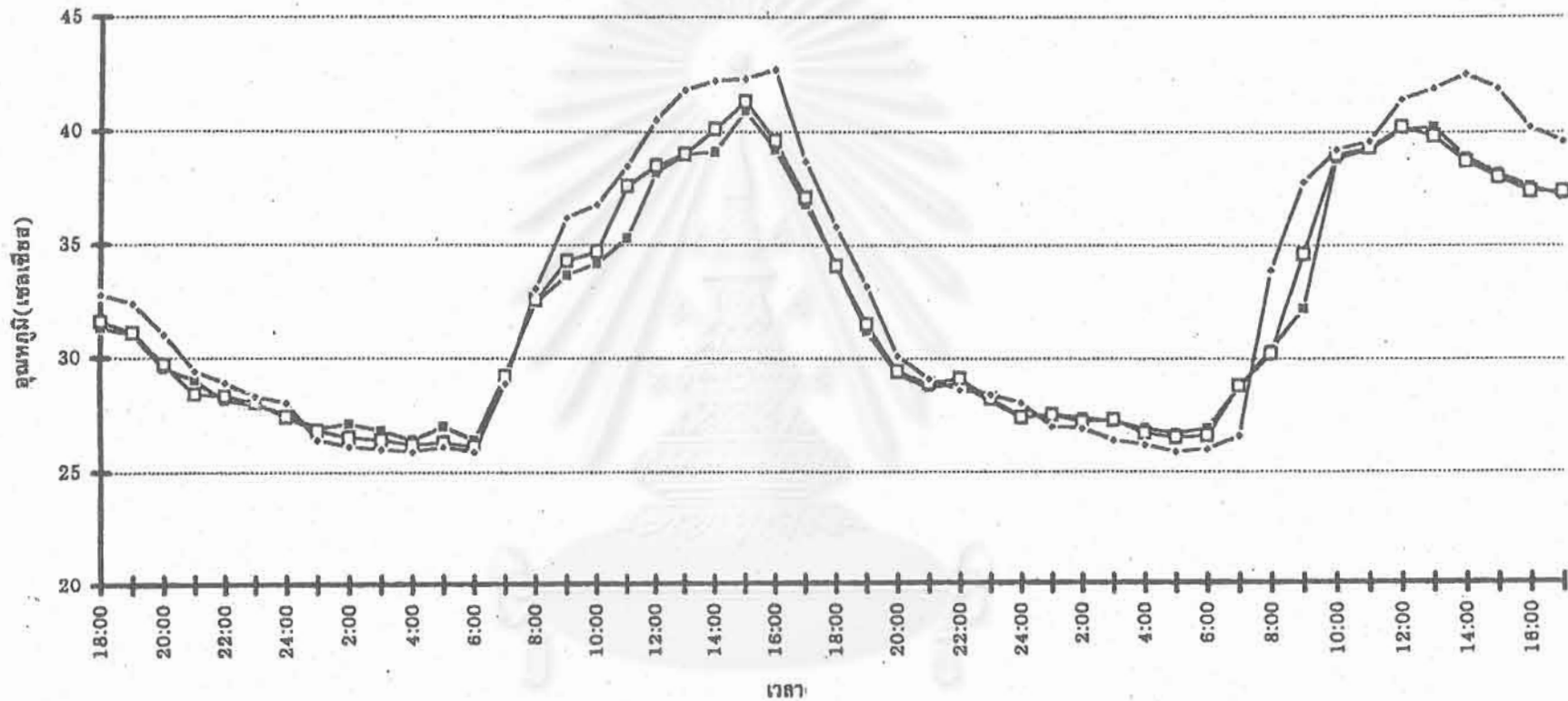


อุณหภูมิอากาศที่บริเวณพื้นผิวของบริเวณดินโล่งจะสูงในช่วงเวลากลางวันและจะลดต่ำลงในช่วงเวลากลางคืนตามสภาพอากาศซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นผิวของดินจะสูงขึ้นมาก และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในบริเวณเดียวกันที่ระดับความสูง 1 เมตร และ 2 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิวดินจะดูดซับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนบางส่วนที่พื้นผิวดินจะถูกถ่ายเทโดยการพัดพาให้กับอากาศที่อยู่เหนือพื้นผิวดิน ในเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศในบริเวณผิวดินก็จะยังคงสูงอยู่เนื่องจากพื้นดินจะสะสมความร้อนไว้ในมวลของดินและจะค่อยๆ ถ่ายเทขึ้นมาสู่ผิวดิน เพื่อถ่ายเทอากาศเหนือผิวดินด้วยการพัดพา ดังนั้นในเวลากลางคืนจึงทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือผิวดินยังมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ระดับความสูง 1.0 ม. และ 2.0 ม. จากพื้นดิน ส่วนในช่วงเวลาเช้ามืด อุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.0 ม. และ 2.0 ม. จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน เนื่องมาจากอิทธิพลการเกิดน้ำค้าง (SATURATION) ของสนามหญ้าในบริเวณข้างเคียง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1-30 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งกลางแจ้งที่ระดับต่างๆ



- อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งกลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- อุณหภูมิอากาศบริเวณดินโล่งกลางแจ้งที่ระดับความสูง 1.00 ม.
- อุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวดินโล่งกลางแจ้ง

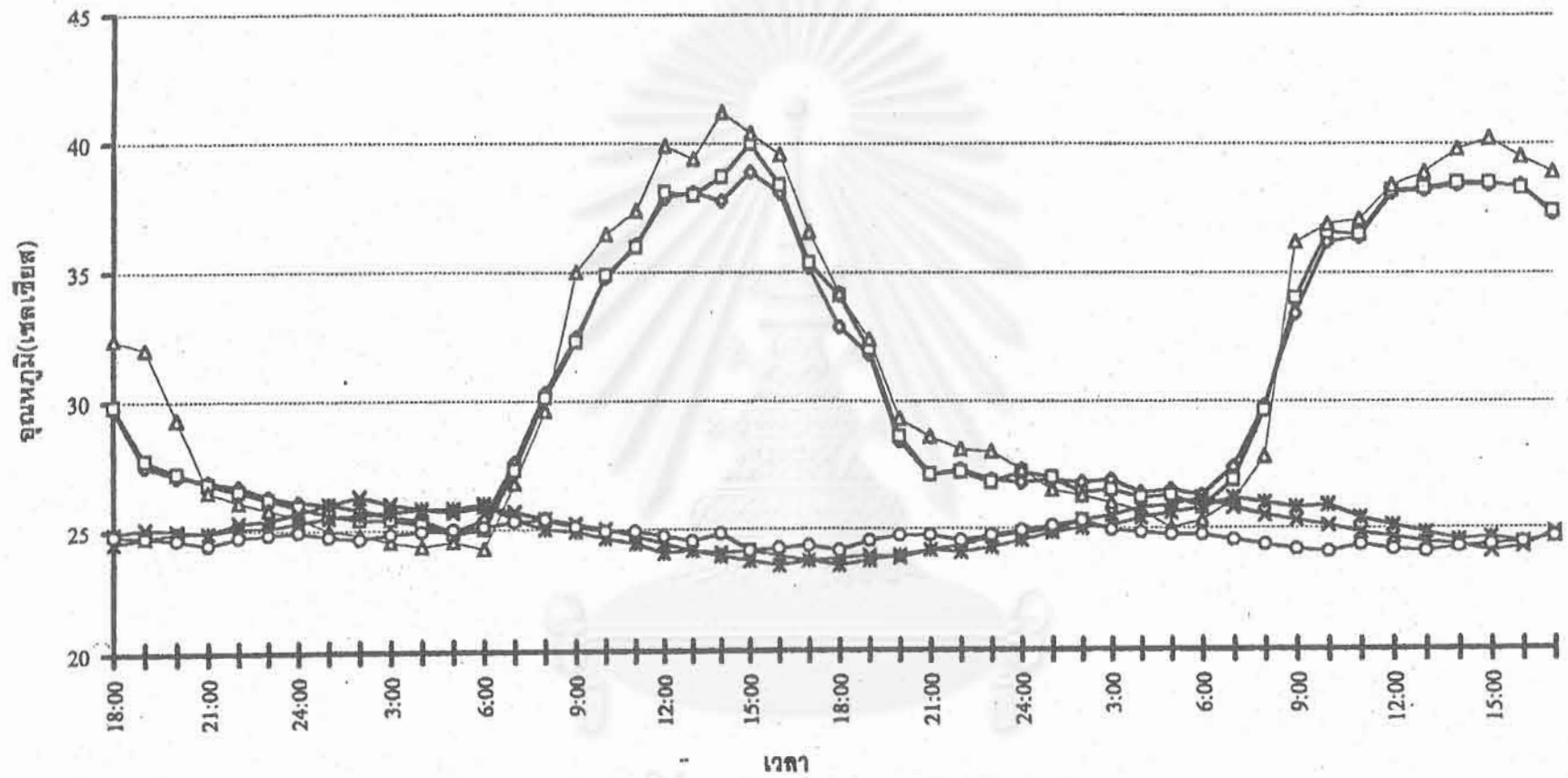


1.3.6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่าง ๆ ของบริเวณสนามหญ้า

ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MAX	38.90	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MEAN	30.90		14.0
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MIN	24.90	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MAX	40.00	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MEAN	30.93		15.2
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MIN	24.80	05.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MAX	41.20	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MEAN	31.45		17.0
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MIN	24.20	06.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MAX	26.30	02.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MEAN	24.96		2.3
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MIN	23.70	17.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MAX	26.20	07.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MEAN	24.85		2.7
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MIN	23.50	16.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MAX	25.40	08.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MEAN	24.63		1.4
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MIN	24.00	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ	MAX	35.50	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ	MEAN	28.52		13.4
อุณหภูมิอากาศ	MIN	22.10	22.00 น.	

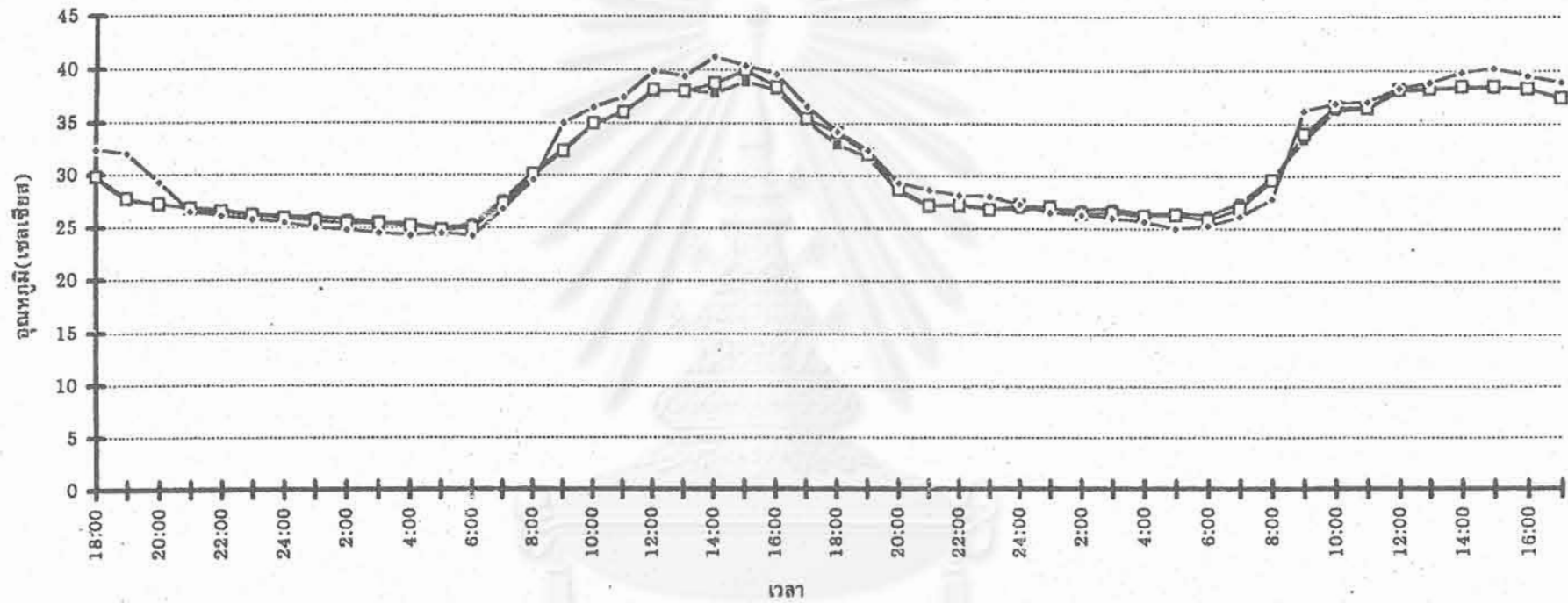
ตารางที่ 1-6 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับต่าง ๆ ของสนามหญ้า

รูปที่ 1-81 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับต่างๆ



- อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 1.00 ม.
- △ อุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวสนามหญ้ากลางแจ้ง
- × อุณหภูมิพื้นบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 0.50 ม.
- \* อุณหภูมิพื้นบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 1.00 ม.
- อุณหภูมิพื้นบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.

รูปที่ 1-32 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง



- อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 2.00 ม.
- - - □ - - - อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 1.00 ม.
- - - ○ - - - อุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวสนามหญ้ากลางแจ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวของสนามหญ้ากลางแจ้งจะมีค่าสูงที่สุดในเวลากลางวัน และที่ระดับ 1 เมตร และ 2 เมตร อุณหภูมิอากาศจะค่อย ๆ ลดลงไปตามลำดับ ในเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศที่บริเวณพื้นผิวจะลดลงต่ำที่สุด และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นที่ระดับ 1 เมตร และ 2 เมตร เหตุผลที่อุณหภูมิอากาศบริเวณกลางแจ้ง ของสนามหญ้ามียุณหภูมิสูงกว่าที่ระดับความสูง 1 เมตรและ 2 เมตร ก็เพราะมวลของหญ้าและมวลของดินเป็นสิ่งทึบตัน (OPAQUE) เมื่อได้รับรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ จะแปลงรูปพลังงานบางส่วนเป็นพลังงานความร้อนมาเก็บไว้ในมวลสาร จากนั้นก็สะท้อนรังสีบางส่วนซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวออกไป พลังงานความร้อนจึงสะสมอยู่ใต้ใบหญ้าและส่งผ่าน (TRANSMIT) ลงไปที่ดินในระดับความลึกต่างๆและจะค่อย ๆ คายพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน ในเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิอากาศลดต่ำลงและความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิที่บริเวณใบหญ้าจะลดต่ำกว่าอุณหภูมิกะเปาะเปียก เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (SATURATION) และเมื่อมีลมพัดผ่านมาน้ำค้างที่ยอดหญ้าจะเกิดการระเหย (EVAPORATION) กลายเป็นไอ พลังงานความร้อนจึงถูกใช้ไปในการแปลงสถานะของน้ำ จึงทำให้อุณหภูมิที่วัดในบริเวณพื้นผิวของสนามหญ้าลดต่ำลง ส่วนอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ จะแปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศ กล่าวคือ จะสูงในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศลดต่ำลง และลดลงในช่วงที่อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น เนื่องมาจากเหตุผลเรื่องระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (TIME LAG) ในการนำความร้อนของชั้นดิน

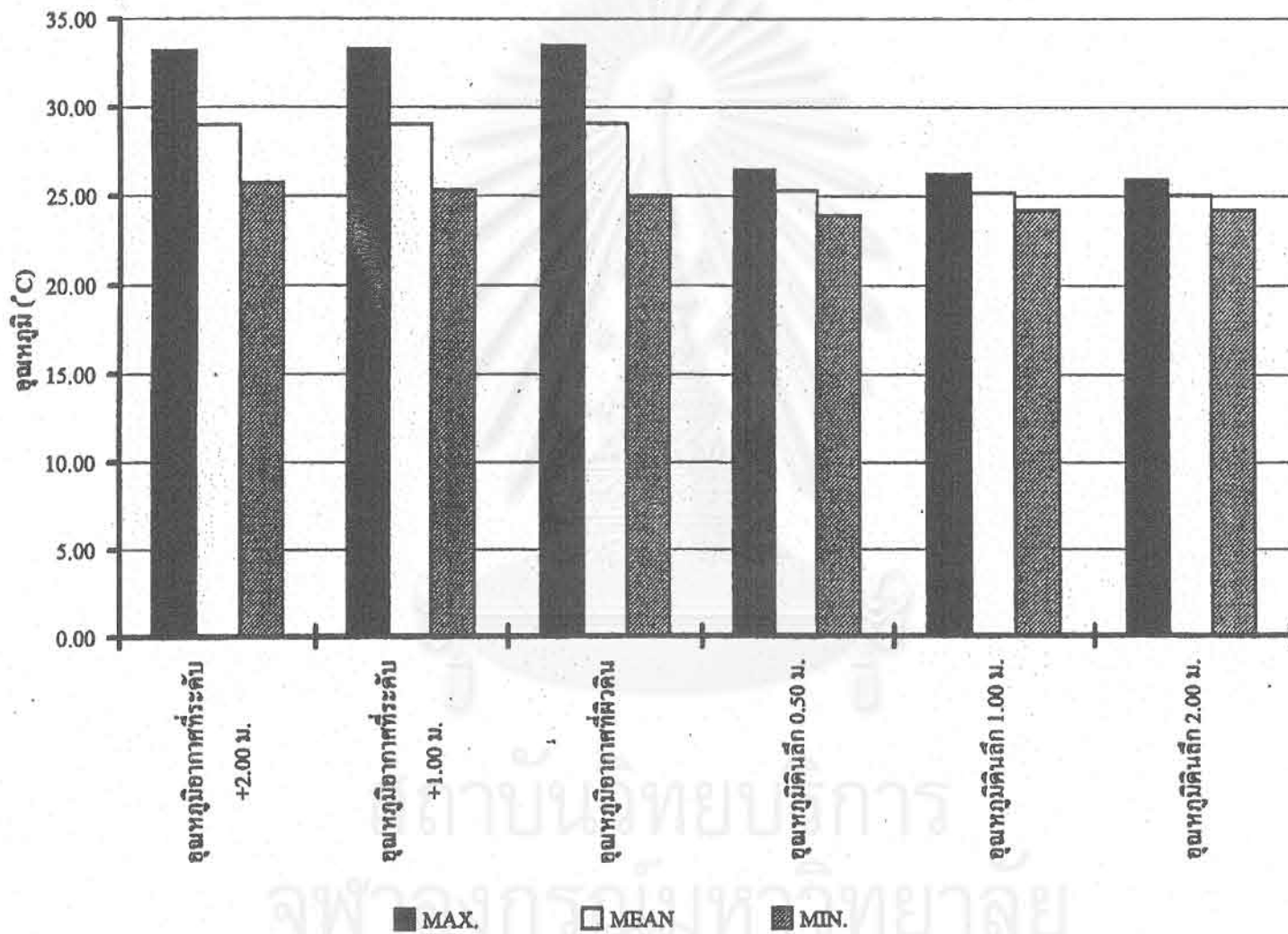
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณต้นไม้ที่ระดับต่าง ๆ

ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MAX	33.20	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MEAN	28.96		7.5
อุณหภูมิอากาศระดับ + 2.00 ม.	MIN	25.70	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MAX	33.30	15.00 น.	
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MEAN	29.00		8.0
อุณหภูมิอากาศระดับ + 1.00 ม.	MIN	25.30	06.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MAX	33.50	16.00 น.	
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MEAN	29.06		8.5
อุณหภูมิอากาศที่ผิวดิน	MIN	25.00	06.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MAX	26.40	05.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MEAN	25.28		2.5
อุณหภูมิดินลึก 0.50 ม.	MIN	23.90	15.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MAX	26.20	07.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MEAN	25.16		2.0
อุณหภูมิดินลึก 1.00 ม.	MIN	24.20	14.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MAX	25.90	08.00 น.	
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MEAN	25.03		1.7
อุณหภูมิดินลึก 2.00 ม.	MIN	24.20	18.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MAX	35.50	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MEAN	28.52		13.4
อุณหภูมิอากาศ MACRO CLIMATE	MIN	22.10	22.00 น.	

ตารางที่ 1-7 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับต่าง ๆ ของบริเวณใต้ต้นไม้

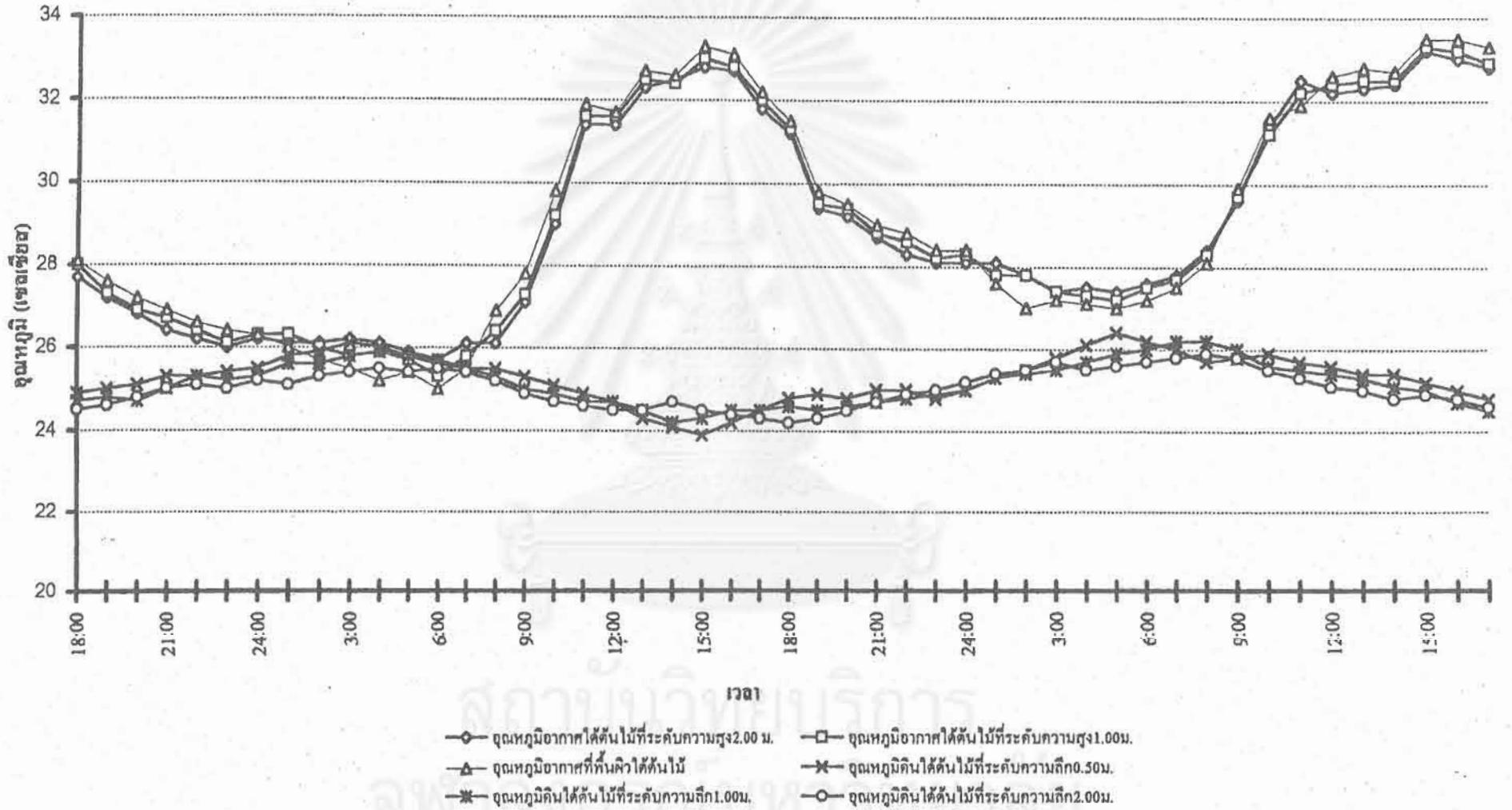
รูปที่ 1-33 แผนภูมิแท่งแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับต่างๆของบริเวณต้นไม้



T18350604

รูปที่ 1-34 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ที่ระดับต่างๆ

1-37



อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันตลอดเวลา ยกเว้นตอนเช้าตรู่ เพราะพลังงานความร้อนเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ (RADIATION) โดยในเวลาเช้าตรู่ดวงอาทิตย์จะโคจรต่ำลง ส่วนในเวลากลางวันพุ่มขนาดใหญ่ของใบไม้จะทำหน้าที่กั้นกรอง ดูดซับและสะท้อนค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ได้ในระดับหนึ่ง ปริมาณที่ส่องผ่านลงมาถึงผิวดินจึงมีเหลือไม่มาก ปริมาณรังสีคลื่นสั้นที่จะตกกระทบดินจึงลดน้อยลง ในทางกลับกันเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณกลางแจ้งของลานสนามหญ้า เหตุผลหนึ่งก็คือ การสะท้อนรังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืนของสนามหญ้าไม่มีสิ่งกีดขวาง อุณหภูมิใต้ผิวดินที่ระดับต่าง ๆ จะค่อย ๆ คงที่ การเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิ ( $\Delta T$ ) มีไม่มากนัก ขึ้นอยู่กับระดับความลึกจากผิวดิน โดยระดับที่มีความลึกน้อยกว่าจะมีการขึ้นและลงของอุณหภูมิดินมากกว่า ( $\Delta T$  มากกว่า)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## การวิเคราะห์อุณหภูมิดินและน้ำในชั้นตอนที่ 2

วันเวลาที่เก็บข้อมูล : เริ่มเวลา 18.00 น. ของวันที่ 4 พฤษภาคม 2539

ถึงเวลา 17.00 น. ของวันที่ 6 พฤษภาคม 2539

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆตามสภาพแวดล้อมต่างๆกัน 3 ประเภท ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่อยู่ใต้ต้นไม้ขนาดใหญ่ สภาพแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้งเป็นลานสนามหญ้า และสภาพแวดล้อมที่เป็นดินโล่งกลางแจ้ง

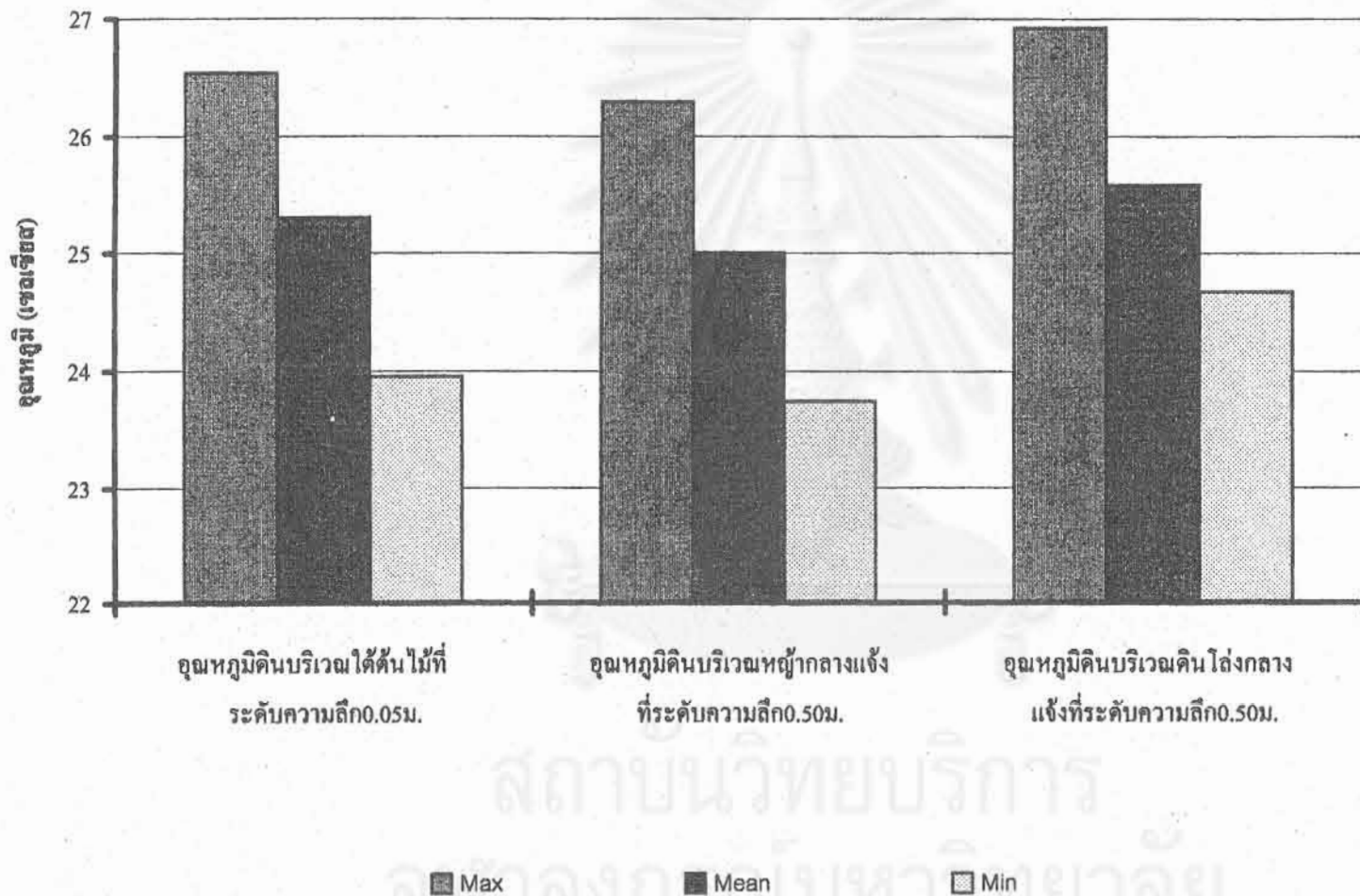
### ผลการวิเคราะห์ในชั้นตอนที่ 2

#### 1.3.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MAX	26.40	05.00 น.	
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MEAN	25.28		2.5
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MIN	23.90	15.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MAX	26.30	02.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MEAN	31.45		2.3
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MIN	24.00	15.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MAX	26.90	4.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MEAN	25.82		2.15
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MIN	24.75	16.00 น.	

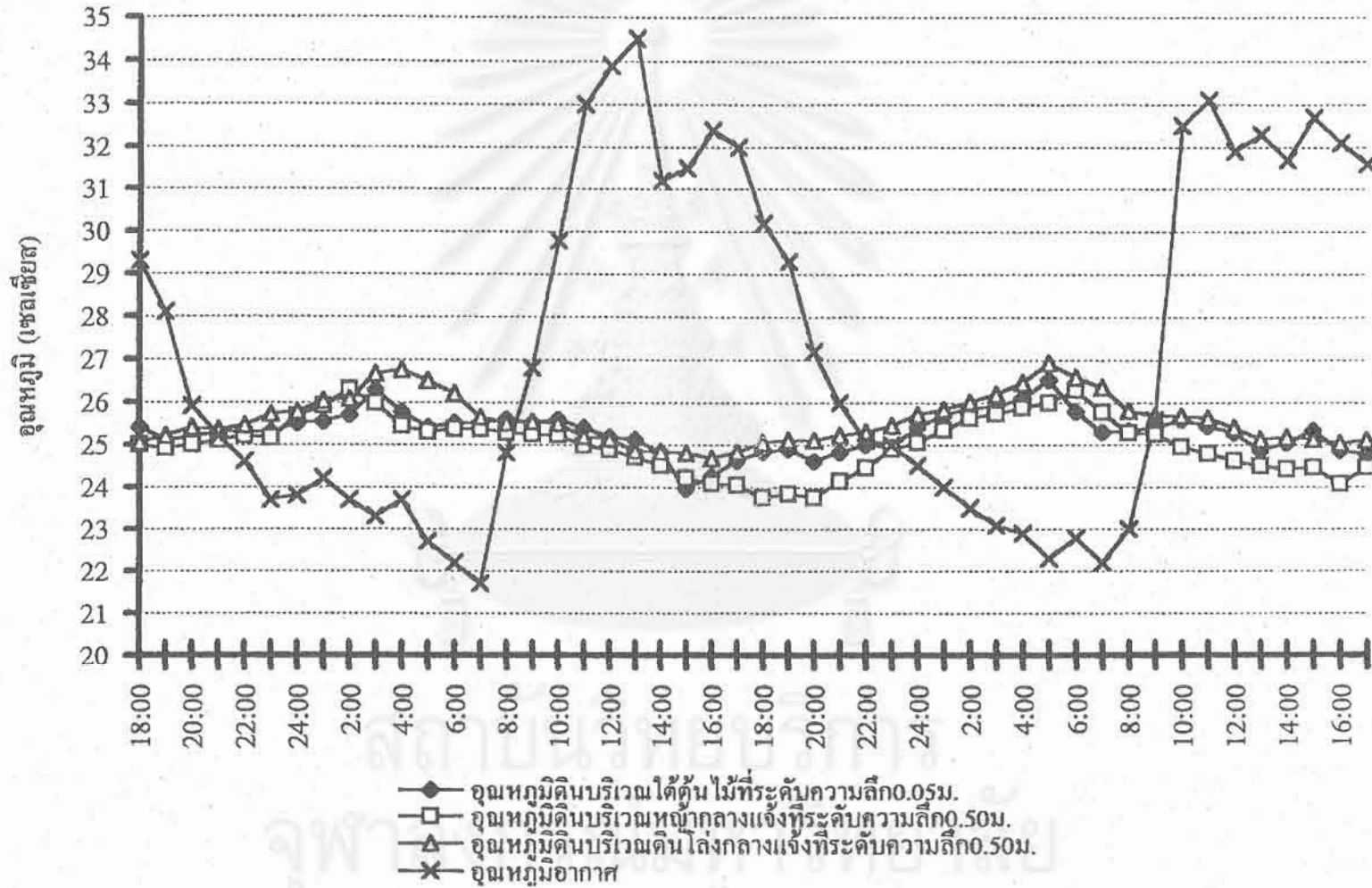
ตารางที่ 1-8 แสดงค่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

รูปที่ 1-85 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ระดับความลึก 0.50 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1-36 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันกับ

อุณหภูมิอากาศ

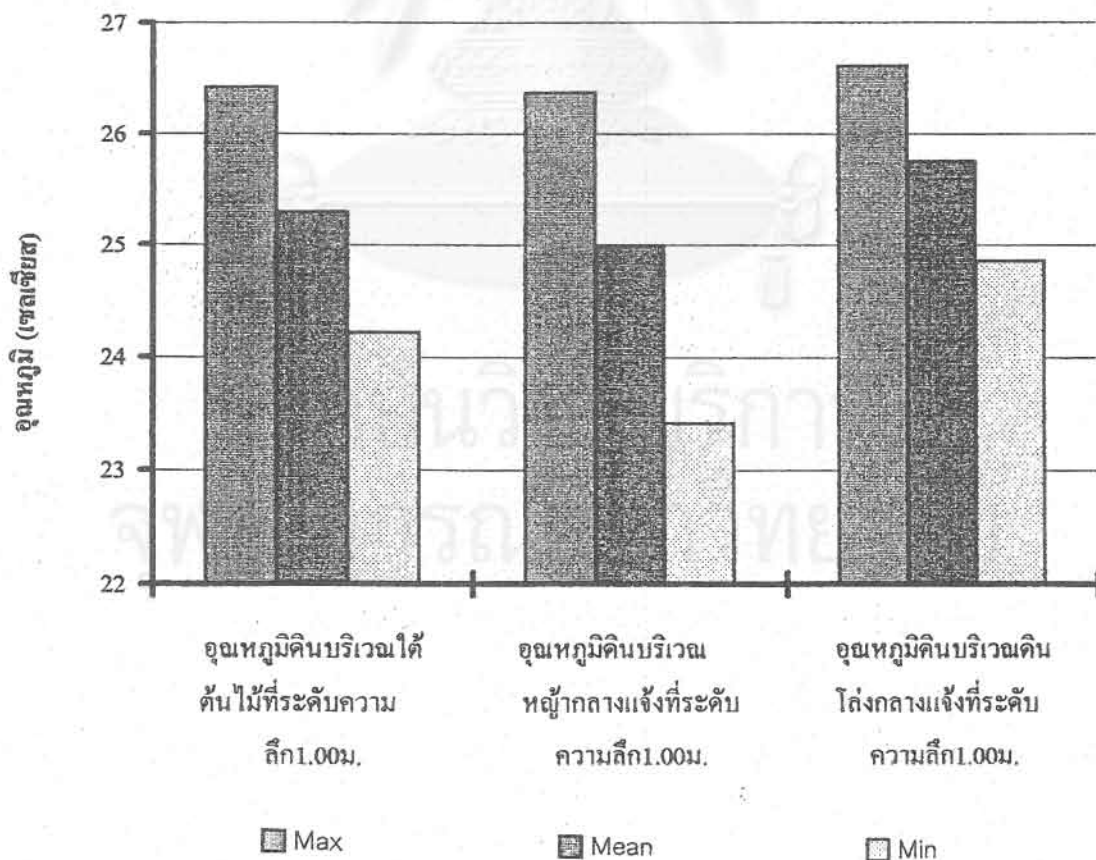


1.3.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ที่ระดับความลึก 1.0 ม.

ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

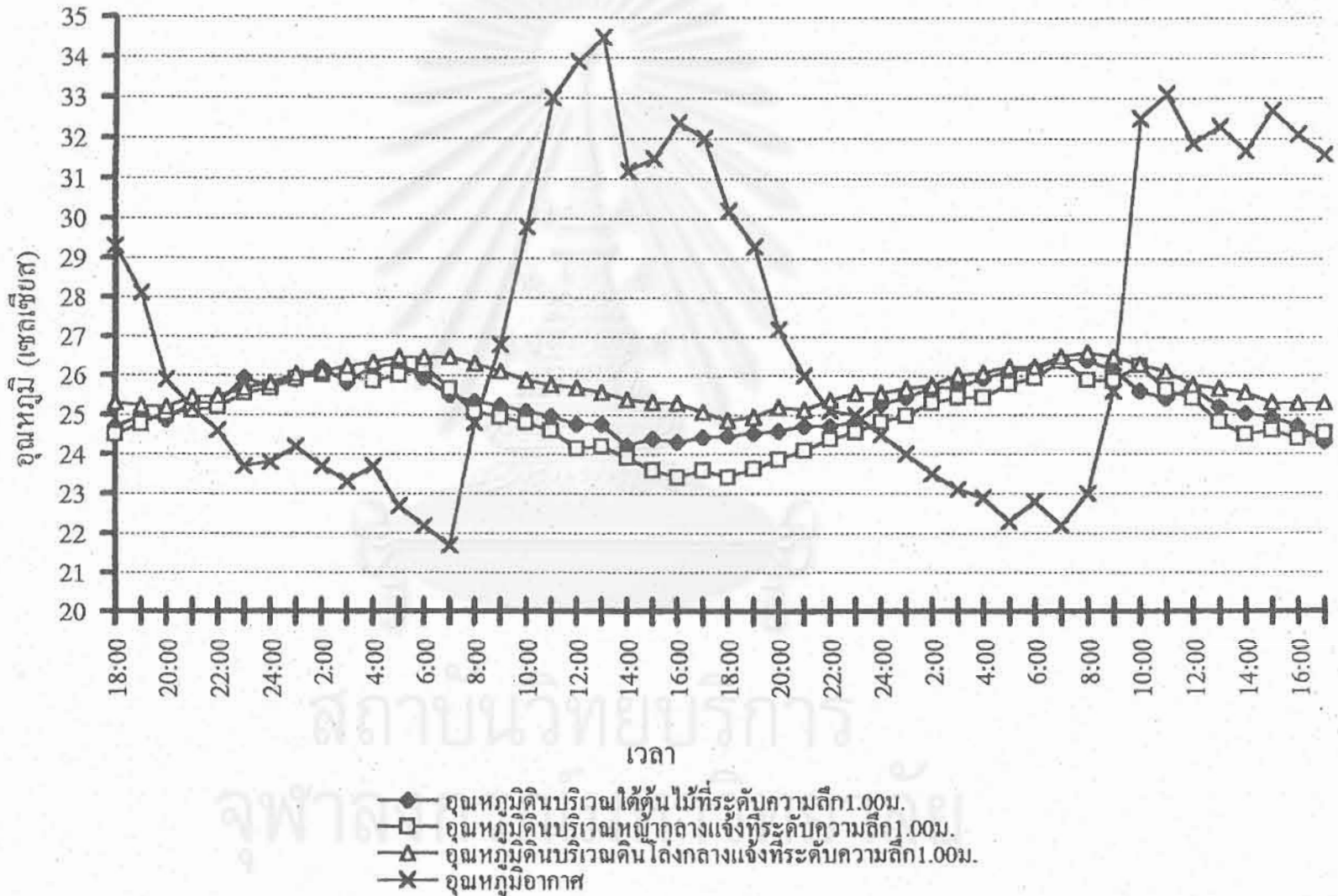
สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MAX	26.20	07.00 น.	
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MEAN	25.16		2
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MIN	24.20	14.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MAX	26.20	07.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MEAN	24.85		2.7
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MIN	23.50	16.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MAX	26.65	08.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MEAN	25.75		1.8
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MIN	24.85	18.00 น.	

ตารางที่ 1-9 แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 1 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1-37 แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุดที่ระดับความลึก 1 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

รูปที่ 1-38 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1.00 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่ต่างต่างกัน กับอุณหภูมิอากาศ

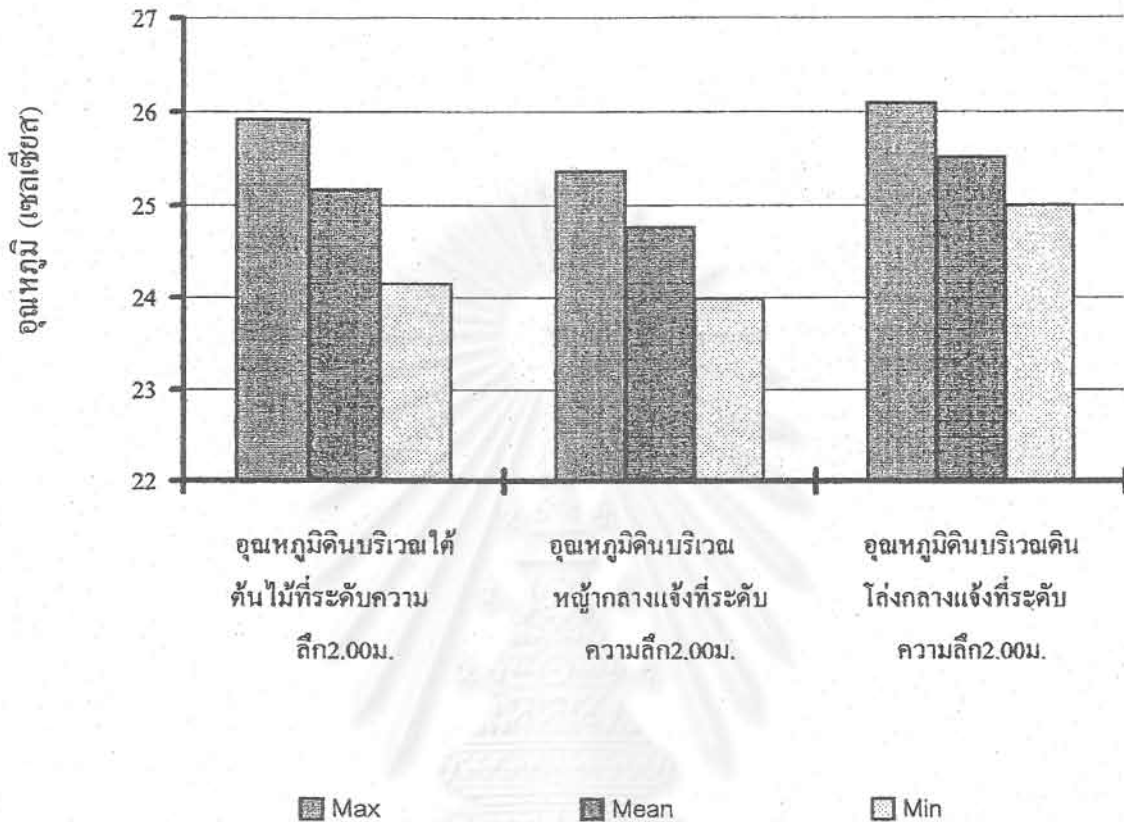


1.3.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 2 ม. ในสภาพแวดล้อม  
ที่แตกต่างกัน

สภาพแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MAX	25.90	08.00 น.	
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MEAN	25.03		1.7
อุณหภูมิดินที่บริเวณใต้ต้นไม้	MIN	24.20	18.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MAX	25.40	08.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MEAN	24.63		1.4
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า	MIN	24.00	13.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MAX	26.20	08.00 น.	
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MEAN	25.60		1.2
อุณหภูมิดินบริเวณกลางแจ้งดินโล่ง	MIN	25.00	17.00 น.	

ตารางที่ 1-10 แสดงค่าอุณหภูมิดิน สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 2 ม. ใน  
สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

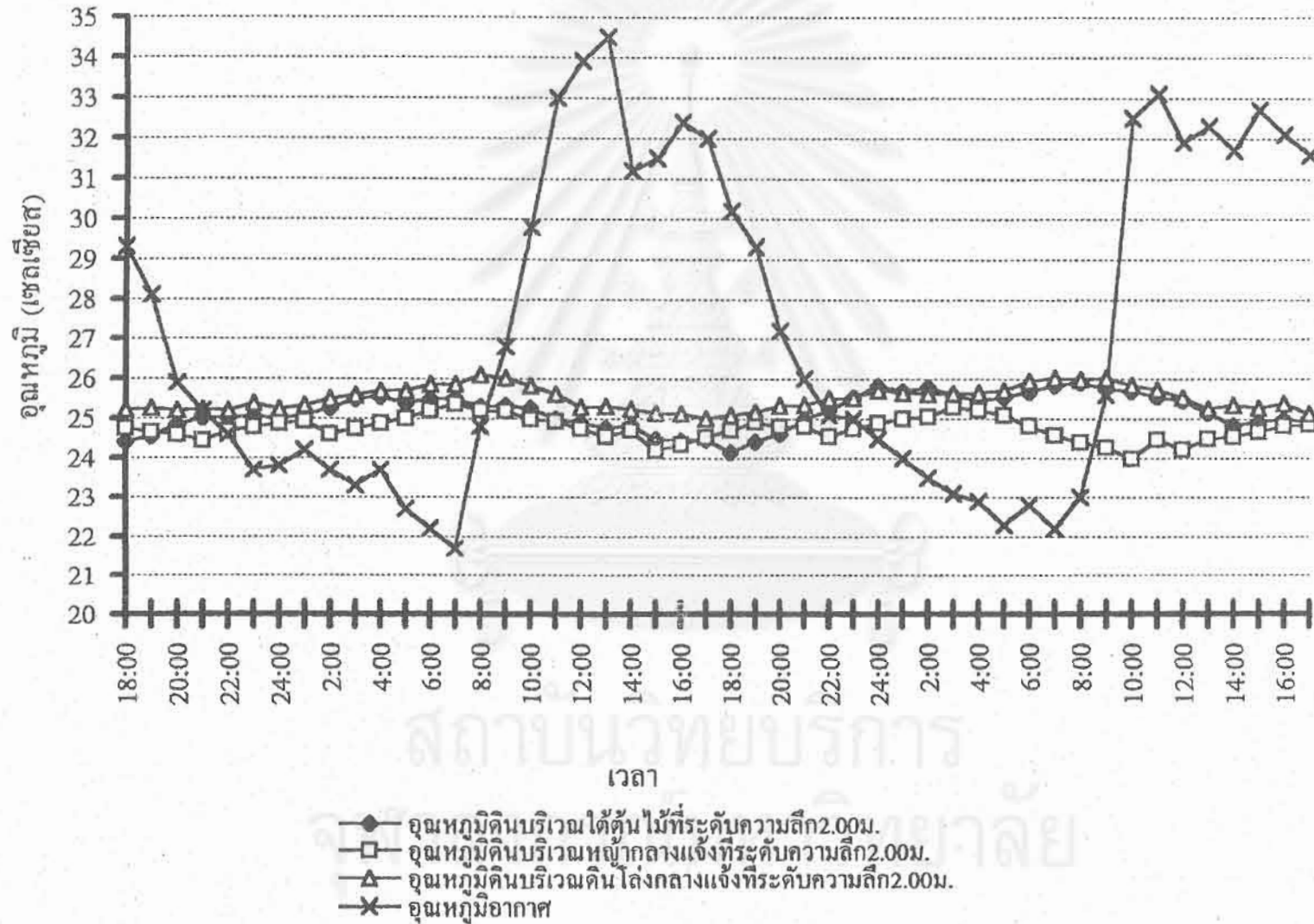
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึก 2 ม. ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร, 1.00 เมตร และ 2.00 เมตร ดังที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 1-36 ถึง 1-40 นั้น พบว่า อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร มีค่าแปรผันตามอุณหภูมิอากาศมากที่สุด โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด ( $\Delta T$ ) มากที่สุด ส่วนอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1 เมตร และ 2 เมตร ของทุกสภาพแวดล้อมมีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด ( $\Delta T$ ) รองลงไปตามลำดับ

รูปที่ 1-40 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 2.00 ม. ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน กับอุณหภูมิอากาศ





สภาพแวดล้อม	$\Delta T$
ดินลึก 0.50 เมตร ใต้ต้นไม้	2.5
ดินลึก 0.50 เมตร กลางสนามหญ้า	2.3
ดินลึก 0.50 เมตร กลางแจ้งของดินโล่ง	2.15

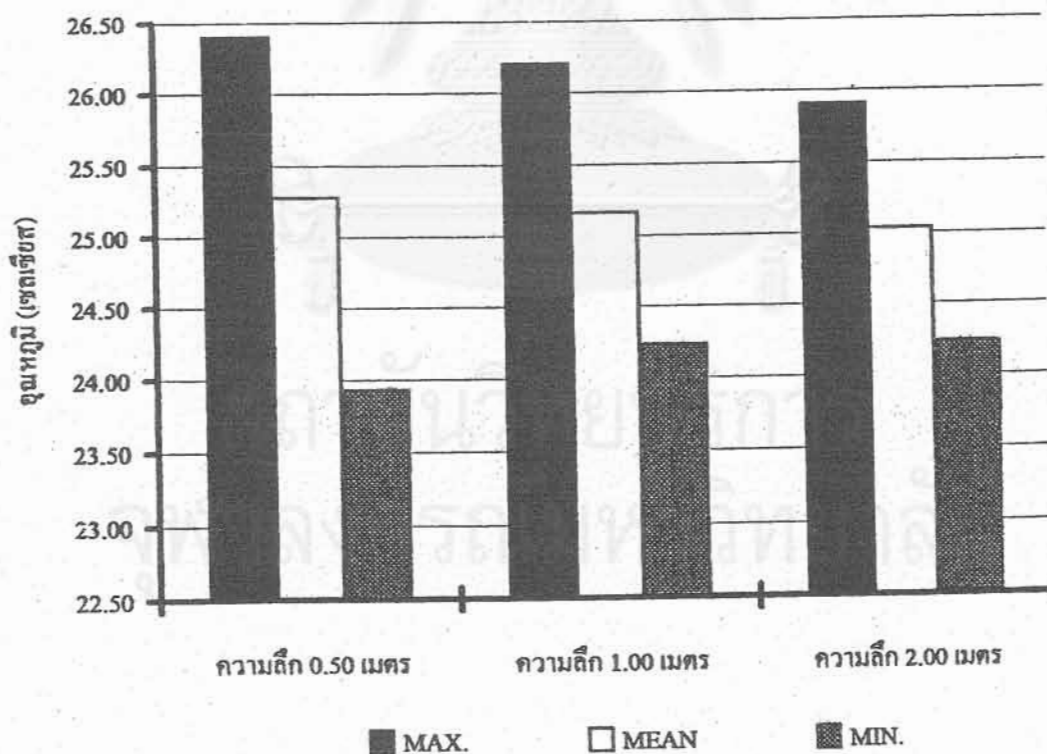
ตารางที่ 1-11 แสดงการเปรียบเทียบ  $\Delta T$  ของดินลึก 0.50 เมตร ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

บริเวณใต้ต้นไม้ที่พุ่มใบของต้นไม้ได้ทำหน้าที่กั้นกรอง ดูดซับ และสะท้อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จึงทำให้บริเวณผิวดินใต้ต้นไม้มีค่าอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าในบริเวณสภาพแวดล้อมอื่นๆ ความร้อนที่ถูกดูดซับโดยดินจึงมีไม่มากเท่ากับบริเวณสนามหญ้าและดินโล่ง ในส่วนของบริเวณกลางแจ้งของสนามหญ้านั้น พุ่มของใบหญ้ายังคงทำหน้าที่กั้นกรอง ดูดซับ และสะท้อนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ไปได้บ้าง ในขณะที่บริเวณดินโล่งกลางแจ้งไม่มีการกั้นกรองใด ๆ เลย ความร้อนที่ถูกดูดซับโดยดินเปล่ากลางแจ้งจึงมีมากที่สุด สำหรับบริเวณกลางแจ้งของสนามหญ้านั้นความหยาบ (TEXTURE) ของใบจะช่วยสะท้อนความร้อนได้ดี แต่สิ่งที่พิเศษกว่านั้นก็คือ ใบหญ้ายังจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่น่าสนใจ กล่าวคือในเวลากลางวันบริเวณสนามหญ้ายังเกิดน้ำค้าง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิดินมีค่าลดลง อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร มีค่า TIME-LAG ประมาณ 10-12 ชั่วโมง อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร จึงมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 02.00 น. - 04.00 น. ส่วนอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 2 เมตร นั้น ค่า  $\Delta T$  มีไม่มากนัก เส้นกราฟแสดงค่าอุณหภูมิจึงค่อนข้างคงที่กว่าที่ระดับตื้นๆ อุณหภูมิในบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งและดินโล่งกลางแจ้งก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการศึกษานี้ใช้สถานที่ทดสอบในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน

1.3.11 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ต้นไม้

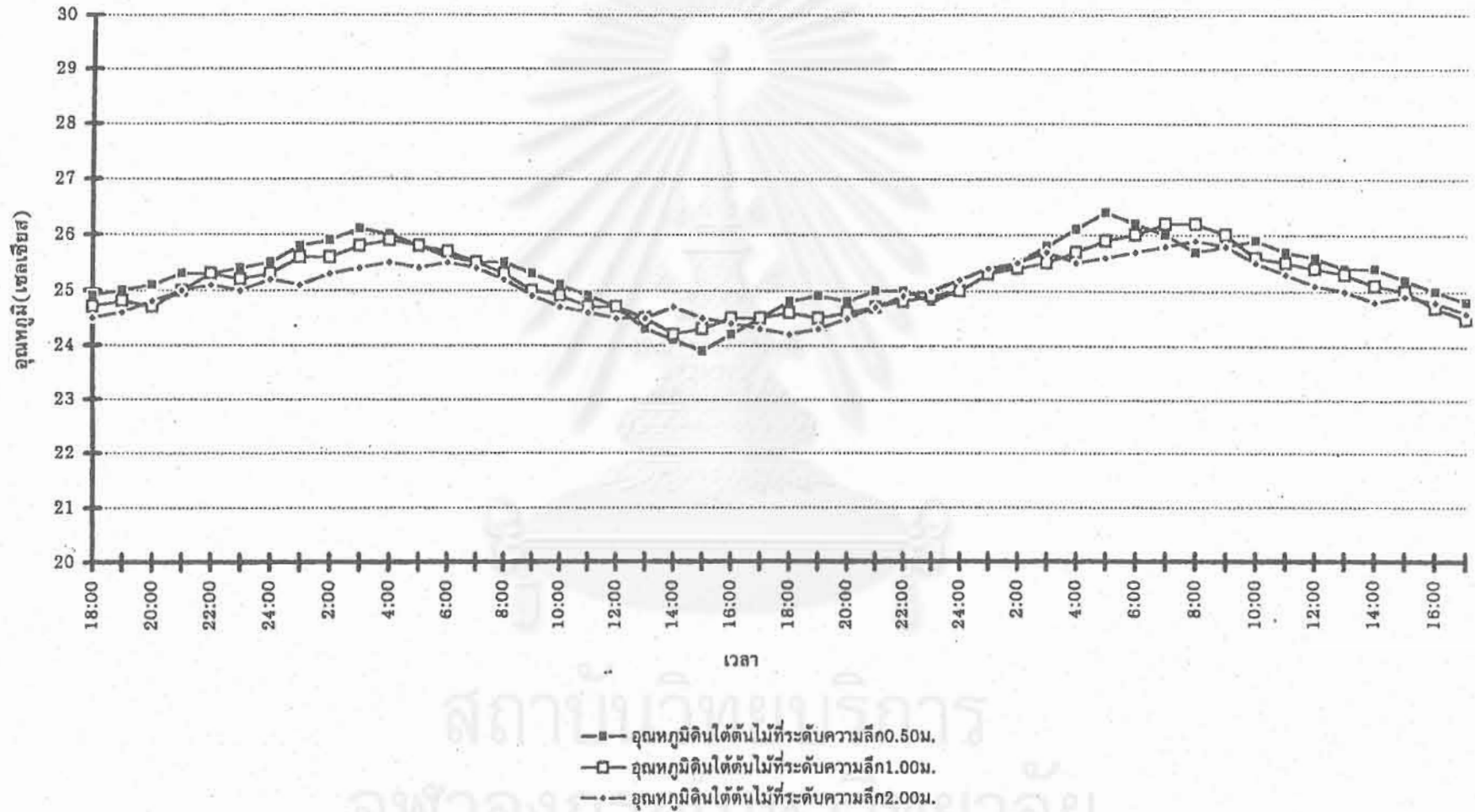
ระดับความลึก	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ความลึก 0.50 เมตร	MAX	26.40	05.00 น.	
ความลึก 0.50 เมตร	MEAN	25.28		2.5
ความลึก 0.50 เมตร	MIN	23.90	15.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MAX	26.20	07.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MEAN	25.16		2
ความลึก 1.00 เมตร	MIN	24.20	14.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MAX	25.90	08.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MEAN	25.03		1.7
ความลึก 2.00 เมตร	MIN	24.20	18.00 น.	

ตารางที่ 1-12 แสดงค่าอุณหภูมิดินสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ต้นไม้



รูปที่ 1-41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ต้นไม้

รูปที่ 1-42 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆใต้ต้นไม้

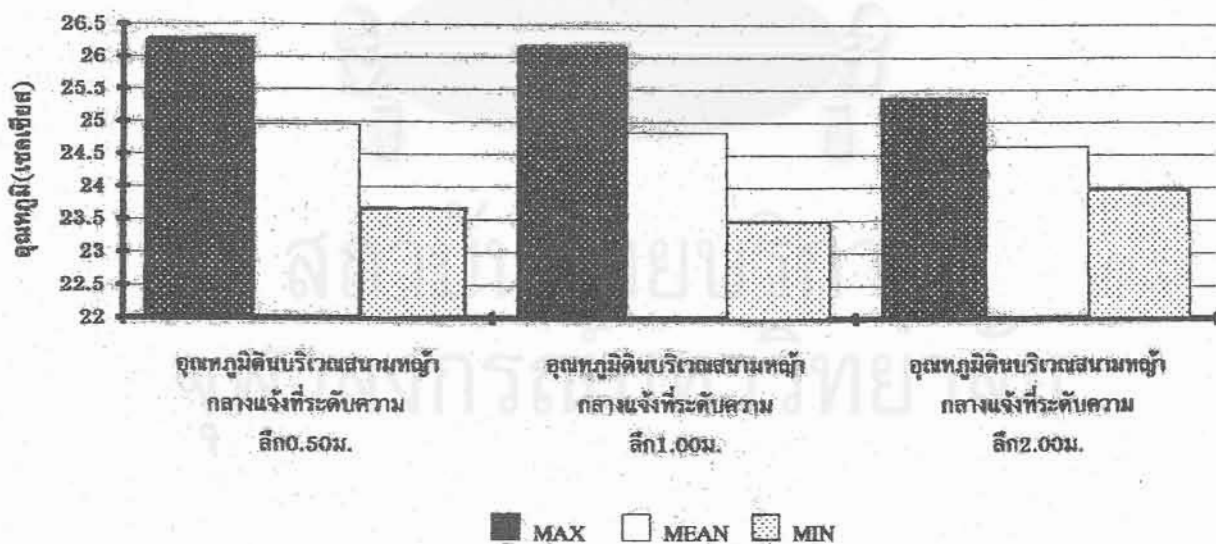


สถาบันวิจัยนริขาร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

ระดับความลึก	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ความลึก 0.50 เมตร	MAX	26.30	02.00 น.	
ความลึก 0.50 เมตร	MEAN	31.45		2.3
ความลึก 0.50 เมตร	MIN	24.00	15.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MAX	26.20	07.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MEAN	24.85		2.7
ความลึก 1.00 เมตร	MIN	23.50	16.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MAX	25.40	08.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MEAN	24.63		1.4
ความลึก 2.00 เมตร	MIN	24.00	13.00 น.	

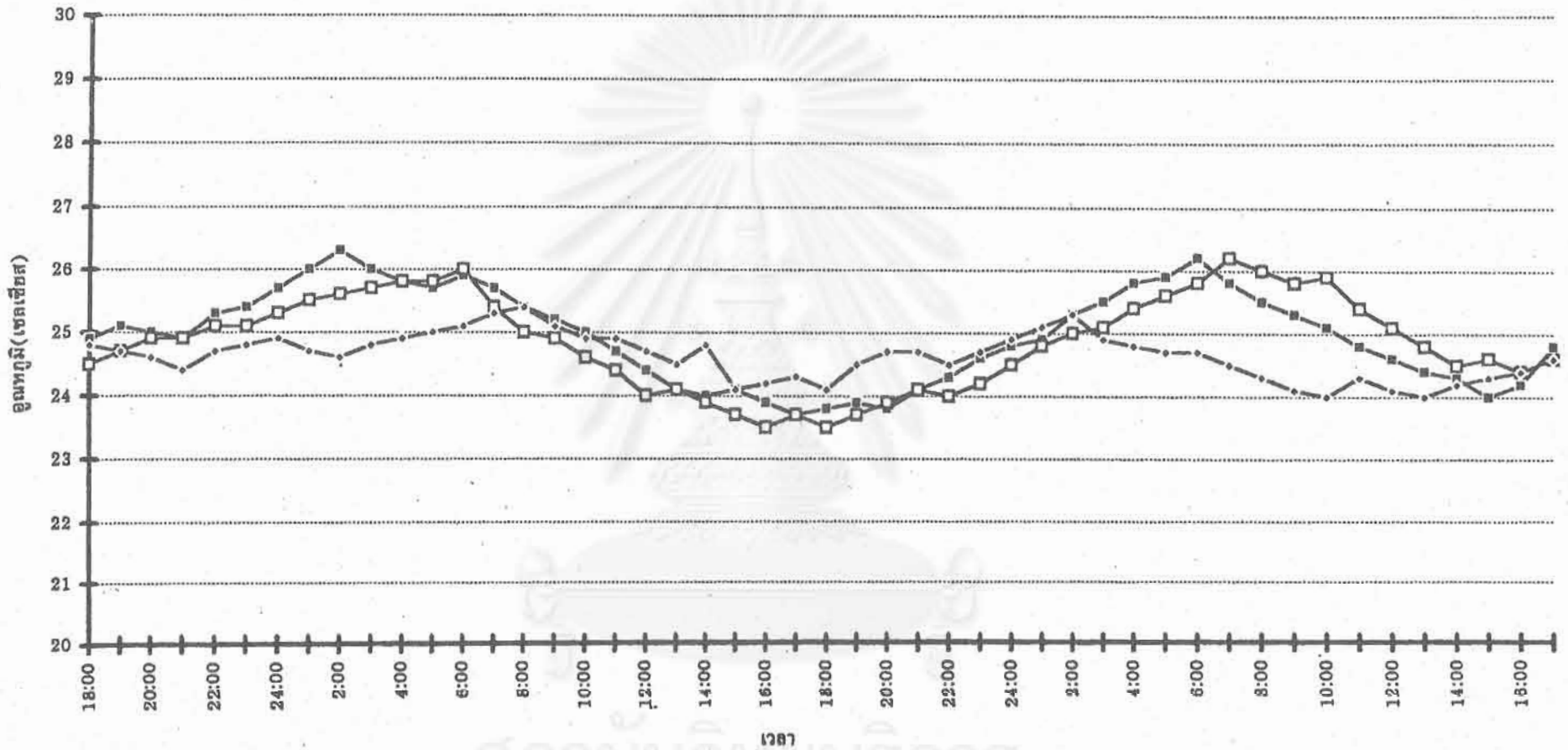
ตารางที่ 1-13 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง



รูปที่ 1-43 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

รูปที่ 1-44 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

15-1

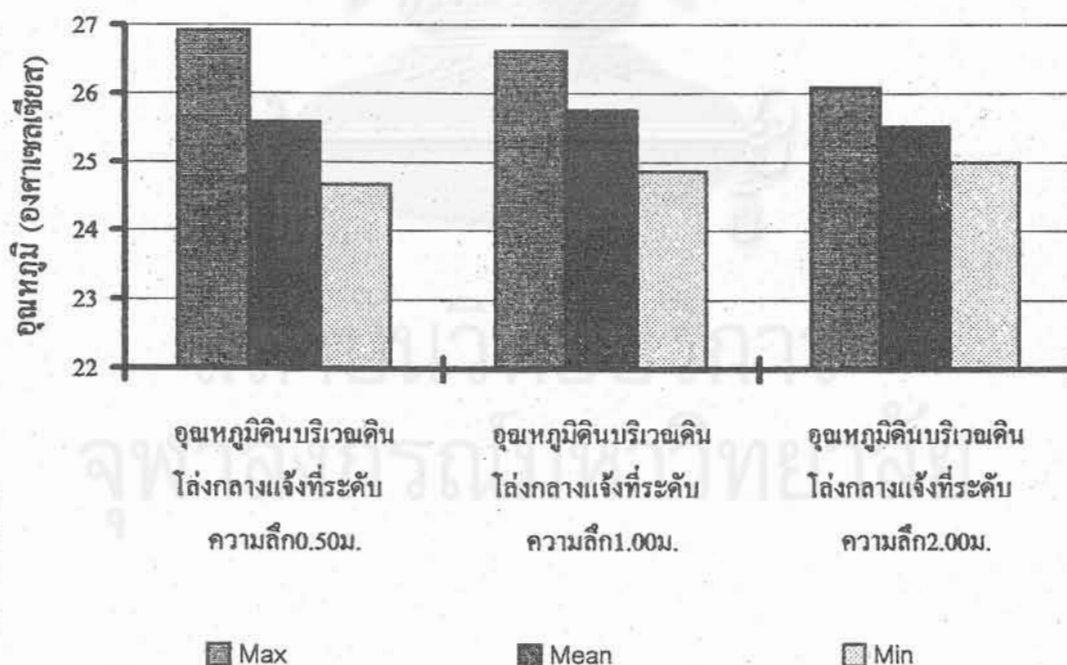


- อุณหภูมิดินบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความลึก 0.50 ม.
- อุณหภูมิดินบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความลึก 1.00 ม.
- อุณหภูมิดินบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความลึก 2.00 ม.

1.3.13 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณดินโล่งกลางแจ้ง

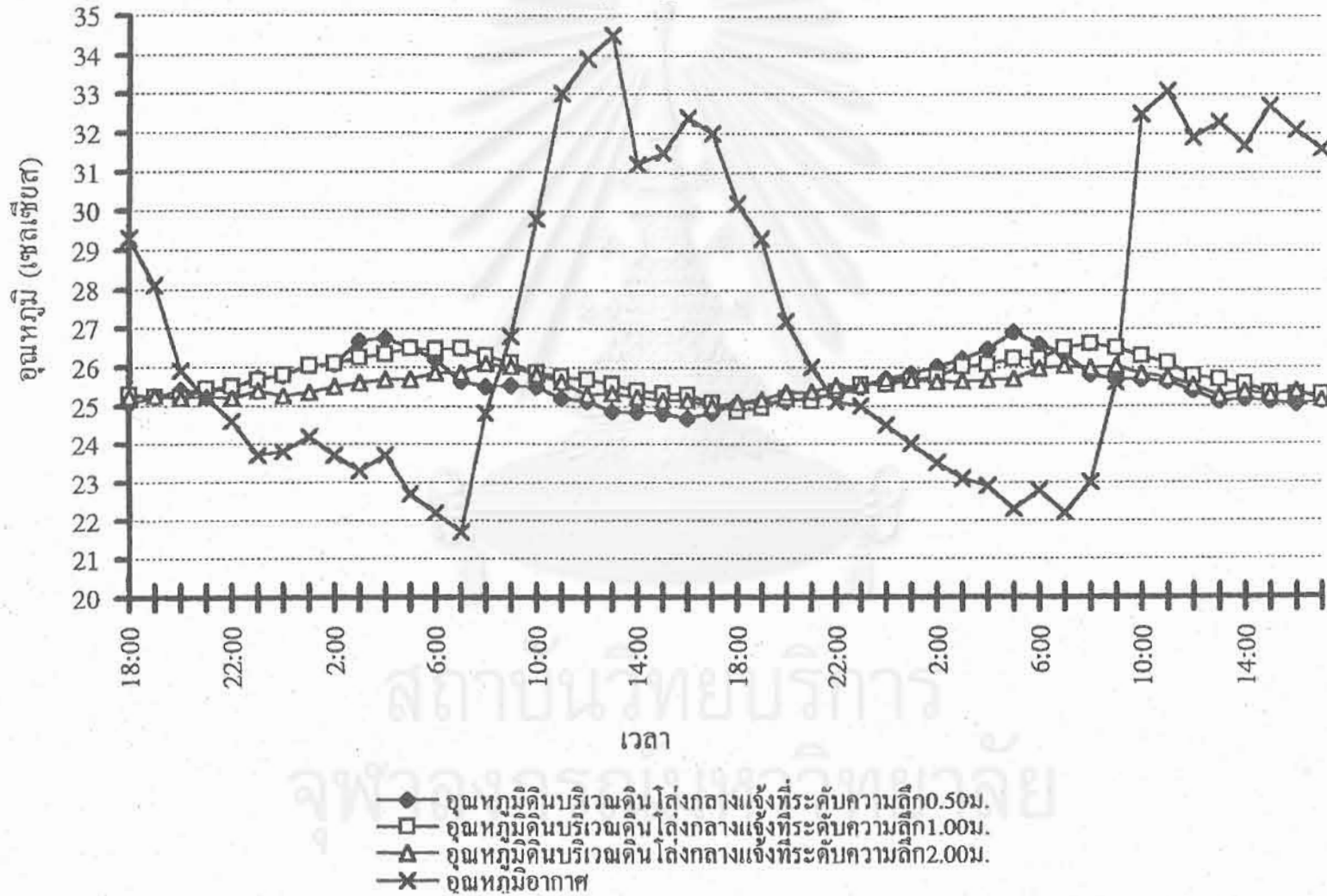
ระดับความลึก	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ความลึก 0.50 เมตร	MAX	26.90	04.00 น.	
ความลึก 0.50 เมตร	MEAN	25.82		2.15
ความลึก 0.50 เมตร	MIN	24.75	16.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MAX	26.65	08.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MEAN	25.75		1.80
ความลึก 1.00 เมตร	MIN	24.85	18.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MAX	26.20	08.00 น.	
ความลึก 2.00 เมตร	MEAN	25.60		1.20
ความลึก 2.00 เมตร	MIN	25.00	17.00 น.	

ตารางที่ 1-14 แสดงค่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในบริเวณดินโล่งกลางแจ้ง



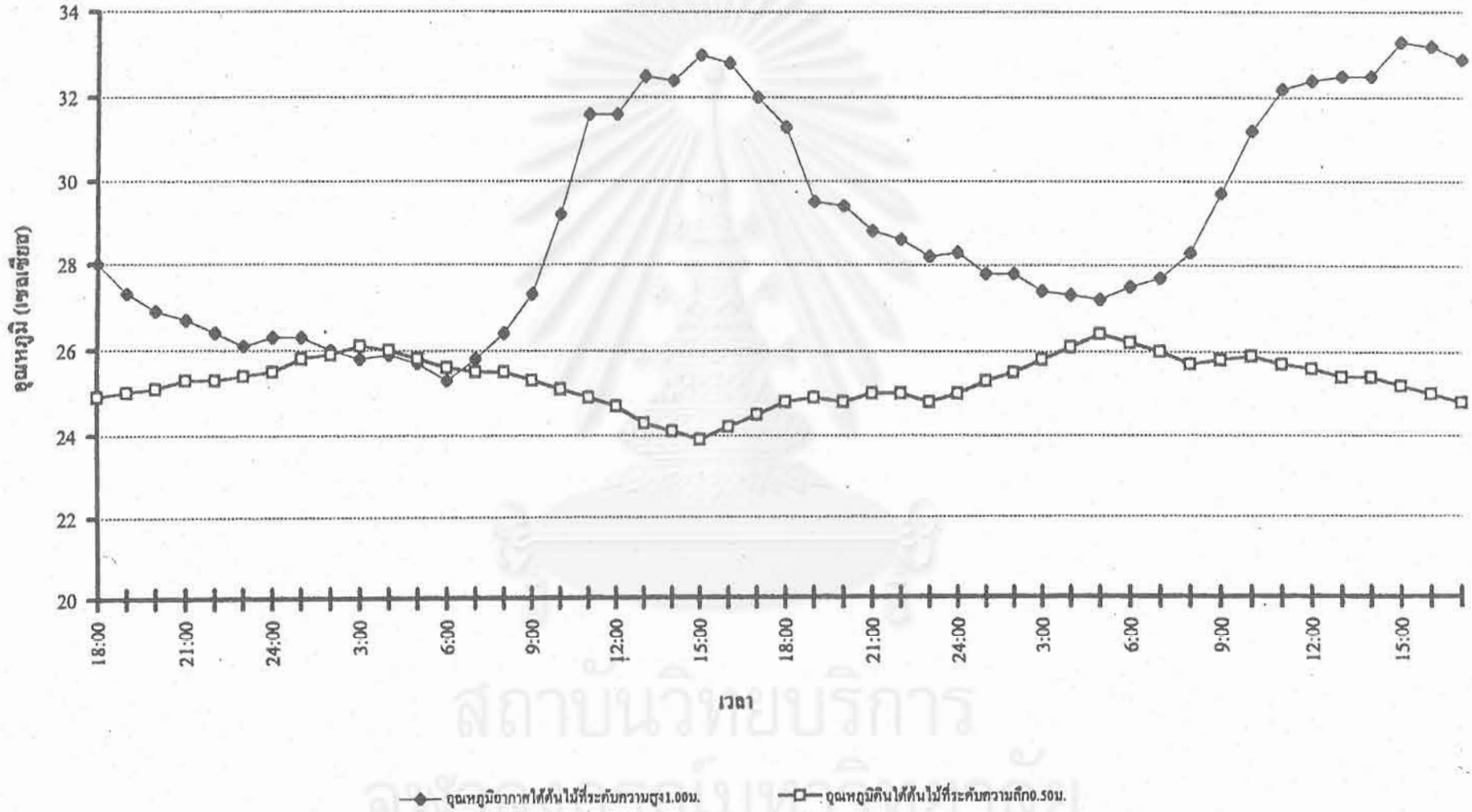
รูปที่ 1-45 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในบริเวณดินโล่งกลางแจ้ง

รูปที่ 1-46 การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณดินโล่งกลางแจ้ง กับอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 1-47 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.00 เมตร และอุณหภูมิดินลึก 0.50 เมตร ได้ต้นไม้

1-54





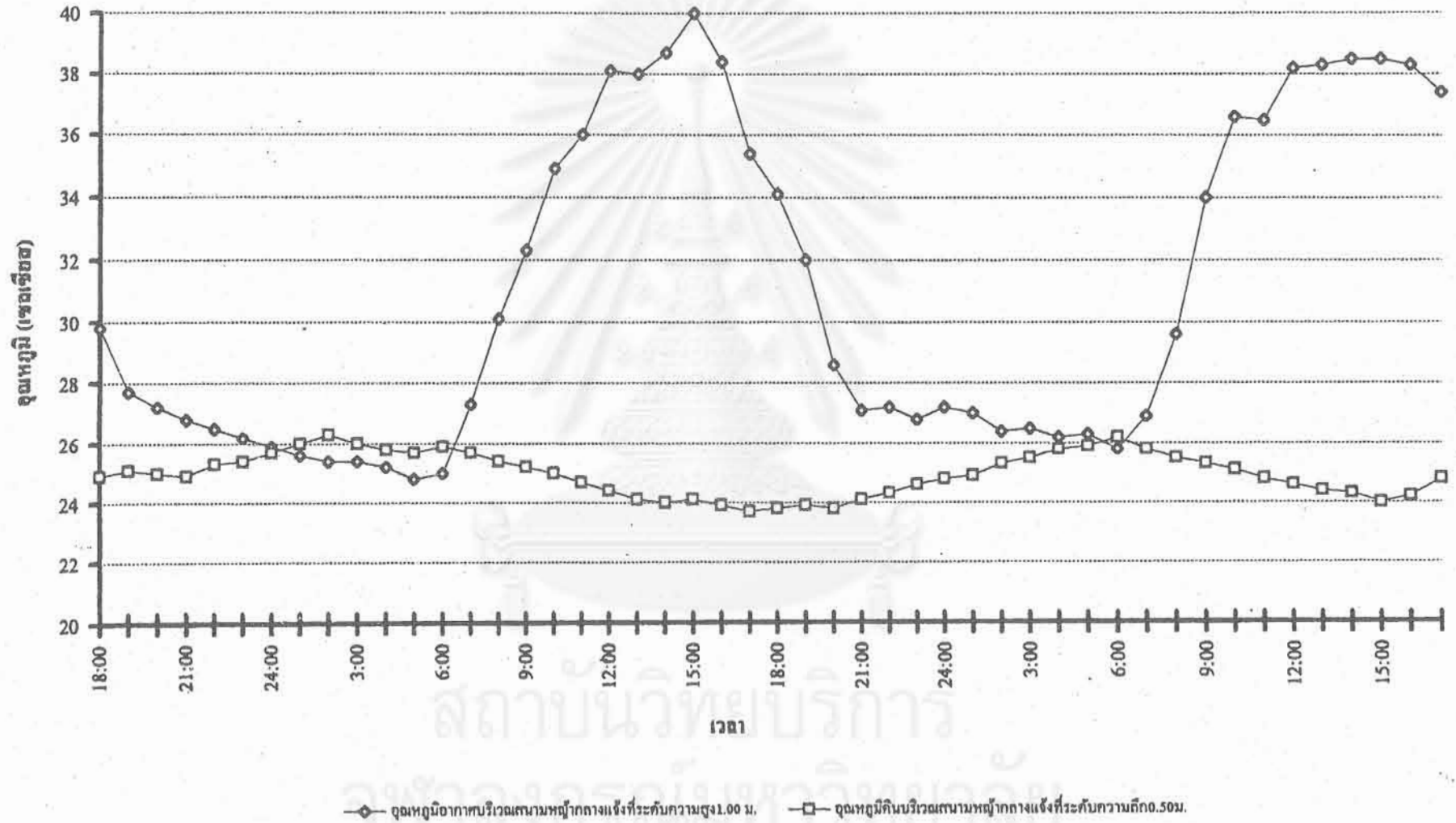
กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมือนกัน พบว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร มีค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ( $\Delta T$ ) มากกว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร และ 2 เมตร โดยที่ระดับความลึก 2 เมตร  $\Delta T$  จะมีค่าน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.50 เมตร ของทั้ง 3 สภาพแวดล้อม พบว่าอุณหภูมิดินลึก 0.50 เมตร บริเวณดินโล่งมีค่าสูงสุด ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้มีค่าน้อยที่สุด โดยจะแปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1 เมตร ตามรูปที่ 1-48



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1-48 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งที่ระดับความสูง 1.00 เมตร และอุณหภูมิดินลึก 0.50 เมตร

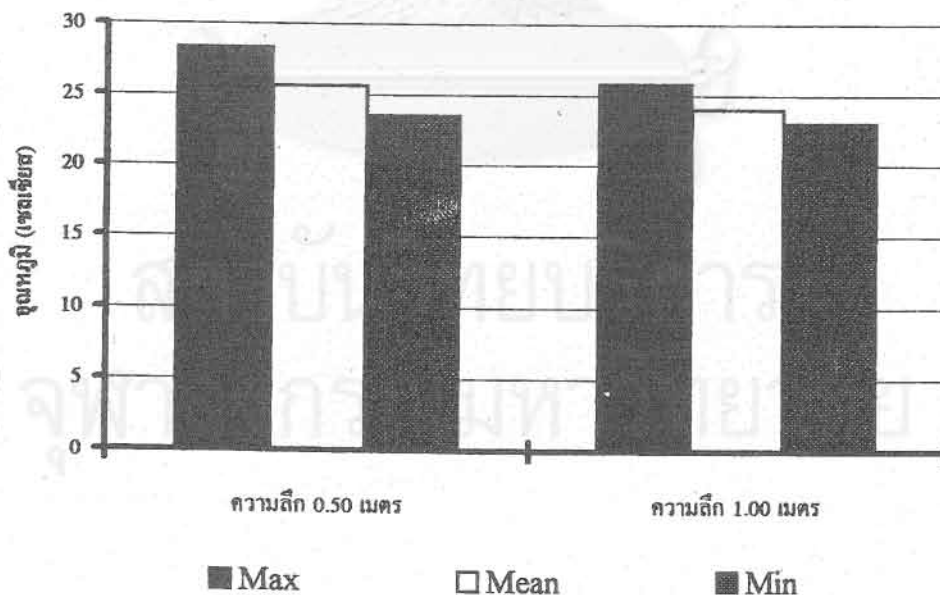


1-55-1

1.3.14 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ ในสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้

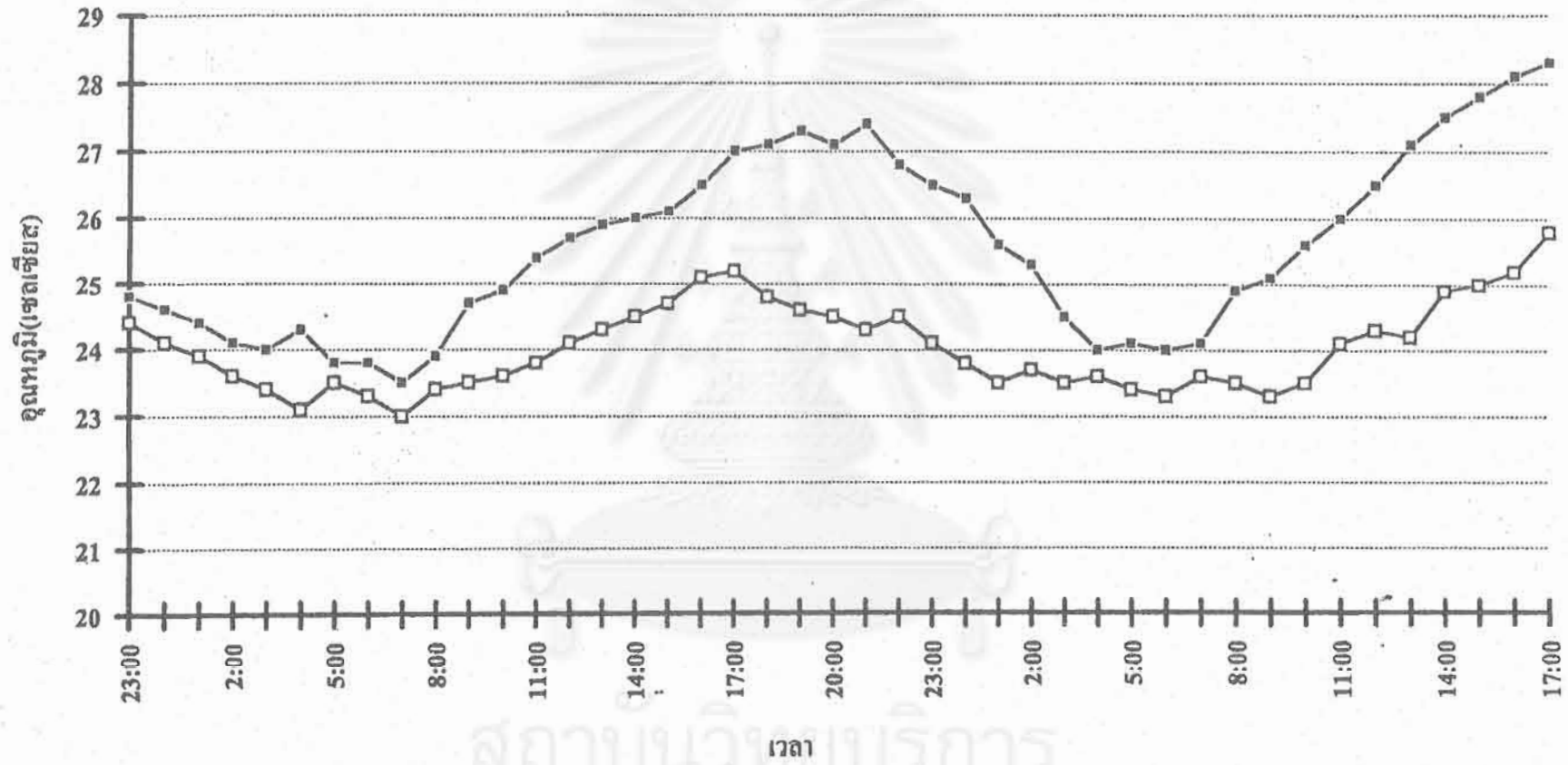
ระดับความลึก	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ความลึก 0.50 เมตร	MAX	28.30	17.00 น.	
ความลึก 0.50 เมตร	MEAN	25.60		5.8
ความลึก 0.50 เมตร	MIN	23.50	07.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MAX	25.80	17.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MEAN	24.00		2.8
ความลึก 1.00 เมตร	MIN	23.00	07.00 น.	

ตารางที่ 1-15 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้



รูปที่ 1-49 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำสูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ใต้ต้นไม้

รูปที่ 1-50 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่างๆได้ต้นไม้

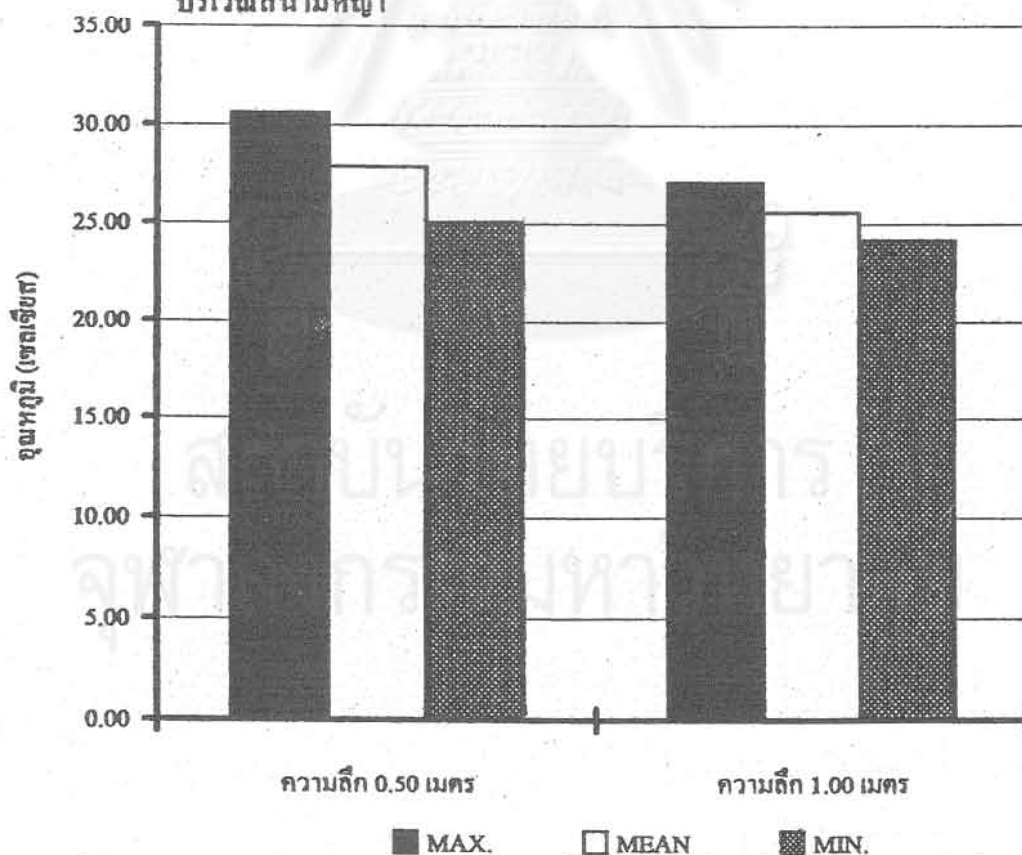


—■— อุณหภูมิน้ำใต้ต้นไม้ที่ระดับความลึก 0.50 ม.    —□— อุณหภูมิน้ำใต้ต้นไม้ที่ระดับความลึก 1.00 ม.

1.3.15 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง บริเวณสนามหญ้า

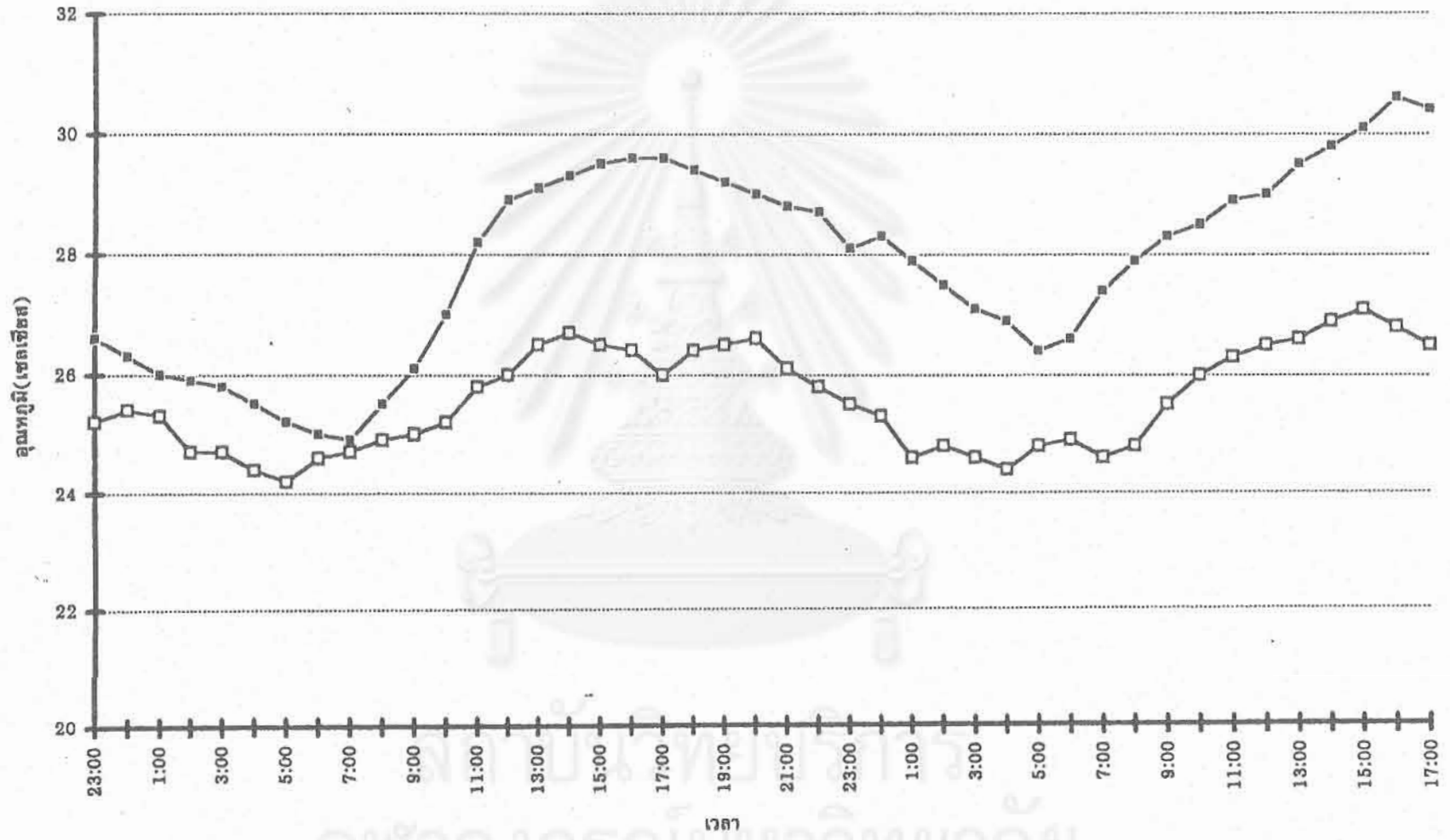
ระดับความลึก	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ความลึก 0.50 เมตร	MAX	30.60	16.00 น.	
ความลึก 0.50 เมตร	MEAN	27.86		5.7
ความลึก 0.50 เมตร	MIN	24.90	07.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MAX	27.10	15.00 น.	
ความลึก 1.00 เมตร	MEAN	25.58		2.9
ความลึก 1.00 เมตร	MIN	24.20	05.00 น.	

ตารางที่ 1-16 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง บริเวณสนามหญ้า



รูปที่ 1-51 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำ สูงสุด-ต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณกลางแจ้งสนามหญ้า

รูปที่ 1-52 การเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ระดับความลึกต่างๆกลางแจ้ง



—■— อุณหภูมิน้ำกลางแจ้งที่ระดับความลึก 0.50 ม.    —□— อุณหภูมิน้ำกลางแจ้งที่ระดับความลึก 1.00 ม.

การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ระดับความลึกต่าง ๆ บริเวณใต้ดินไม่พบว่าที่ระดับความลึก 0.50 เมตร มีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 1 เมตร ตลอดเวลา โดยอุณหภูมิที่ระดับความลึก 0.50 เมตร นั้นแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากสหรน้ำในบริเวณที่ทำการวิจัย มีขนาดของสหรใหญ่ แต่บริเวณที่ทำการวิจัยนั้นอยู่ในบริเวณทางทิศเหนือ ซึ่งมีร่มเงาตลอดเวลา ตัวแปรทางด้านอุณหภูมิอากาศ ที่มีผลต่ออุณหภูมิจึงที่ระดับความลึก 0.50 เมตร ก็คือความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ ความเร็วลม ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิจึงบริเวณผิวน้ำลดลงเนื่องจากการระเหย (EVAPORATION) โดยน้ำจะถูกเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และลมที่พัดพาไอน้ำไปจากผิวน้ำ โดยอุณหภูมิจึงบริเวณผิวน้ำจะลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของความร้อน โดยพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจะถูกใช้ไป ดังนั้นอุณหภูมิจึงที่ผิวน้ำจึงลดลง สหรน้ำมีมวลขนาดใหญ่ (MASS) จึงสามารถเก็บกักความร้อนได้ดี (HEAT SINK) ดังนั้นความร้อนที่อยู่ในบริเวณไม่โดนแสงอาทิตย์จะถ่ายเทโดยการนำความร้อน (CONDUCTION) เข้ามาในบริเวณที่ทำการวิจัย ในบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งจะเห็นค่าของอุณหภูมิจึงกล่าวชัดเจน ที่ระดับความลึก 1 เมตร อุณหภูมิจึง มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิจึงที่ระดับ 0.50 เมตร ทั้ง 2 สภาพแวดล้อม เนื่องจากความหนาแน่นของมวลน้ำที่เหนือระดับ 1 เมตร ขึ้นไป ทำหน้าที่กั้นกรอง, ดูดซับ, และสะท้อนความร้อน ไปได้ระดับหนึ่ง ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจึงสูงสุดและอุณหภูมิจึงต่ำสุด ( $\Delta T$ ) ที่ระดับน้ำลึก 1 เมตร มีน้อยกว่าที่ระดับ 0.50 เมตร ทั้ง 2 สภาพแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศตามขนาดต่าง ๆ ของต้นไม้ในชั้นตอนที่ 3  
วันเวลาเก็บข้อมูล: เริ่มเวลา 18.00 น. ของวันที่ 27 มิถุนายน 2539  
ถึงเวลา 17.00 น. ของวันที่ 29 มิถุนายน 2539

การศึกษาเรื่องขนาดของต้นไม้ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศระดับ 0.10 เมตร เหนือผิวดินนั้น  
ได้แบ่งขนาดของต้นไม้ที่ทำการทดสอบเป็น 3 ขนาดได้แก่

- ต้นไม้ขนาดใหญ่ ความสูงประมาณ 28 ฟุต
- ต้นไม้ขนาดกลางความสูงประมาณ 13 ฟุต
- ไม้พุ่มความสูงประมาณ 3.5 ฟุต



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 1-53 ต้นไม้ขนาดใหญ่



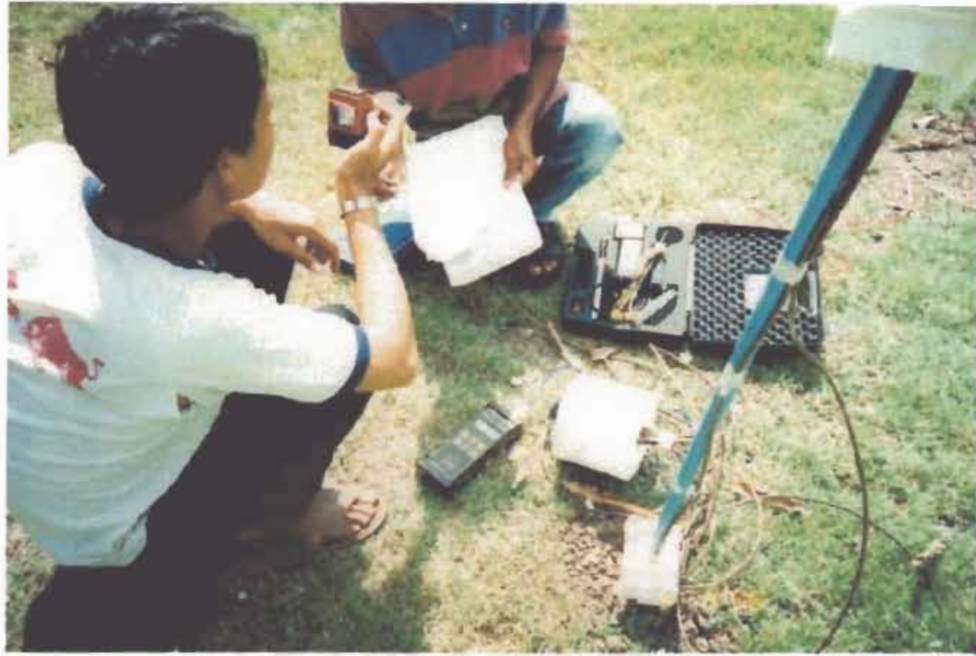
รูปที่ 1-54 ต้นไม้ขนาดกลาง



รูปที่ 1-55 พุ่มไม้



รูปที่ 1-56 การวัดอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมได้ต้นไม้



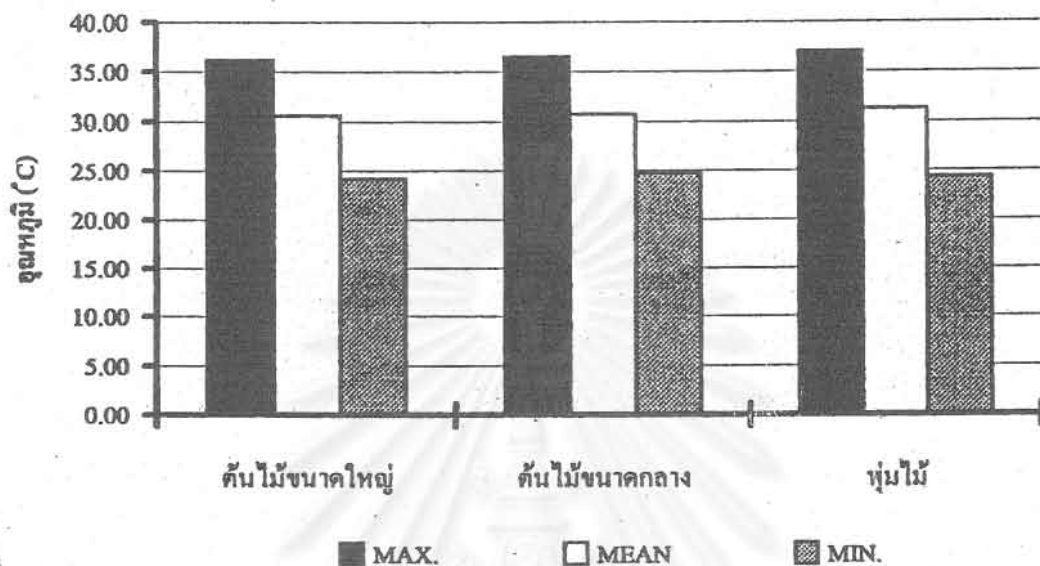
รูปที่ 1-57 การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าปริมาณแสงอาทิตย์

### ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 3

#### 1.3.16 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ ที่ระดับความสูง 0.10 เมตร

ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
ต้นไม้ขนาดใหญ่	MAX	36.20	14.00 น.	
ต้นไม้ขนาดใหญ่	MEAN	30.59		11.8
ต้นไม้ขนาดใหญ่	MIN	24.40	04.00น.	
ต้นไม้ขนาดกลาง	MAX	36.50	14.00 น.	
ต้นไม้ขนาดกลาง	MEAN	30.67		11.8
ต้นไม้ขนาดกลาง	MIN	24.70	04.00 น.	
พุ่มไม้	MAX	37.00	14.00 น.	
พุ่มไม้	MEAN	31.21		12.7
พุ่มไม้	MIN	24.30	04.00 น.	

ตารางที่ 1-17 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดใต้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ

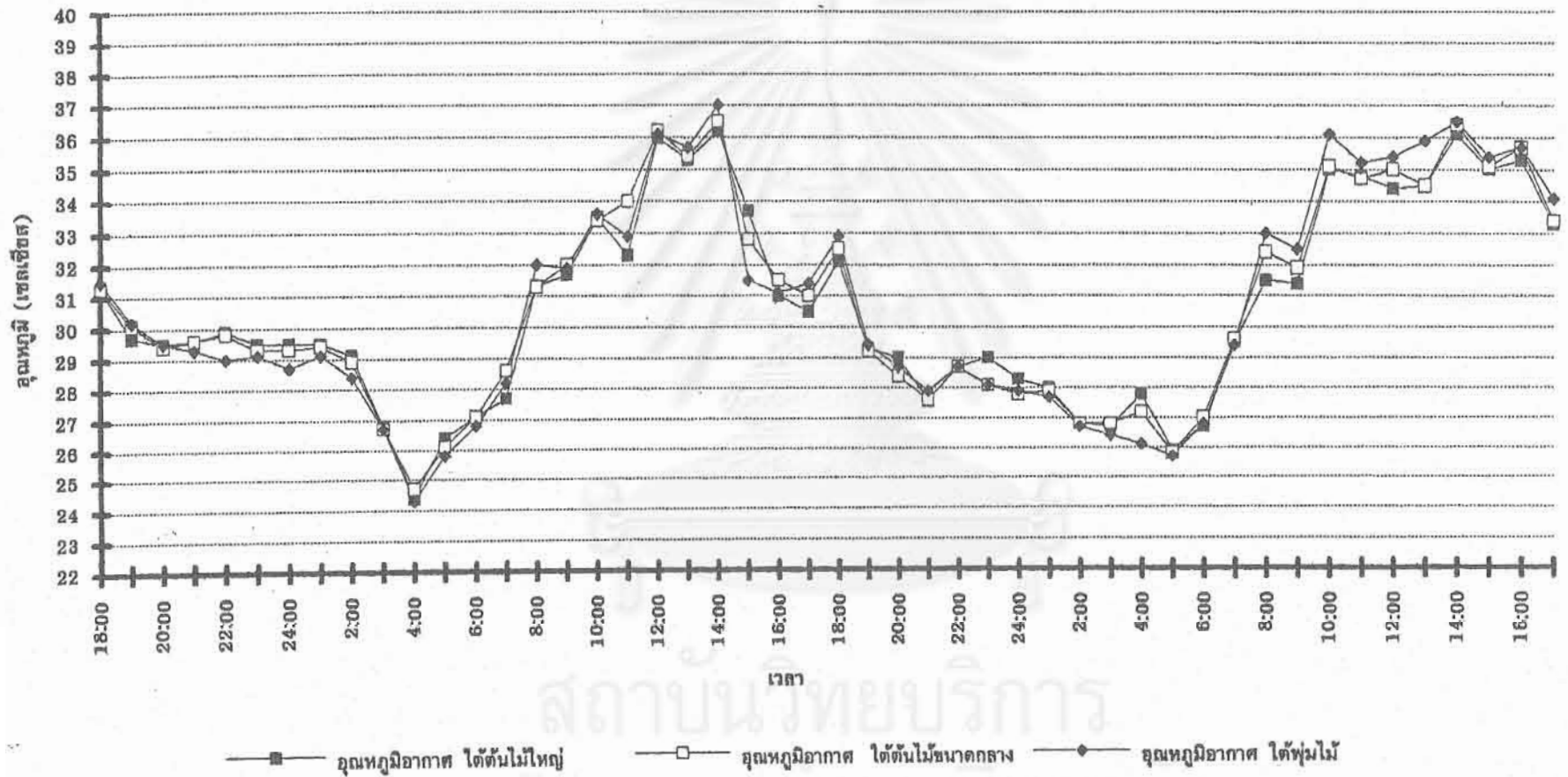


รูปที่ 1-58 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด ได้ต้นไม้ขนาดต่าง.

จากผลที่ได้ดังแสดงให้เห็นในกราฟรูปที่ 1-58 และ 1-59 พบว่าอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้แปรผันตามขนาดของต้นไม้ โดยในเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดใหญ่มีค่าต่ำสุด รองลงมาเป็นอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดกลาง และสูงสุดเป็นบริเวณใต้พุ่มไม้ ในเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศใต้พุ่มไม้จะมีค่าต่ำสุด สูงสุดจะเป็นที่บริเวณใต้ต้นไม้ขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะในเวลากลางวันปริมาณความร้อนส่วนใหญ่จะมาจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า ต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีพุ่มใบหนาแน่นมาก ก็จะช่วยทำหน้าที่กั้นกรอง สะท้อน และดูดซับความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีจากแสงอาทิตย์ (RADIATION) และจากท้องฟ้า ดังนั้นอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดใหญ่จึงมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดกลางและพุ่มไม้ ส่วนในเวลากลางคืนพุ่มใบไม้จะเป็นอุปสรรคในการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้า ทำให้อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ใหญ่มีค่ามากกว่าอุณหภูมิอากาศใต้พุ่มไม้ เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งของพุ่มใบต้นไม้ก็คือ การคายน้ำของใบไม้ ซึ่งใบไม้จะคายน้ำออกมามากในช่วงเวลากลางวันเมื่อพุ่มใบมีขนาดใหญ่ และอาศัยลมเป็นตัวการพัดพาเอาไอน้ำจากใบออกไป พลังงานความร้อนก็จะถูกใช้ไปในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจาก Sensible Heat เป็น Latent Heat อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นจึงลดลง

รูปที่ 1-59 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่างๆ (27-29 มิ.ย. 2539)

1-67



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-60 แสดงค่าอุณหภูมิของไม้พุ่มขนาดต่าง ๆ

#### การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศโดยอิทธิพลของลมในชั้นตอนที่ 4

วันเวลาที่เก็บข้อมูล : เริ่มเวลา 18.00 น. ของวันที่ 24 มิถุนายน 2539

ถึงเวลา 17.00 น. ของวันที่ 26 มิถุนายน 2539

การศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในบริเวณเหนือลม และได้ลมของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติในช่วงที่ 4 ได้แยกการทดลองเป็น 3 สภาพแวดล้อมดังนี้

- ก. สภาพแวดล้อมที่เป็นสระน้ำ
- ข. สภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้า
- ค. สภาพแวดล้อมที่เป็นลานจอดรถ

ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศในช่วงที่ 4

1.3.17 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสระน้ำ

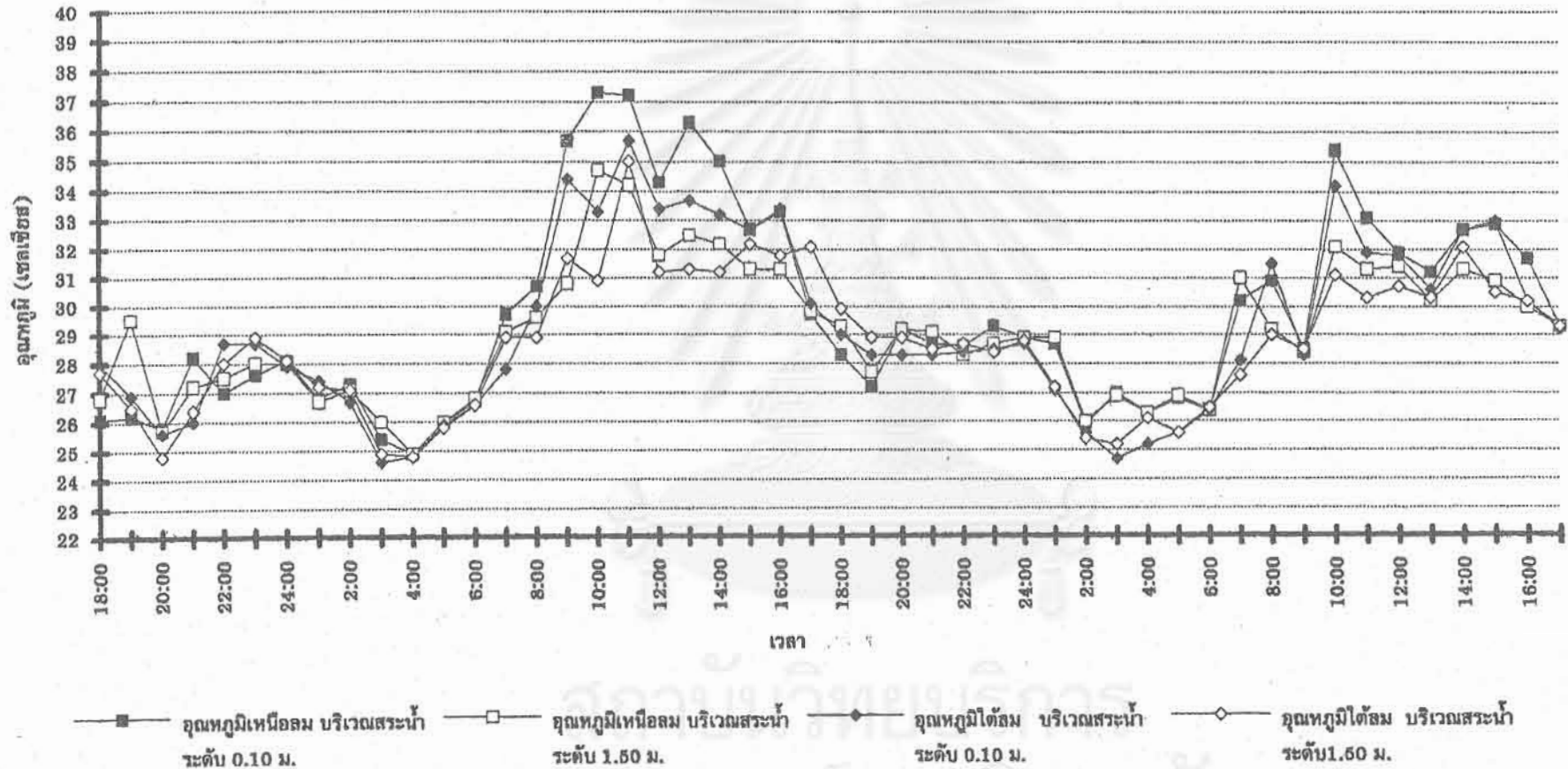
ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MAX	37.30	10.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MEAN	29.73		12.4
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MIN	24.90	04.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MAX	34.70	10.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MEAN	29.06		9.8
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MIN	24.90	04.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MAX	32.50	11.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MEAN	29.82		6.7
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MIN	25.80	04.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MAX	35.70	11.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MEAN	29.18		11.1
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MIN	24.60	03.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MAX	35.00	11.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MEAN	28.74		10.2
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MIN	24.80	04.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MAX	32.60	11.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MEAN	29.52		6.9
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MIN	25.70	04.00	

ตารางที่ 1-18 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดบริเวณสระน้ำ

รูปที่ 1-61

การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสระน้ำที่ระดับต่างๆ (24-26 มิ.ย. 2539)

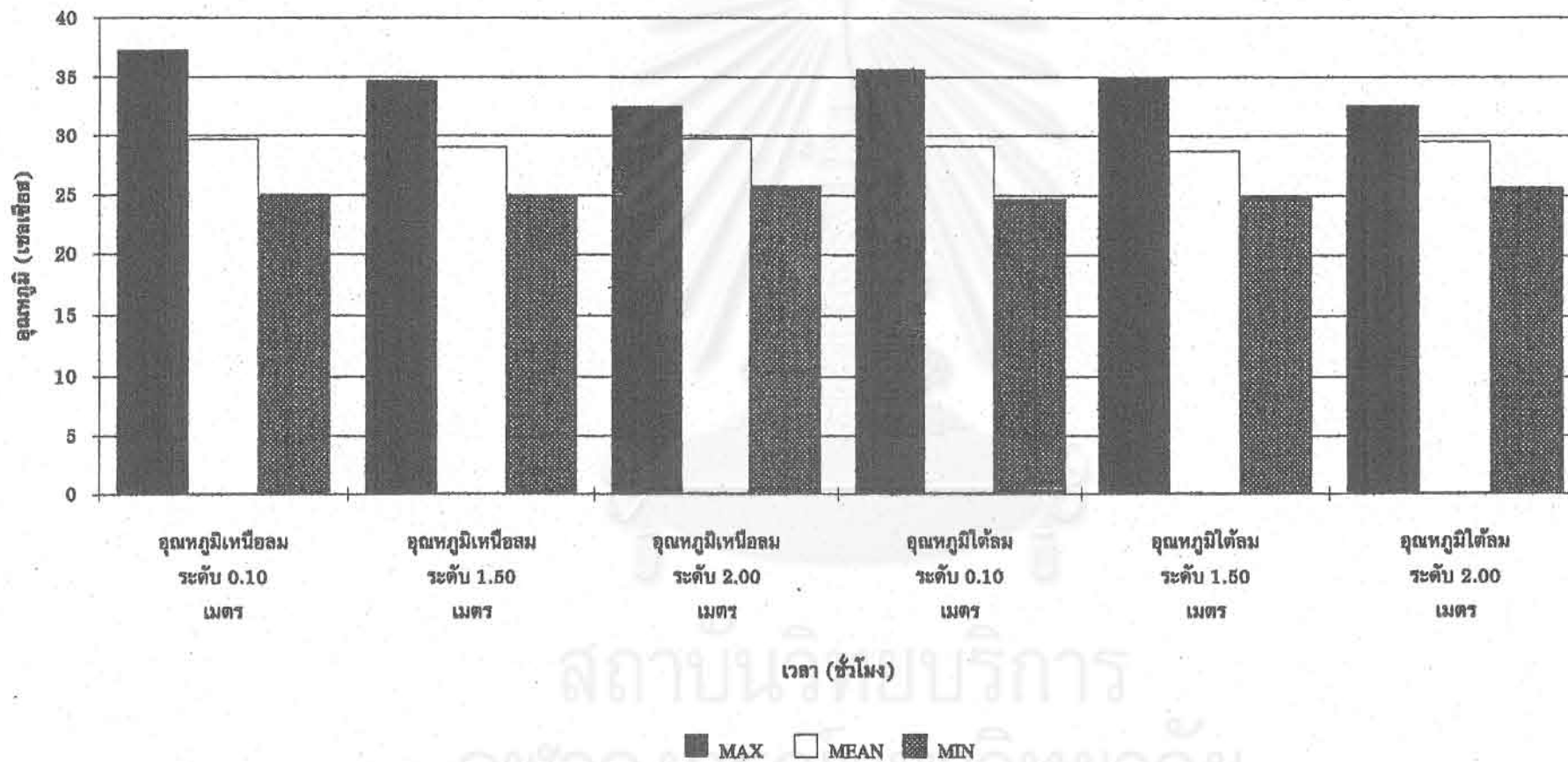
1-70

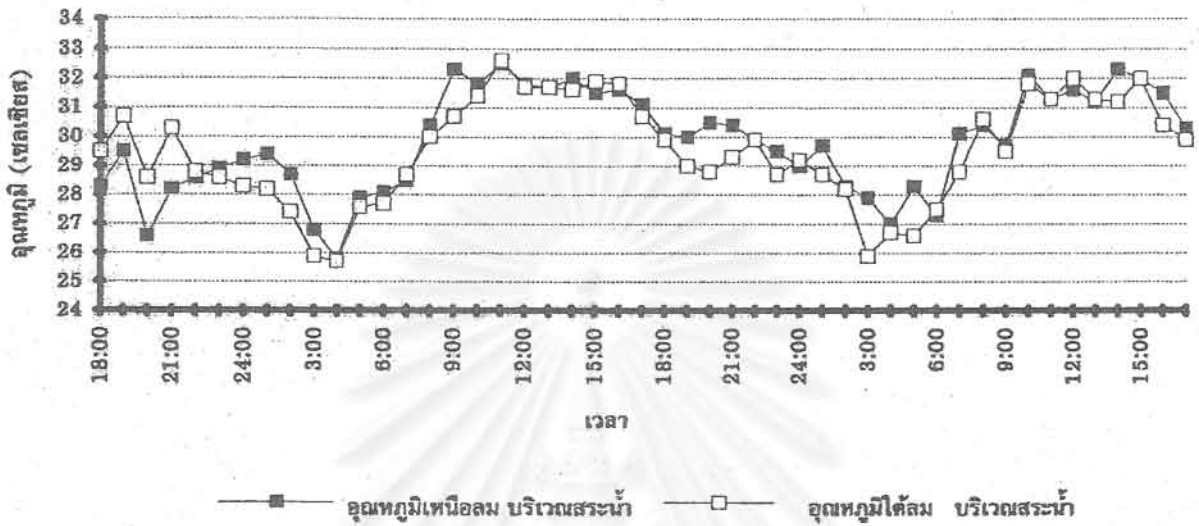


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-62 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณเหนือลม-ใต้ลม บริเวณสระน้ำที่ระดับต่าง ๆ





รูปที่ 1-63 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเหนือลม-ใต้ลมสระน้ำที่ระดับความสูง 2.0 เมตร

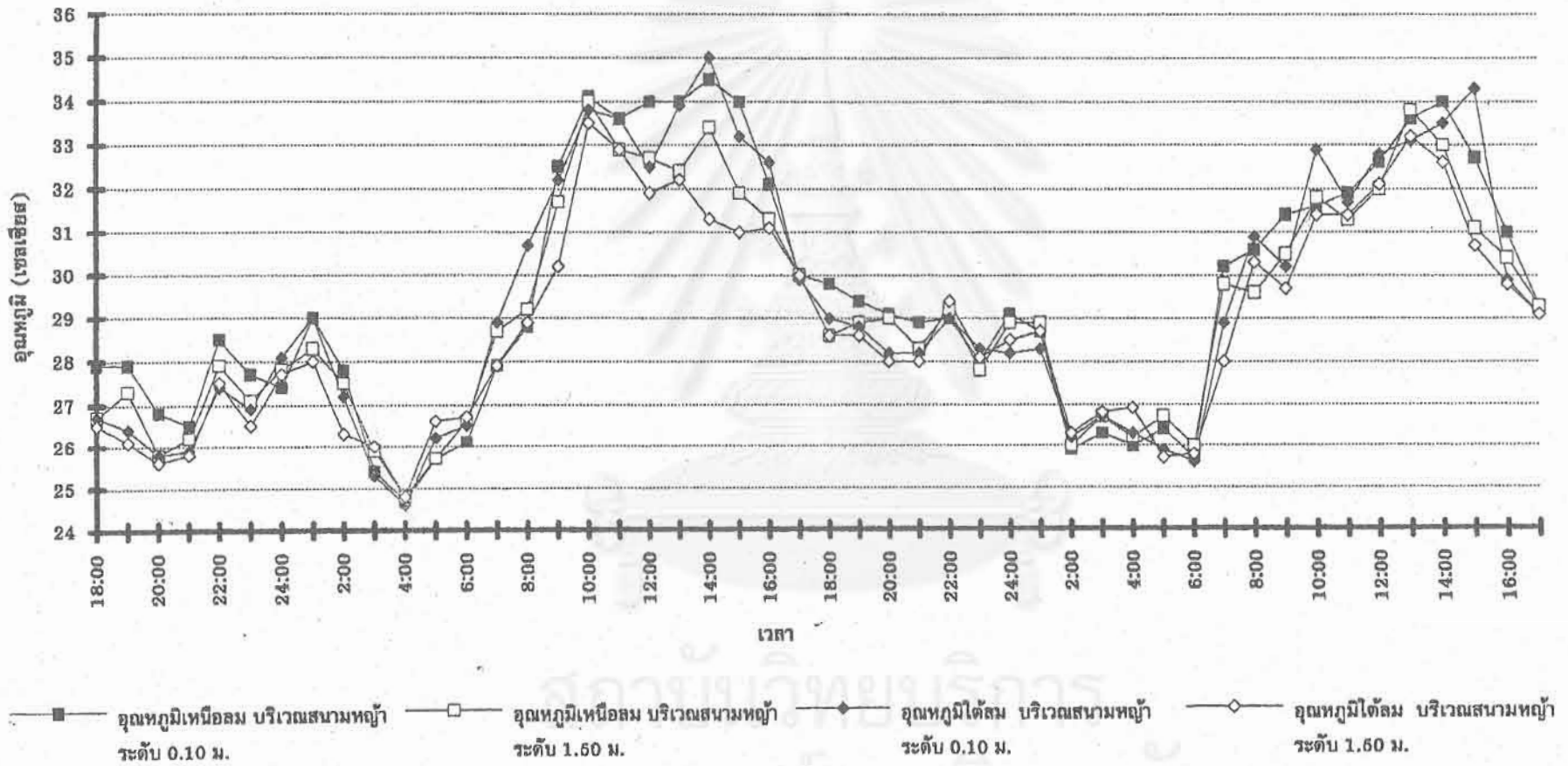
จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลมและใต้ลมของสระน้ำพบว่า อุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลมของสระน้ำมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณใต้ลมของสระน้ำเกือบตลอดเวลา นั่นก็คือ สระน้ำและความเร็วลมช่วยในการลดอุณหภูมิอากาศได้  $1^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C}$  ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ที่เห็นได้ชัดก็คือในเวลากลางวันความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ (EVAPORATION) และลมช่วยในการพัดพาเอาไอน้ำออกไปจากผิวน้ำ ในปรากฏการณ์นี้ปริมาณความร้อนที่ผิวน้ำลดลง เกิดความเย็นที่อันเป็นผลมาจากการลดปริมาณความร้อนที่ผิวน้ำซึ่งสูญเสียไปจากการใช้พลังงาน เพื่อเปลี่ยนสถานะของน้ำไปเป็นไอน้ำ อุณหภูมิอากาศใต้ลมจะลดน้อยลง ตามค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเร็วลม, ปริมาณแสงอาทิตย์จากการแผ่รังสี, ขนาดและความลึกของน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จากกราฟจะพบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศ ที่บริเวณเหนือลมและใต้ลมแปรผันตามความเร็วลม ส่วนในช่วงเวลากลางวันและบางช่วงเวลากลางวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์มากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลมและใต้ลมจะไม่ต่างกันมากในบางครั้งลมก็เปลี่ยนทิศทาง จึงพบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมจะมีค่าสูงกว่า

1.3.18 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสนามหญ้า

ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MAX	34.50	14.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MEAN	29.54		9.8
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MIN	24.70	04.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MAX	34.00	10.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MEAN	29.15		9.2
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MIN	24.80	04.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MAX	32.40	10.00	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MEAN	29.69		6.6
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MIN	25.80	04.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MAX	35.00	14.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MEAN	29.33		10.4
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 0.10 ม.	MIN	24.60	04.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MAX	33.50	10.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MEAN	28.80		8.7
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 1.50 ม.	MIN	24.80	04.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MAX	32.90	12.00	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MEAN	29.50		8.2
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ 2.00 ม.	MIN	24.70	04.00	

ตารางที่ 1-19 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณสนามหญ้า

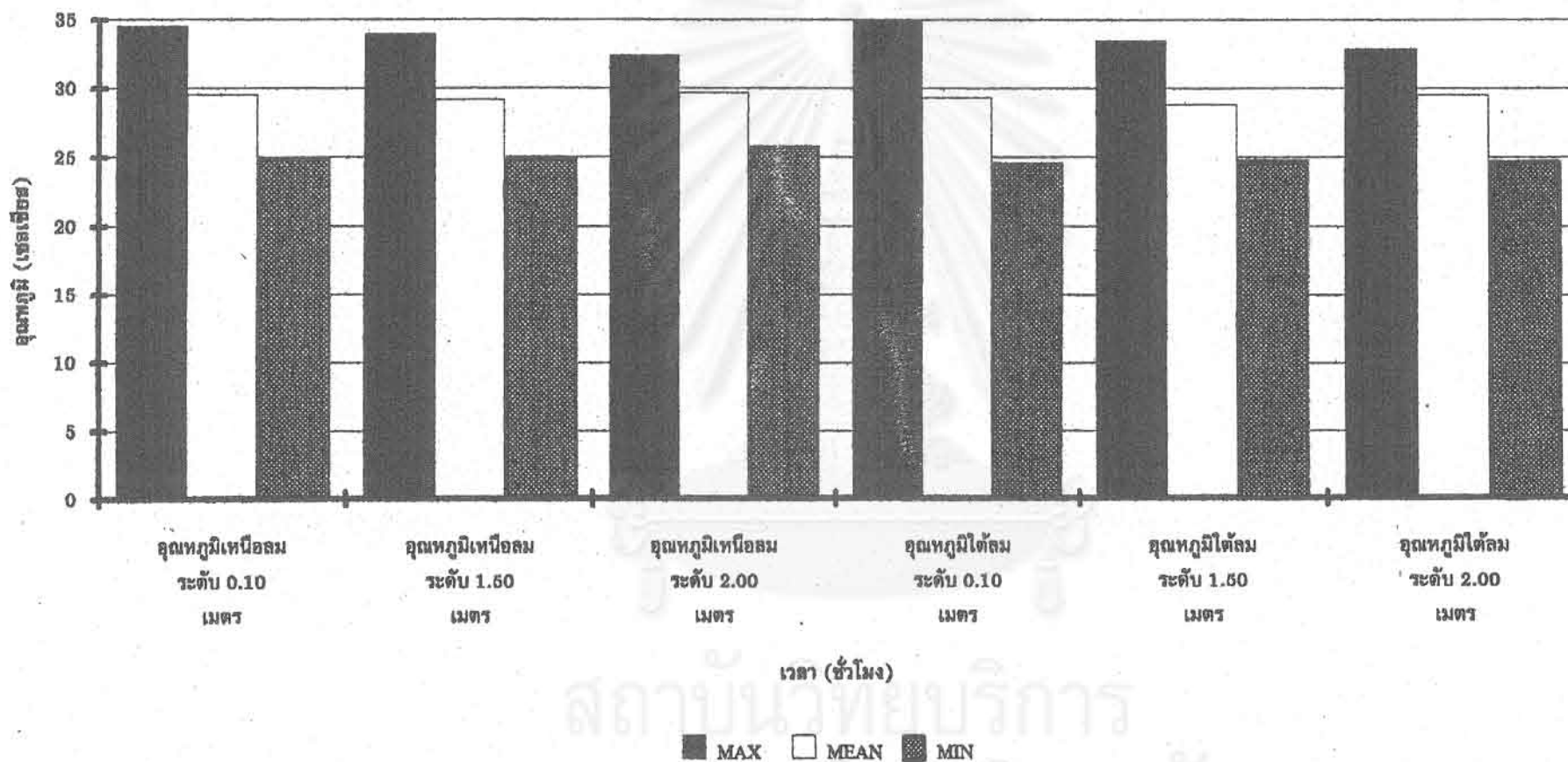
รูปที่ 1-64 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสนามหญ้าที่ระดับต่างๆ (24-26 มิ.ย. 2539)



1-74

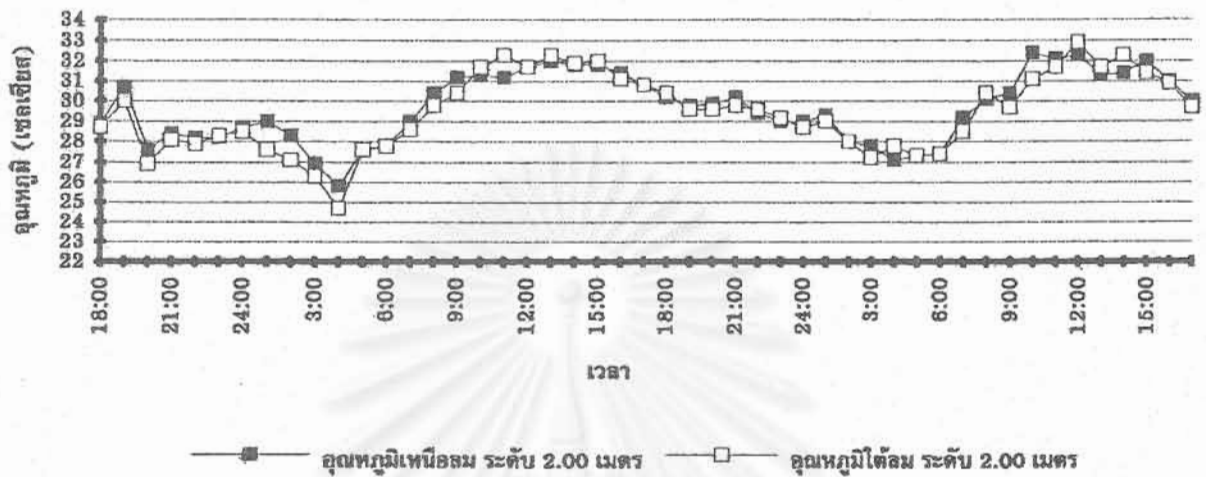
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1-65 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด บริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสนามหญ้า



1-75

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-66 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมบริเวณ  
สนามหญ้าที่ระดับความสูง 2 เมตร

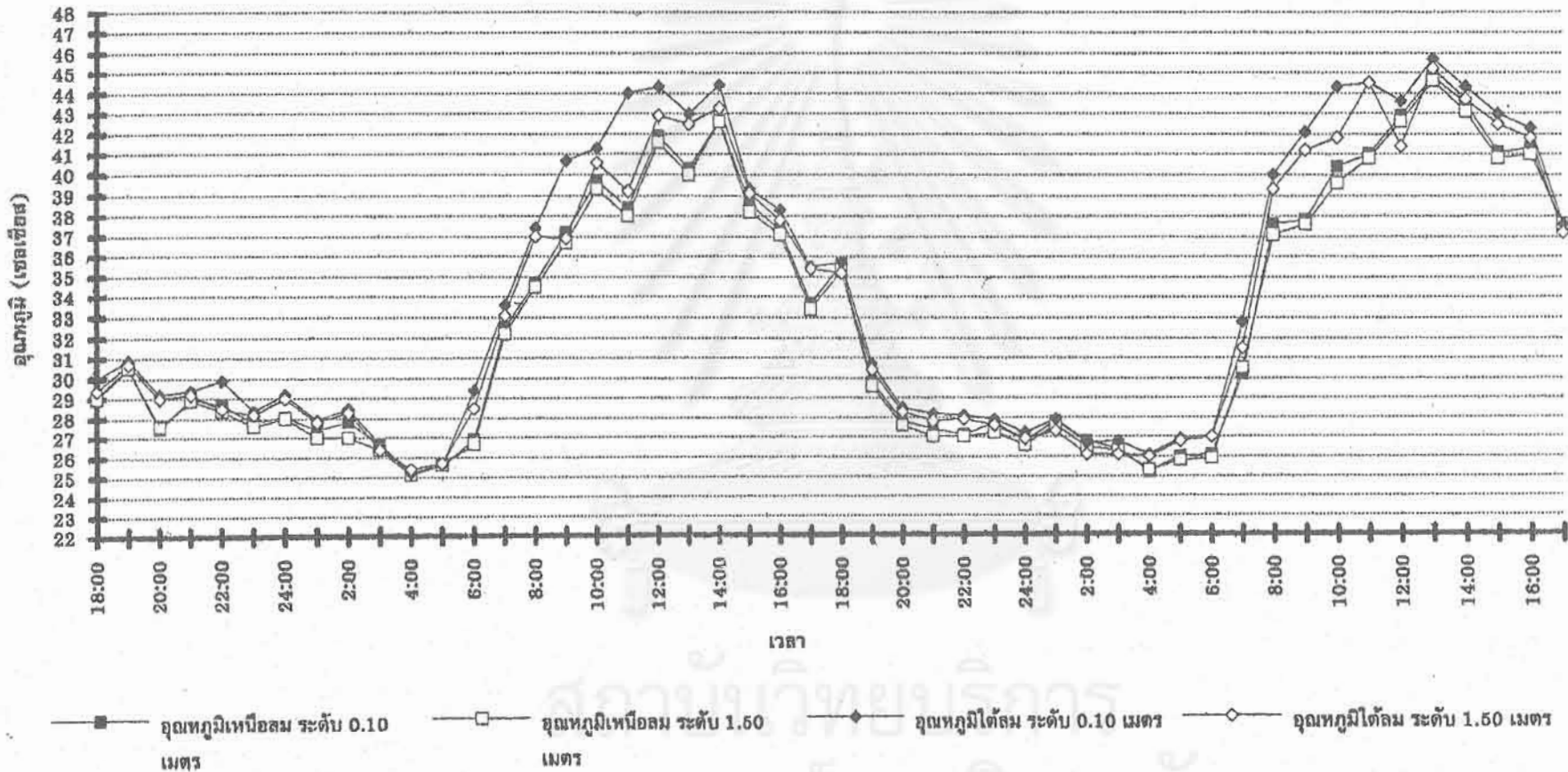
ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของสนามหญ้ากลางแจ้ง พบว่า อุณหภูมิอากาศของสนามหญ้าบริเวณเหนือลมมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากความร้อนบริเวณสนามหญ้าที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ใบหญ้าและดินใต้พุ่มของใบหญ้าจะดูดซับและกักเก็บความร้อนส่วนใหญ่เอาไว้ได้ผิวดิน มีบางส่วนถูกสะท้อนออกมารวมกับการคายน้ำของใบหญ้าที่มีน้บส้าน-ล้านใบ ปฏิกิริยาการที่ทำให้อุณหภูมิบริเวณใต้ลมของสนามหญ้าลดต่ำลงนั้นต้องอาศัยความเร็วลมเข้ามาช่วย โดยลมจะพัดพาเอาไอน้ำที่ใบหญ้ายคายออกมาปลิวไปตามลมพร้อมทั้งพัดพาเอาความชื้นที่เกิดจากการลดอุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นออกไปด้วย อุณหภูมิอากาศที่ลดลงดังกล่าวเกิดจากพลังงานที่หายไป เนื่องจากถูกใช้ในการแปลงสถานะของน้ำนั่นเอง ในบางช่วงเวลาอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมกลับสูงกว่า เนื่องจากลมเปลี่ยนทิศทาง ส่วนในเวลากลางคืนจนถึงใกล้เช้าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศเหนือลมและใต้ลมจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเพราะใบหญ้าในสนามมีอุณหภูมิต่ำเนื่องจากมีการกลั่นตัวของน้ำค้างบนใบหญ้าบางช่วงเวลาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเหนือลมและใต้ลมจะมีมาก

1.3.19 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ

ระดับ	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	เวลา	$\Delta T$
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MAX	44.80	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MEAN	32.82		19.7
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 0.10 ม.	MIN	25.10	04.00 น.	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MAX	44.60	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MEAN	32.59		19.5
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 1.50 ม.	MIN	25.10	04.00 น.	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MAX	37.20	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MEAN	31.36		11.5
อุณหภูมิอากาศเหนือลมระดับ 2.00 ม.	MIN	25.70	04.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +0.10 ม.	MAX	45.70	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +0.10 ม.	MEAN	34.16		20.5
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +0.10 ม.	MIN	25.20	04.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +1.50 ม.	MAX	45.20	13.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +1.50 ม.	MEAN	33.48		19.8
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +1.50 ม.	MIN	25.40	04.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +2.00 ม.	MAX	38.70	14.00 น.	
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +2.00 ม.	MEAN	31.32		13.9
อุณหภูมิอากาศใต้ลมระดับ +2.00 ม.	MIN	24.80	04.00 น.	

ตารางที่ 1-20 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดบริเวณลานจอดรถ

รูปที่ 1-87 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ (27-29 มิ.ย. 2539)



87-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

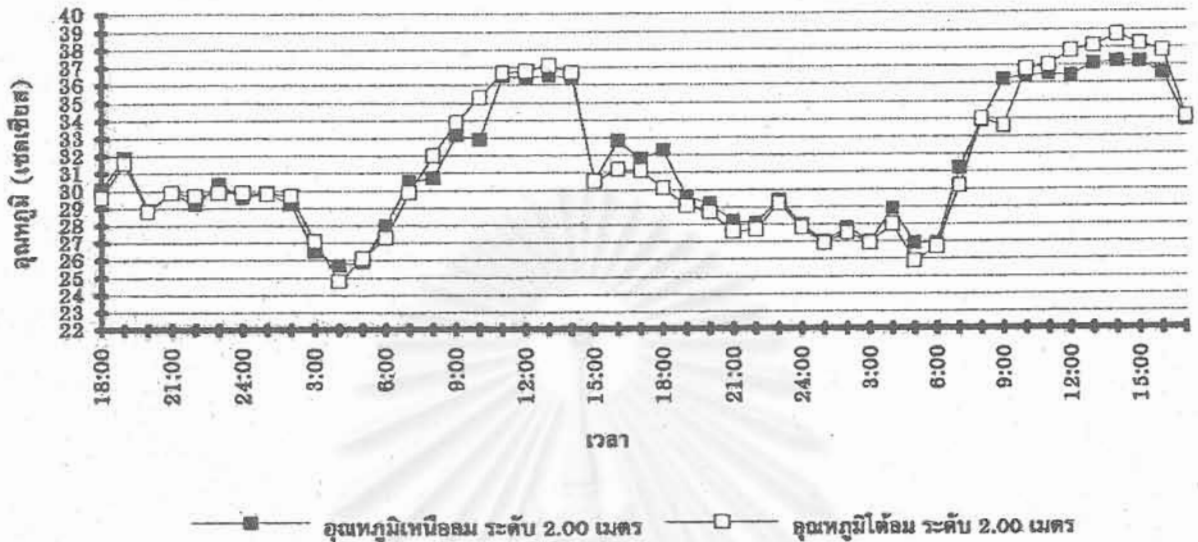


รูปที่ 1-68 การเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1-69 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม-ใต้ลมของลานจอดรถ



การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลมและใต้ลมของลานจอดรถ พบว่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณใต้ลม จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่บริเวณเหนือลมเกือบตลอดเวลา บางเวลาที่ไม่เป็นดังผลข้างต้นเนื่องจากลมเกิดเปลี่ยนทิศทางการพัดและบางช่วงเวลาก็มีฝนตกหนัก สาเหตุที่ส่วนใหญ่แล้วอุณหภูมิจากบริเวณใต้ลมสูงกว่าก็ด้วยเหตุที่มวลของพื้นคอนกรีตของลานจอดรถเป็นตัวกักเก็บความร้อน(HEAT SINK) และด้วยความหนาแน่นของคอนกรีต ความร้อนจึงถูกเก็บไว้ได้นาน (TIME LAG มาก) ความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวคอนกรีตเกิดขึ้นจากความเป็นมวลสารที่หนาทึบ(OPAQUE) รังสีคลื่นสั้นจากการแผ่รังสี(RADIATION)กระทบพื้นผิวคอนกรีตแล้วจึงเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในรูปของรังสีคลื่นยาว ในช่วงเวลาดังกล่าวพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งถูกถ่ายเทออกมาโดยขบวนการพาความร้อน(CONVECTION) ส่วนหนึ่งสะท้อนรังสีคลื่นสั้นออกมา และอีกส่วนหนึ่งระบายความร้อนที่ถูกสะสมอยู่ในผิวคอนกรีตโดยขบวนการนำความร้อน(CONDUCTION)ออกมาที่พื้นผิว เมื่อมีลมพัดผ่านลมก็จะเป็นตัวการในการพัดพาความร้อนที่บริเวณดังกล่าวออกมา ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณใต้ลมมีค่าสูงขึ้นการที่อุณหภูมิอากาศในบริเวณเหนือลมมีค่าต่ำกว่าก็ด้วยเหตุผลของการเลือกสถานที่ โดยผู้วิจัยได้เลือกให้พื้นที่ที่อยู่เหนือลมของลานจอดรถเป็นสนามหญ้า เพื่อจะได้ทราบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณใต้ลม มีค่าความแตกต่างจากบริเวณเหนือลมอย่างไร

#### 1.4 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง “อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณรอบอาคาร” ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น

1. ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กันดังนี้
  - สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น
  - สภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้ากลางแจ้ง
  - สภาพแวดล้อมที่เป็นดินโล่ง
  - สภาพแวดล้อมที่เป็นผิวคอนกรีต ลานจอดรถ
2. ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิของดินและน้ำในบริเวณใต้ต้นไม้และบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง
3. ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณเหนือลมและใต้ลมของสภาพแวดล้อมที่เป็น
  - สนามหญ้ากลางแจ้ง
  - สระน้ำ
  - ลานจอดรถ
4. ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ

#### สรุปผลขั้นตอนที่ 1

การศึกษาได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 (เก็บข้อมูลวันที่ 20-22 มกราคม 2539 และวันที่ 4-6 พฤษภาคม 2539) พบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ต้นไม้จะมีค่าต่ำสุด ในช่วงเวลา กลางวัน ส่วนบริเวณผิวคอนกรีตของลานจอดรถมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด ส่วนในเวลากลางคืน อุณหภูมิอากาศบริเวณผิวของสนามหญ้ามามีค่าต่ำที่สุด

ระดับ	ผลการทดลอง	ได้คืนไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง		ลานจอดรถ	
		MAX	TIME	MAX	TIME	MAX	TIME
ระดับพื้นผิว	การทดลองครั้งที่ 1	34.2	14.00	36.9	14.00	42.8	14.00
	การทดลองครั้งที่ 2	33.5	16.00	41.2	14.00	45.0	14.00
ระดับสูง 1 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	33.8	14.00	23.6	14.00	40.9	14.00
	การทดลองครั้งที่ 2	33.3	15.00	40.0	15.00	42.3	14.00

ตารางที่ 1-21 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด ที่ระดับต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ระดับ	ผลการทดลอง	ได้คืนไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง		ลานจอดรถ	
		MIN	TIME	MIN	TIME	MIN	TIME
ระดับพื้นผิว	การทดลองครั้งที่ 1	22.2	07.00	22.1	06.00	25.1	06.00
	การทดลองครั้งที่ 2	25.0	06.00	24.2	06.00	28.0	05.00
ระดับสูง 1 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	22.1	07.00	22.5	05.00	24.8	07.00
	การทดลองครั้งที่ 2	25.3	06.00	24.8	05.00	25.1	06.00

ตารางที่ 1-22 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิต่ำสุด ที่ระดับต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

#### สรุปผล

1. อุณหภูมิอากาศบริเวณลานจอดรถคอนกรีตมีค่าสูงที่สุดทั้งในกลางวันและกลางคืน
2. ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศได้คืนไม้มีค่าต่ำสุดระหว่างช่วงเวลา 14.00-16.00 น. ซึ่งต่ำกว่าช่วงเวลา que อุณหภูมิอากาศกลางแจ้งสูงสุดประมาณ 2.8 °C
3. ในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศสนามหญ้ากลางแจ้งมีค่าต่ำที่สุดในช่วงเวลา 05.00-06.00 น. โดยต่ำกว่าที่บริเวณได้คืนไม้เล็กน้อย แต่จะแตกต่างจากอุณหภูมิอากาศบริเวณลานจอดรถประมาณ 2 - 4 °C

สรุปผลขั้นตอนที่ 2

การเปรียบเทียบอุณหภูมิดินและน้ำในบริเวณใต้ต้นไม้และบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งจากการเก็บบันทึกข้อมูลวันที่ 20-22 มกราคม 2539 และวันที่ 4-6 พฤษภาคม 2539 พบว่าอุณหภูมิดินค่อนข้างจะคงที่กว่าอุณหภูมิของน้ำ โดยเมื่อแยกตามสภาพแวดล้อมพบว่าอุณหภูมิดินและน้ำใต้ต้นไม้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิดินและน้ำบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

ระดับ	ผลการทดลอง	ใต้ต้นไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง	
		MAX	TIME	MAX	TIME
ระดับความลึก 0.50 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	25.7	07.00	22.1	06.00
	การทดลองครั้งที่ 2	26.4	06.00	24.2	06.00
ระดับความลึก 1.00 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	25.8	07.00	22.5	05.00
	การทดลองครั้งที่ 2	26.2	06.00	24.8	05.00

ตารางที่ 1-23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินสูงสุดที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ระดับ	ผลการทดลอง	ใต้ต้นไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง	
		MIN	TIME	MIN	TIME
ระดับความลึก 0.50 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	24.8	14.00	27.3	22.00
	การทดลองครั้งที่ 2	23.9	15.00	24.0	15.00
ระดับความลึก 1.00 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	24.9	14.00	27.9	19.00
	การทดลองครั้งที่ 2	24.2	14.00	23.5	16.00

ตารางที่ 1-24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิดินต่ำสุดที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ระดับ	ผลการทดลอง	ได้ต้นไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง	
		MAX	TIME	MAX	TIME
ระดับความลึก 0.50 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	23.8	10.00	28.6	12.00
	การทดลองครั้งที่ 2	28.3	17.00	30.6	16.00
ระดับความลึก 1.00 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	23.3	13.00	29.1	13.00
	การทดลองครั้งที่ 2	25.8	17.00	27.1	15.00

ตารางที่ 1-25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำสูงสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ  
ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ระดับ	ผลการทดลอง	ได้ต้นไม้		สนามหญ้ากลางแจ้ง	
		MIN	TIME	MIN	TIME
ระดับความลึก 0.50 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	22.1	13.00	26.5	04.00
	การทดลองครั้งที่ 2	23.5	07.00	24.9	07.00
ระดับความลึก 1.00 เมตร	การทดลองครั้งที่ 1	22.1	05.00	25.2	06.00
	การทดลองครั้งที่ 2	23.0	07.00	24.2	05.00

ตารางที่ 1-26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำต่ำสุด ที่ระดับความลึกต่าง ๆ  
ตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สรุปผล

1. ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ( $\Delta T$ ) มีดังนี้
  - 1.1  $\Delta T$  ของดินลึก 0.50 เมตร ใต้ต้นไม้ มีค่าระหว่าง  $0.9 - 2.5^{\circ}\text{C}$
  - 1.2  $\Delta T$  ของดินลึก 0.50 เมตร สนามหญ้ากลางแจ้ง มีค่าระหว่าง  $2.3 - 2.4^{\circ}\text{C}$
  - 1.3  $\Delta T$  ของดินลึก 1.0 เมตร ใต้ต้นไม้ มีค่าระหว่าง  $0.9 - 2.0^{\circ}\text{C}$
  - 1.4  $\Delta T$  ของดินลึก 1.0 เมตร สนามหญ้ากลางแจ้ง มีค่าระหว่าง  $1.8 - 2.7^{\circ}\text{C}$
  - 1.5  $\Delta T$  ของดินลึก 0.50 เมตร ใต้ต้นไม้ มีค่าระหว่าง  $1.7 - 4.8^{\circ}\text{C}$
  - 1.6  $\Delta T$  ของดินลึก 0.50 เมตร สนามหญ้ากลางแจ้ง มีค่าระหว่าง  $2.1 - 5.7^{\circ}\text{C}$
  - 1.7  $\Delta T$  ของดินลึก 1.0 เมตร ใต้ต้นไม้ มีค่าระหว่าง  $1.2 - 2.8^{\circ}\text{C}$
  - 1.8  $\Delta T$  ของดินลึก 1.0 เมตร สนามหญ้ากลางแจ้ง มีค่าระหว่าง  $2.9 - 3.9^{\circ}\text{C}$
2. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิดินใต้ต้นไม้ มีน้อยกว่าที่อุณหภูมิดินบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง
3. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำใต้ต้นไม้ มีน้อยกว่าอุณหภูมิน้ำบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง
4. ค่าความแตกต่าง ( $\Delta T$ ) ของดินมีน้อยกว่าที่บริเวณน้ำ โดยอุณหภูมิดินมีค่าค่อนข้างคงที่ (STABLE) กว่าน้ำ
5. อุณหภูมิของดินและน้ำจะต่ำกว่าอุณหภูมิกอากาศมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน
6. ค่าสูงสุดของอุณหภูมิดินอยู่ระหว่างเวลา 05.00 - 11.00 น. ส่วนค่าต่ำสุดของอุณหภูมิดิน อยู่ระหว่างเวลา 14.00 - 15.00 น. ซึ่งตรงข้ามกับช่วงเวลาสูงสุดและต่ำสุดของอุณหภูมิกอากาศ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### สรุปผลขั้นตอนที่ 8

การศึกษาตัวแปรเรื่องลมที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ ตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง บริเวณสระน้ำขนาดใหญ่กลางแจ้ง และที่บริเวณลานคอนกรีตจอร์จ พบว่า ลมเป็นตัวแปรสำคัญ ที่จะทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลมและใต้ลม เพิ่มสูงขึ้นหรือลดลง โดยอุณหภูมิอากาศใต้ลมบริเวณสนามหญ้า และสระน้ำจะลดต่ำกว่าบริเวณเหนือลม ส่วนที่บริเวณลานจอร์จนั้นอุณหภูมิใต้ลมจะสูงกว่าอุณหภูมิบริเวณเหนือลม

สถานที่	ผลการทดลอง	บริเวณใต้ต้นไม้		บริเวณใต้ลม	
		MAX	TIME	MAX	TIME
สนามหญ้า	การทดลองครั้งที่ 1	36.5	14.00	35.6	14.00
	การทดลองครั้งที่ 2	34.5	14.00	33.5	14.00
สระน้ำ	การทดลองครั้งที่ 1	38.4	14.30	36.5	14.00
	การทดลองครั้งที่ 2	37.3	10.00	35.7	11.00
ลานจอร์จ	การทดลองครั้งที่ 1	40.9	14.00	42.2	13.00
	การทดลองครั้งที่ 2	44.8	13.00	45.7	13.00

ตารางที่ 1-27 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุด บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สถานที่	ผลการทดลอง	บริเวณใต้ต้นไม้		บริเวณใต้ลม	
		MIN	TIME	MIN	TIME
สนามหญ้า	การทดลองครั้งที่ 1	25.0	07.00	24.2	06.30
	การทดลองครั้งที่ 2	24.7	04.00	24.6	04.00
สระน้ำ	การทดลองครั้งที่ 1	25.1	06.30	24.9	06.30
	การทดลองครั้งที่ 2	24.9	04.00	24.6	03.00
ลานจอร์จ	การทดลองครั้งที่ 1	24.8	07.00	26.0	06.00
	การทดลองครั้งที่ 2	25.1	04.00	25.2	04.00

ตารางที่ 1-28 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศต่ำสุด บริเวณเหนือลมและใต้ลม ตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ



## สรุปผล

1. อุณหภูมิอากาศของสนามหญ้าบริเวณเหนือลม มีค่าสูงกว่าที่บริเวณใต้ลมเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางของลมและความเร็วของลม ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลมจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลม  $0.9^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลาที่ร้อนที่สุด(MAXIMUM) ที่เวลา 14.00 น.ของการทดลองครั้งแรก แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมกลับสูงกว่า (ช่วงเวลา 14.00 น. ของวันแรก) เนื่องจากลมเกิดเปลี่ยนทิศทาง

2. ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงสุด (ช่วงเวลากลางวัน) อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมของสระน้ำต่ำกว่าที่อุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลมประมาณ  $1.6^{\circ}\text{C} - 1.9^{\circ}\text{C}$  ส่วนในช่วงเวลากลางคืน อุณหภูมิอากาศใต้ลมจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลมประมาณ  $0.3^{\circ}\text{C}$

3. ในช่วงเวลากลางวัน บริเวณผิวคอนกรีตลานจอดรถอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมจะสูงกว่าบริเวณเหนือลมของลานจอดรถประมาณ  $0.9^{\circ}\text{C} - 1.3^{\circ}\text{C}$  ส่วนในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณเหนือลม  $0.1^{\circ}\text{C} - 1.2^{\circ}\text{C}$

4. อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมของสระน้ำมีค่าต่ำกว่าบริเวณเหนือลม เป็นเพราะลมได้พัดพาเอาความชื้น ที่เกิดจากการระเหยเป็นไอของน้ำบริเวณผิวน้ำ(EVAPORATION) ส่วนบริเวณสนามหญ้านั้น ลมได้พัดพาเอาความชื้นที่เกิดจากการคายน้ำของใบหญ้า (TRANSPIRATION)

ในขบวนการสังเคราะห์แสง

5. อุณหภูมิอากาศบริเวณผิวคอนกรีตมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์มีการแปรรูปเป็นพลังงานความร้อนของรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ในบริเวณผิวคอนกรีตความร้อนจะถูกสะสมอยู่ในตัวคอนกรีตและส่งออกมาโดยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน โดยมีลมเป็นตัวกลางพัดพาเอาความร้อนที่ผิวคอนกรีตออกมา จึงทำให้บริเวณใต้ลมมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น

### การประยุกต์ใช้งาน

จากจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษาค่าตัวแปรทางธรรมชาติ (MICRO CLIMATE) ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศบริเวณรอบอาคารจึงแบ่งตัวแปรที่ทำการศึกษาออกเป็น

1. ดันไม้ (VEGETATION)
2. ดินและน้ำ (SOIL AND WATER BODY)
3. พืชคลุมดิน (GROUND COVERING)
4. ลม (WIND SPEED)
5. ผิวคอนกรีต (HARDSCAPE)

ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณรอบอาคารลดลงได้แก่ต้นไม้ ความลึกต่าง ๆ ของดิน และน้ำ พืชคลุมดิน เช่น หญ้า ความเร็วลม ส่วนตัวแปรที่มีผลทำให้ อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น คือ ผิวคอนกรีตบริเวณลานจอดรถ (HARDSCAPE)

### ต้นไม้

ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากความเย็นที่เกิดจากการคายน้ำ (TRANSPIRATION) ของใบไม้จำนวนมาก รวมทั้งร่มเงาที่เกิดจากพุ่มใบไม้ ช่วยลดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ให้ตกกระทบพื้นผิวน้อยลง และยังคงดูดซับ ความร้อนจากการแผ่รังสีบางส่วน การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานจึงควรที่จะปลูกต้นไม้ รอบอาคารเพื่อให้เกิดร่มเงา ทั้งแก่ภูมิสถาปัตยกรรมที่เป็นพื้นผิวแข็ง (HARDSCAPE) และแก่ผนังของ อาคารเพื่อลด SURFACE TEMPERATURE

### ดินและน้ำ

อุณหภูมิที่ความลึกของดินและน้ำมีค่าค่อนข้างคงที่ และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา กลางวัน การออกแบบโดยใช้ความเย็นจากดินจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (MRT) ลดต่ำ ลง เนื่องจากเกิดการแผ่รังสีความร้อนภายในอาคารหรือตัวคนที่มีอุณหภูมิสูงไปที่ที่เย็นกว่าของดิน ส่วนน้ำนั้นเราสามารถประยุกต์เอาความเย็นที่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งมีอุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิ อากาศเนื่องจากการระเหย (EVAPORATION) และอาศัยน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ มาช่วยถ่ายเท พลังงานความร้อนเนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่าของน้ำมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

### พืชคลุมดิน

จากผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณผิวดินและเหนือผิวของสนามหญ้ากลางแจ้งมี ค่าต่ำกว่าบริเวณคอนกรีตของลานจอดรถ การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานจึงควรลดพื้นที่ที่เป็น พื้นผิวแข็ง (HARDSCAPE) อย่างเช่นผิวคอนกรีต และควรเลือกใช้ธรรมชาติ เช่น ร่มเงาจาก ต้นไม้ หรือพืชคลุมดิน เช่น หญ้า เข้ามาแทน

### ลม

ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมของสระน้ำและสนามหญ้ามียุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลม ทั้งนี้เพราะลมเป็นตัวกลางในการพัดพาเอาความร้อนออกไปและ เอาความเย็นที่เกิดจากการระเหยเป็นไอของสระน้ำ และการคายน้ำของพุ่มใบต้นไม้และสนามหญ้า ไปด้วย

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การออกแบบสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยรอบอาคาร (MICRO CLIMATE) นั้นมีจุดประสงค์ที่ต้องการลดค่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบอาคารให้ต่ำลง ส่งผลให้ค่า  $\Delta T$  ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศบริเวณภายในและภายนอกอาคารลดต่ำลง ทำให้  $Q$  ลดต่ำลงด้วย ( $Q = UA \times \Delta T$ ) เป็นการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศให้เข้าสู่สภานำสบาย (COMFORT ZONE) องค์ประกอบทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ดินไม้ น้ำ ความลึกของดิน พืชคลุมดิน ความเร็วลม และสภาพภูมิประเทศของที่ตั้งอาคารล้วนมีความสัมพันธ์ต่อกัน การออกแบบโดยขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งเช่น ขาดลม หรือทำให้ลมไม่สามารถพัดผ่านหรือทำให้ความเร็วลมลดลง ความเย็นที่ได้ (COOL AIR POCKET) จากดินไม้และสระน้ำก็จะไม่เกิดประโยชน์ใดๆ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในบริเวณลานคอนกรีตนั้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในบริเวณอื่นมาก ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงวัสดุดังกล่าว หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การใช้ดิน ไม้เพื่อทำให้เกิดร่มเงา หรือเพิ่มพื้นที่ที่เป็นพืชคลุมดินตลอดจนการออกแบบที่ลดการระบายอากาศโดยลมก็จะช่วยได้ เมื่อพิจารณาถึงค่าอุณหภูมิบริเวณใต้ดินไม้ขนาดใหญ่หรือค่าอุณหภูมิของดินและน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ บางช่วงเวลาโดยเฉพาะในช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นพบว่าอุณหภูมิอากาศใต้ดินไม้และที่ระดับความลึกต่างๆ ของดินและน้ำมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและอยู่ในช่วงสภานำสบาย (COMFORT ZONE) เมื่อทราบถึงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศใต้ดินไม้และที่ระดับความลึกต่างๆ ของดินและน้ำ จึงสมควรนำเอาความเย็นที่ลดต่ำลงของบริเวณดังกล่าวมาใช้เพื่อลดค่าอุณหภูมิอากาศรอบอาคารเพื่อประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



27-29	WIND CONDITION																	
JUN'96	PARKING																	
	TN+0.10	TN+1.50	TN+2.00	TM+0.10	TM+1.50	TM+2.00	TS+0.10	TS+1.50	TS+2.00	RbN+0.10	RbN+1.50	RbN+2.00	RbM+0.10	RbM+1.50	RbM+2.00	RbS+0.10	RbS+1.50	RbS+2.00
18:00	29.1	29	30.1	29.8	29.8	30.3	30	29.4	29.6	70	69	66	68	67	68	66	66	70
19:00	30.6	30.6	31.9	30.8	30.6	31.8	30.9	30.7	31.6	63	63	62	63	63	63	62	63	63
20:00	27.5	27.6	28.9	28.6	28.4	29.4	29.2	29	28.8	71	73	70	76	76	76	70	70	71
21:00	29	28.9	29.9	29.3	29.2	29.9	29.4	29.2	29.9	70	70	68	69	70	69	68	68	70
22:00	28.7	28.4	29.2	28.7	28.4	30.3	29.9	28.6	29.7	73	74	73	72	73	72	73	73	73
23:00	27.8	27.6	30.4	27.8	28	29.9	28.4	28.2	29.9	76	76	74	74	74	74	74	74	76
24:00	28.1	28	29.6	28	28	29.4	29.2	29	29.9	75	75	78	75	75	75	78	74	75
1:00	27.4	27	29.9	27.9	27.7	30.2	27.9	27.8	29.8	76	76	75	77	76	77	75	75	76
2:00	27.8	27	29.2	28.1	28	29.2	28.5	28.3	29.7	73	74	73	74	74	74	73	74	73
3:00	26.7	26.4	28.5	26.7	26.7	26.8	26.7	26.4	27.1	87	88	84	86	86	86	84	85	87
4:00	25.1	25.1	25.7	25.3	25.2	25.3	25.2	25.4	24.8	89	89	87	89	90	89	87	89	89
5:00	25.6	25.6	25.9	25.6	25.6	26.1	25.6	25.7	26.1	83	83	83	84	84	84	83	83	83
6:00	26.9	26.7	28	27	27	27.6	29.4	28.5	27.3	82	82	76	80	79	80	76	75	82
7:00	32.5	32.2	30.6	33.2	33	30.9	33.6	33.1	29.9	74	72	63	67	65	67	63	62	74
8:00	34.7	34.5	30.7	37.1	36.6	30.7	37.4	37	32	62	69	63	58	54	56	63	61	62
9:00	37.2	36.7	33.2	38.8	37.8	33.8	40.7	36.9	33.9	69	68	60	51	49	51	60	50	69
10:00	39.7	39.3	32.9	41.3	40.8	34.3	41.3	40.8	36.3	46	46	61	50	48	50	60	57	46
11:00	38.4	38	36.6	41.6	38.5	36.2	44	39.2	36.7	53	51	42	47	42	47	42	42	53
12:00	41.9	41.8	36.4	43.1	42.8	36.6	44.3	42.9	36.8	45	43	64	44	42	44	54	52	45
13:00	40.3	40	36.6	42.8	42.6	36.4	43	42.5	37.1	57	58	43	50	47	50	43	40	57
14:00	42.6	42.6	36.4	43	42.2	35.3	44.4	43.3	36.7	45	43	55	49	49	49	55	52	45
15:00	38.6	38.2	30.6	38.9	38.5	30.6	39.3	39.1	30.5	70	69	63	65	64	66	63	62	70
16:00	37.3	37.1	32.8	37.9	37	33	38.3	37.8	31.2	62	61	44	47	45	47	44	44	62
17:00	33.7	33.4	31.8	34.4	34.2	31.6	35.5	35.4	31.1	61	60	63	57	55	57	53	53	61
18:00	35.6	35.3	32.3	36.4	36.2	32.6	35.7	35.2	30.1	62	55	68	57	56	57	69	59	62
19:00	29.8	29.6	29.8	30.1	30	29.6	30.7	30.4	29.1	75	75	70	70	69	70	70	70	75
20:00	27.8	27.6	29.2	28.4	28.1	28.8	28.5	28.3	28.7	69	69	68	68	67	68	68	67	69
21:00	27.4	27	28.2	27.4	27.6	27.9	28.2	27.8	27.6	70	70	67	70	68	70	67	67	70
22:00	27.1	27	28.1	27.2	26.9	28.2	28.1	27.9	27.7	74	74	70	71	72	71	70	71	74
23:00	27.7	27.2	29.4	27.9	27.8	29.4	27.9	27.6	29.2	69	69	69	69	69	69	69	70	69
24:00	26.8	26.6	28	26.9	26.8	27.4	27.2	26.9	27.8	76	76	77	78	78	78	77	77	78
1:00	27.8	27.6	27	27	27.1	27.3	27.9	27.3	26.9	78	80	79	77	77	77	79	78	78
2:00	26.8	26.5	27.8	26.7	26.3	27.5	26.7	26.1	27.5	81	77	78	75	76	75	78	78	81
3:00	26.4	26.3	27	26.6	26.4	27.3	26.8	26.1	26.9	79	78	76	75	76	75	76	75	79
4:00	25.2	25.3	28.9	25.7	25.7	28.3	26.1	26	29	83	84	81	82	82	82	81	80	83
5:00	26	25.8	26.9	26.1	26.1	26	26.9	26.8	26.9	81	81	77	80	80	80	77	77	81
6:00	26.1	25.9	26.9	26.3	26.2	26.8	27	27	26.7	78	78	77	77	77	77	77	77	78
7:00	30.2	30.6	31.2	30.7	30.9	31.6	32.8	31.6	30.2	60	60	65	66	66	66	65	66	60
8:00	37.6	37.1	33.9	38.1	37.6	33.8	40	39.3	34	51	60	63	52	48	52	63	60	61
9:00	37.8	37.6	36.2	40.3	40	35.8	42.1	41.2	33.6	58	55	47	55	52	55	47	43	58
10:00	40.4	39.6	36.4	41.9	41.6	36.3	44.3	41.8	36.8	42	41	68	48	46	48	58	57	42
11:00	41	40.8	38.6	44	42.3	36.8	44.6	44.5	37	56	54	40	47	41	47	40	36	55
12:00	42.9	42.6	36.4	41.6	41.5	36.7	43.6	41.4	37.8	39	36	55	42	42	42	55	51	39
13:00	44.8	44.6	37.1	45.2	44.8	37.4	45.7	45.2	38.1	51	60	40	41	40	41	40	37	51
14:00	43.6	43.1	37.2	43.8	43.7	37.5	44.3	43.7	38.7	36	37	61	39	38	39	51	46	36
15:00	41.1	40.8	37.2	41.9	40.6	37.2	43	42.5	36.2	55	50	46	47	46	47	46	44	55
16:00	41.3	41	36.6	41.9	41.7	36.8	42.3	41.8	37.8	48	46	62	49	49	49	52	51	46
17:00	37.4	37.8	33.9	37.6	37.2	33.9	37.8	37.2	34.1	69	60	62	59	60	59	62	63	69
MAX	44.8	44.6	37.2	45.2	44.8	37.6	46.7	46.2	38.7	89	89	87	89	90	89	87	89	89
MIN	25.1	25.1	25.7	25.3	25.2	25.3	25.2	25.4	24.8	35	35	40	39	38	39	40	36	35
MEAN	32.825	32.691667	31.360417	33.4125	33.114583	31.36875	34.168667	33.4875	31.329167	65.166667	64.541667	64.3125	63.833333	62.895833	63.833333	64.291667	63.416667	65.166667

16-1



## บรรณานุกรมบทที่ 1

- ประทีป มาลากุล, รศ.มล. และคณะ. การประหยัดพลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม.  
กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
- วิชัย อธิธิวิศวกุล. “อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร.”  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- สุนทร บุญญาธิการ. การวิเคราะห์สภาวะนำสหายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับอาคาร  
สถาปัตยกรรมไทย. ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มิถุนายน 2536.
- เอนก ธีระวิวัฒน์ชัย. “การทำความเย็นโดยการใช้ผิวสัมผัสพื้นดิน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- American Society of Landscape Architects Foundation. Landscape Planning for Energy  
Conservation. ASLA Foundation, Mclean Virginia, 1976.
- Benjamin Stein, John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th ed.  
New York : John Wiley&Sons, 1992
- Geiger Rudolf. The Climate near the Ground. Harvard University Press, 1950.
- Moore Fuller. Environmental Control Systems : Heating Cooling Lighting. McGraw-Hill Book,  
1993.
- Olgyay, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton,  
N.J. : Princeton University Press, 1963.

## บรรณานุกรมบทที่ 1

Olgay, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton, N.J. : Princeton University Press, 1963.

Study of Man's Impact on Climate (SMIC). Inadvertent Climate Modification. Massachusetts Institute of Technology Press, 1971.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### การศึกษาอิทธิพลของดินรอบอาคารต่อการใช้พลังงานในอาคาร

#### 2.1 จุดประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของดินรอบอาคารต่อการใช้พลังงานในอาคารนี้ มีจุดประสงค์ที่จะนำผลจากการวิจัยมาประยุกต์เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารเทคโนโลยีนิคมพระเกียรติ หรืออาคารอื่นๆต่อไป

#### สมมติฐานของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 1.1) ถ้าดินมีความชื้นสะสมอยู่ในระดับที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้อุณหภูมิของดินใกล้เคียงอุณหภูมิกระเปาะเปียก เป็นผลให้กรอบของอาคารส่วนที่สัมผัสดินเย็นลง และถ้าการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในดินมีผลกระทบต่อความชื้นที่ผิวสัมผัสดิน กล่าวคือถ้าสภาพดินมีความชื้นแตกต่างกันแล้ว จะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอาคารในส่วนที่สัมผัสดินมีค่าแตกต่างกัน
- 1.2) ถ้าใช้พืชคลุมดินและวัสดุปกคลุมดินที่แตกต่างกัน จะมีผลทำให้ปริมาณความชื้นภายในดินไม่เท่ากันแล้ว และส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอาคารในส่วนที่สัมผัสดินมีค่าแตกต่างกัน

#### จุดประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อศึกษาถึงตัวแปรต่างๆทางกายภาพที่มีผลต่ออุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกต่างๆ
- 2) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่ออุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกต่างๆ
- 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและอุณหภูมิผิวของกรอบอาคารส่วนที่สัมผัสดินและอุณหภูมิของดินและอุณหภูมิอากาศภายนอก
- 4) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงาน โดยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในขั้นตอนต่อไป

## 2.2 กระบวนการและเทคนิคที่ใช้ในการวิจัย

### 2.2.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาและประเมินค่าอิทธิพลจากพื้นดินและผิวสัมผัสดิน ตลอดจนถึงอิทธิพลของการทำสภาพดินรอบอาคารให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิดินที่มีพีชปกคลุมก่อนและหลังการรดน้ำ
- ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิผนัง และอุณหภูมิดินที่มีหญ้าปกคลุมระหว่างรดน้ำและไม่ได้อรดน้ำ
- ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิดินที่มีพีชปกคลุม และที่ปราศจากพีชปกคลุมในสภาพที่มีการรดน้ำ
- ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผนัง และอุณหภูมิดินที่มีพีชปกคลุม และปราศจากหญ้าปกคลุม
- ขั้นตอนที่ 5 ศึกษาพฤติกรรมของอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิดินที่มีพีชปกคลุม มีการรดน้ำ

### 2.2.2 การออกแบบห้องทดลอง

จากการศึกษาเพื่อกำหนดลักษณะของห้องทดลอง โดยกำหนดให้มีขนาดเหมาะสมกับการทำงาน และจะต้องทำการควบคุมตัวแปร ตลอดจนสภาพของห้องทดลองให้ใกล้เคียงกับสภาพของจริงได้จัดทำห้องทดลองดังนี้

1. **ขนาด** กำหนดขนาดห้องทดลอง ขนาด 8 x 8 เมตร สูง 2.5 เมตร เพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกับอาคารทั่วไป
2. **พื้นอาคาร** ใช้เป็นพื้นคอนกรีตขัดมันหนา 0.20 เมตร เพื่อป้องกันความชื้นจากผิวดินเข้าสู่อาคาร และขณะเดียวกันก็ใช้เป็นตัวนำความชื้นจากดินเข้าสู่อาคาร
3. **ผนัง** ในส่วนระดับ 1.00 เมตร จากระดับพื้นภายใน ใช้ผนังคอนกรีตบล็อก 2 ชั้น ฉาบปูนผิวขัดมัน 2 ด้าน โดยมีความหนารวม 0.20 เมตร ในส่วนระดับเหนือ 1.00 เมตรใช้ผนังยิปซัม ( Gypsum Board ) 2 ด้าน มีช่องอากาศ 0.15 เมตร ภายในใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารใช้ซิลิโคน ( Silicone ) อุดรอยต่อระหว่างแผ่นโดยรอบ

4. หลังคา ใช้หลังคากระเบื้องคอนกรีตเป็นทรงปั้นหยากรุด้วยฉนวนใยแก้วหนา 0.20 เมตร มีแผ่นสะท้อนแสง ( Foil ) 1 ด้าน ปิดฝ้าด้วยซี่ซี่ 12.0 มม. อุดรอยต่อระหว่างแผ่นด้วยซิลิโคน ( Silicone )

5. ฝ้าเพดาน ติดตั้งฝ้าเพดานที่แนวระนาบระดับ 2.4 เมตร จากระดับพื้นภายในโดยใช้ฉนวนใยแก้วชนิดที่มีแผ่นสะท้อนแสง ( Foil ) 1 ด้าน ความหนา 2 นิ้ว เพื่อกันความร้อน

6. ภายนอก แบ่งช่องการทดลองออกเป็นด้าน ด้านละ 4 ช่อง ให้เหมาะสมกับขั้นตอนการวิจัย ในการทดลอง ติดตั้งสายสัญญาณ ( Thermocouple ) ที่ผิวผนังภายนอกระดับ 0.60 เมตร จากระดับดินถม และผิวภายในที่ระดับ 0.40 เมตร จากพื้นอาคารซึ่งจะเป็นตำแหน่งที่ตรงกัน จากนั้นใช้ดินและทรายกลบ ให้ได้ความลึก 1 เมตร และกว้าง 1 เมตร และมีส่วนลาดเอียง ( Slope )  $45^\circ$  กว้าง 1 เมตร เพื่อให้อุณหภูมิดินคงที่ ไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศโดยตรง

### 2.2.3 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบด้วย

1.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ ( Temperature Record ) 1 เครื่อง

1.2 สายสัญญาณ ( Thermocouple ) Type K สำหรับใช้ต่อกับเครื่องเก็บอุณหภูมิไปยังจุดต่างๆ

2. เครื่องมือวัดการแผ่รังสีความร้อน

3. เครื่องสังเกตความเร็วลม

4. เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรม Microsoft Office: Excel 5.0

### 2.2.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

การวิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการศึกษา ดังนี้

1. ดิน

- สภาพของผิวน้ำดินที่แตกต่างกัน

- ความชื้นของดิน

2. อุณหภูมิอากาศ

3. ผนังวัสดุ

- ค่าการนำความร้อนของวัสดุ

- ความสามารถในการต้านทานความชื้นของวัสดุ

- ความหนาของวัสดุ

### ตัวแปรที่ต้องควบคุม

ในการทดลองจำเป็นต้องควบคุมตัวแปรให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดย

1. ป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาจากผนังทั้ง 4 ด้านและฝ้าเพดาน
2. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ( RH ) อุณหภูมิห้อง
3. ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

ในการทดลอง ได้ออกแบบห้องทดลองให้ผนังและหลังคาสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอก ความชื้น และแสงไม่ให้เข้าสู่อาคาร เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากผิวสัมผัสเท่านั้น

### ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1. การทดลองผลกระทบลักษณะของผิวดินที่แตกต่างกัน
  - 1.1 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยดินและทราย
  - 1.2 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง
  - 1.3 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก
  - 1.4 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง
  - 1.5 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน
  - 1.6 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยดินเปียกและดินแห้ง
  - 1.7 การทดลองผิวดินที่ปกคลุมด้วยดินและทราย
2. ทดสอบผลกระทบจากความลึกของดิน และระยะห่างของอาคาร
  - 2.1 ทดสอบติดตั้งสายสัญญาณ ( Thermocouple ) ที่ระดับความลึก 0.60 เมตรและที่ระดับความลึก 1.00 เมตร จากผิวดิน
  - 2.2 ทดสอบติดตั้งสายสัญญาณ ( Thermocouple ) ในความลึก 0.60 เมตรจากผิวดินที่ผิวผนังภายนอกและที่ระยะห่างจากผนัง 0.60 เมตร
3. ทดสอบประเภทของดิน
  - 3.1 ทดสอบระหว่างดินแห้งและดินเปียก
  - 3.2 ทดสอบระหว่างดินแห้งและทรายแห้ง
  - 3.3 ทดสอบระหว่างดินเปียกและทรายเปียก

## 2.3 การวัดเก็บข้อมูลและการประเมินผล

การวิจัยเรื่องการนำความเย็นได้อาคารโดยใช้ผิวสัมผัสดินได้ออกแบบการทดสอบการวิจัยเป็น 6 การทดสอบ เพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยประกอบด้วยการทดสอบ ดังนี้

- การทดสอบที่ 1 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมง
- การทดสอบที่ 2 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง 48 ชั่วโมง
- การทดสอบที่ 3 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก 48 ชั่วโมง
- การทดสอบที่ 4 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง 48 ชั่วโมง
- การทดสอบที่ 5 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน 48 ชั่วโมง
- การทดสอบที่ 6 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทราย 48 ชั่วโมง

โดยการวิเคราะห์ได้กำหนดหัวข้อในขั้นตอนทดสอบที่ 1-5 เป็น 4 ส่วนดังนี้

- วิเคราะห์อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกของการทดสอบแต่ละขั้นตอน
- วิเคราะห์อุณหภูมิดิน พฤติกรรมของอุณหภูมิดิน และเปรียบเทียบทิศทางที่มีผลต่ออุณหภูมิดิน
- วิเคราะห์อิทธิพลความลึกของดินที่มีผลต่ออุณหภูมิดิน
- วิเคราะห์เปรียบเทียบดินที่ปกคลุมด้วยวัสดุต่างชนิดกันและในการทดสอบที่ 6 จะเป็นการเปรียบเทียบชนิดของดินระหว่างดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทราย

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 2.3.1 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปือกตลอด 48 ชั่วโมง

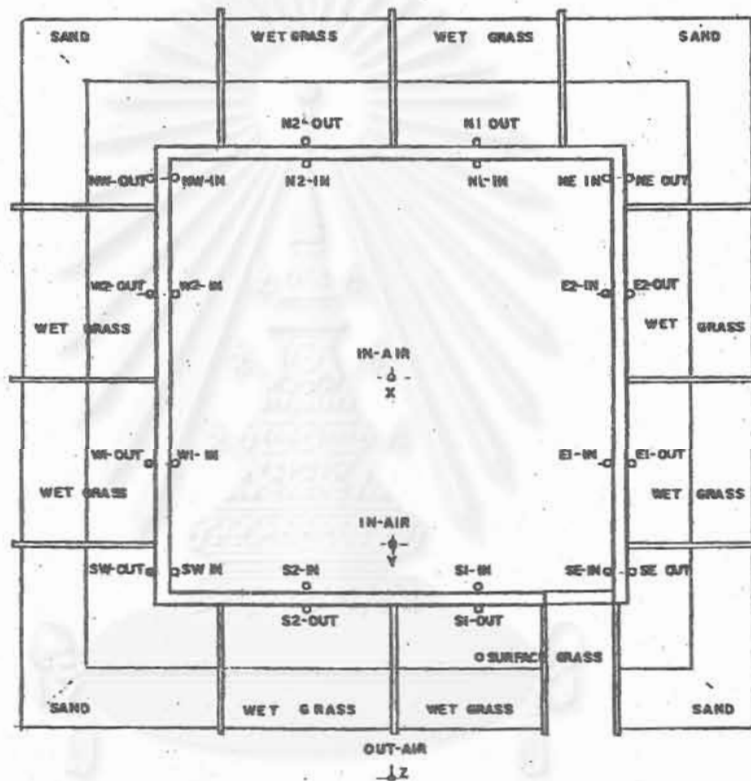
วันเวลาที่เก็บข้อมูล	06.00 น. วันที่ 5 มกราคม 2539
ถึง	06.00 น. วันที่ 7 มกราคม 2539

การวิจัยได้เริ่มทำการติดตั้งและทดสอบสายสัญญาณเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการปลูกหญ้าในช่อง N1, N2, S1, S2, E1, E2, W1, W2, (ตามรูปที่ 2-1) โดยทำการปลูกหญ้าตั้งแต่วันที่ 25 ธันวาคม 2538 เมื่อครบกำหนด 10 วัน จึงเริ่มทำการเก็บข้อมูล โดยเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงต่อเนื่อง แล้วจึงนำมาวิเคราะห์โดยการสร้างกราฟเส้นและกราฟแท่ง

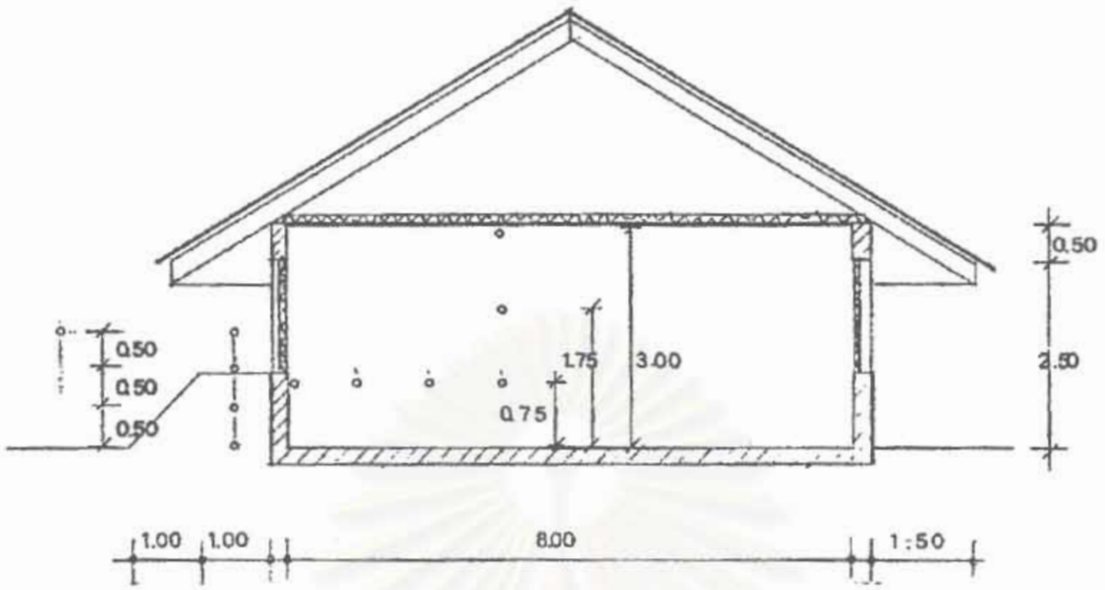


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นที่ 1 การวัดเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิพื้นที่มีที่ปกคลุมได้รับน้ำทุก 2 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 2-1ก. แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมง



รูปที่ 2-1 ข. แสดงการตัดห้องทดลองขนาด 8 ม. X 8 ม.



รูปที่ 2-1 ค. แสดงอาคารทดลองที่เตรียมการถมดินและติดตั้งเครื่องมือ





รูปที่ 2-14. แสดงห้องทดลองภายหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ ทำการถมดินและทราย  
ใช้ในการทดลอง ในภาพเป็นด้านทิศเหนือของอาคาร



รูปที่ 2-1 ข. แสดงการปลูกหญ้าเพื่อการวิจัย

## ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในอาคาร

### 1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงดังกราฟที่ 2-3

- อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่  $32^{\circ}\text{C}$  ณ เวลา 14.00 น.
- อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่  $19.5^{\circ}\text{C}$  ณ เวลา 06.00 น.- 07.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกอยู่ระหว่าง  $17-21^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุดที่  $21^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 14.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่  $17^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.- 07.00 น.

กราฟอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ในช่วงเช้าเวลาประมาณ 06.00 น. อุณหภูมิอากาศจะมีค่าต่ำที่สุดและมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศถึง 70 % อุณหภูมิต่ำสุดที่  $19.5^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิกระเปาะเปียกอยู่ที่  $17^{\circ}\text{C}$  ส่วนในช่วงบ่ายอุณหภูมิอากาศมีค่าสูงสุดเวลาประมาณ 14.00 น. ที่  $32^{\circ}\text{C}$

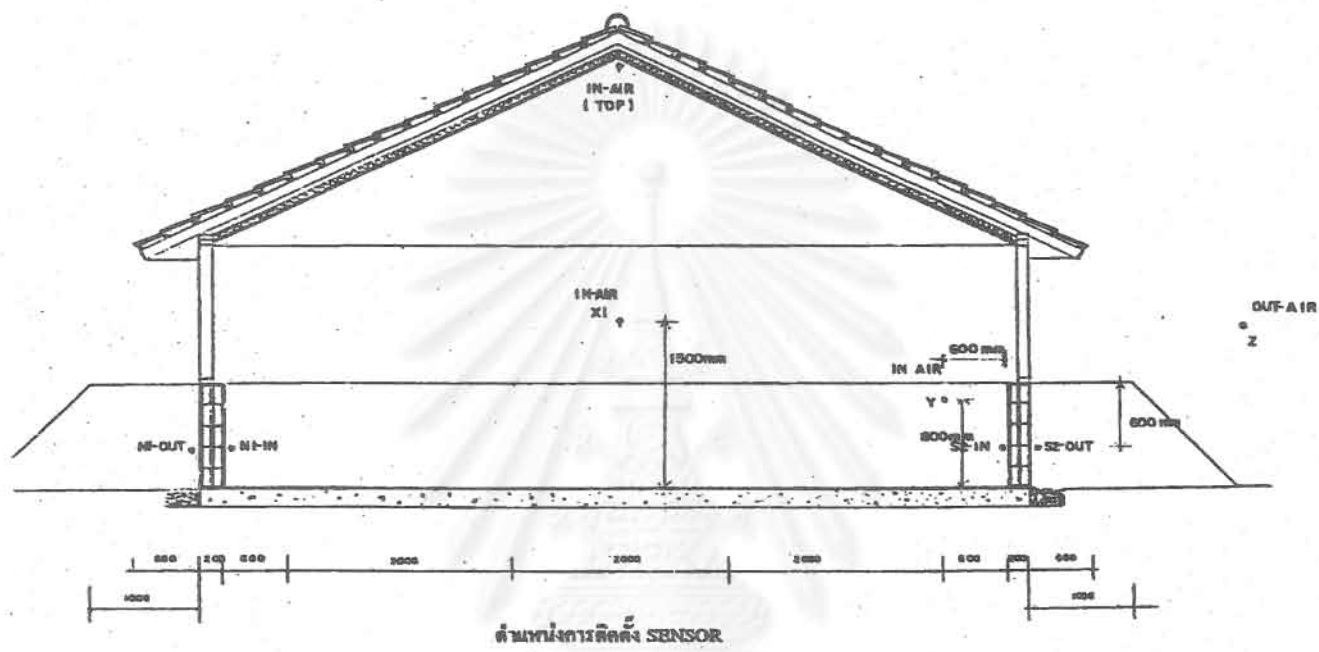
### 1.2 อุณหภูมิภายในอาคาร

การทดลองได้ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 3 จุด ดังรูปที่ 2-2

1. ที่บริเวณยอดจั่วได้คำนวณกันความร้อนหลังคา
2. ที่ระดับ 1.5 เมตร จากพื้นดินบริเวณกึ่งกลางอาคาร
3. ที่ระดับ 0.8 เมตร จากพื้นดินบริเวณ 1 เมตร จากผนังทางทิศใต้

สถาบันวิทยบริการ

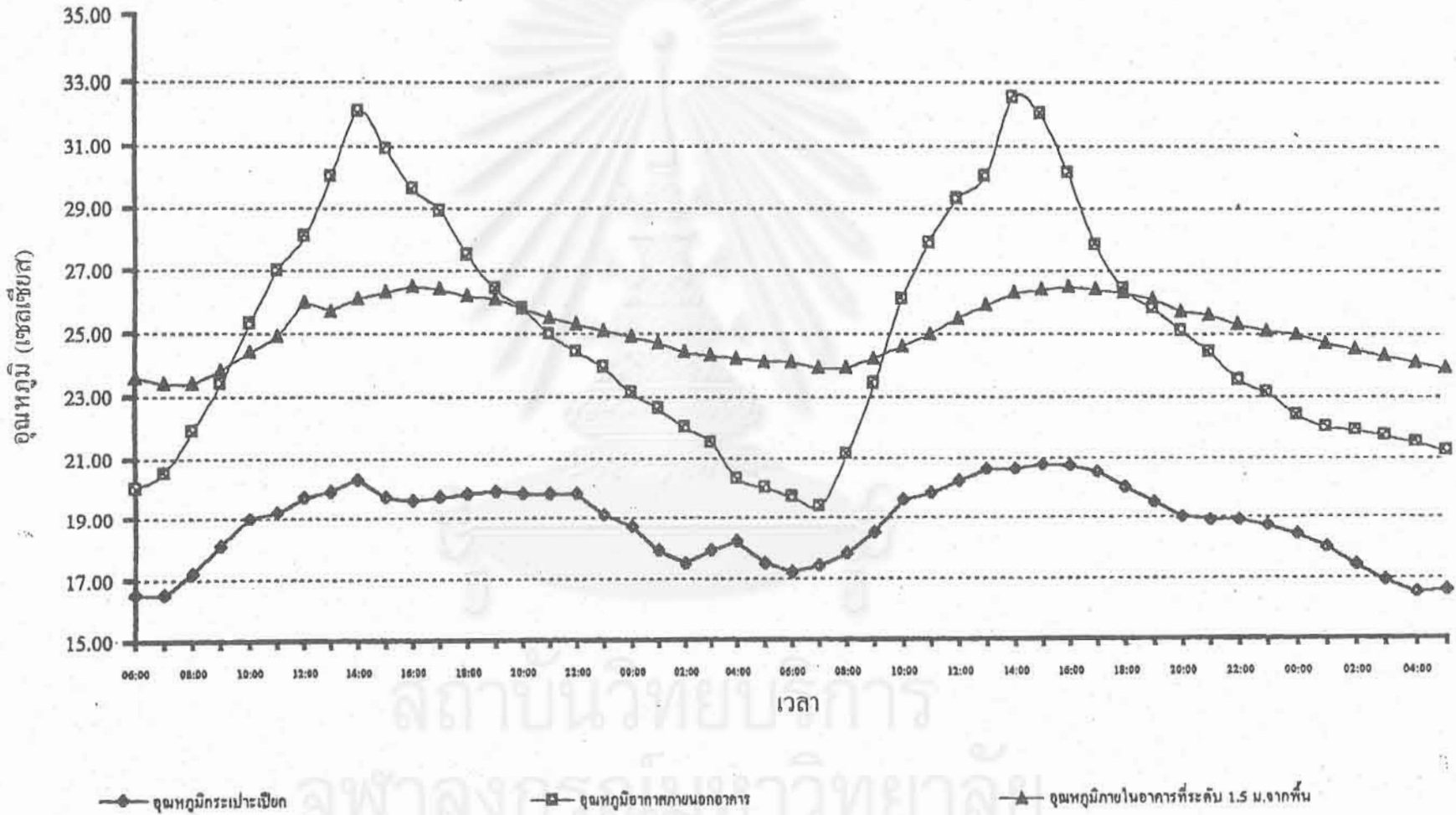
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-2 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง SENSOR

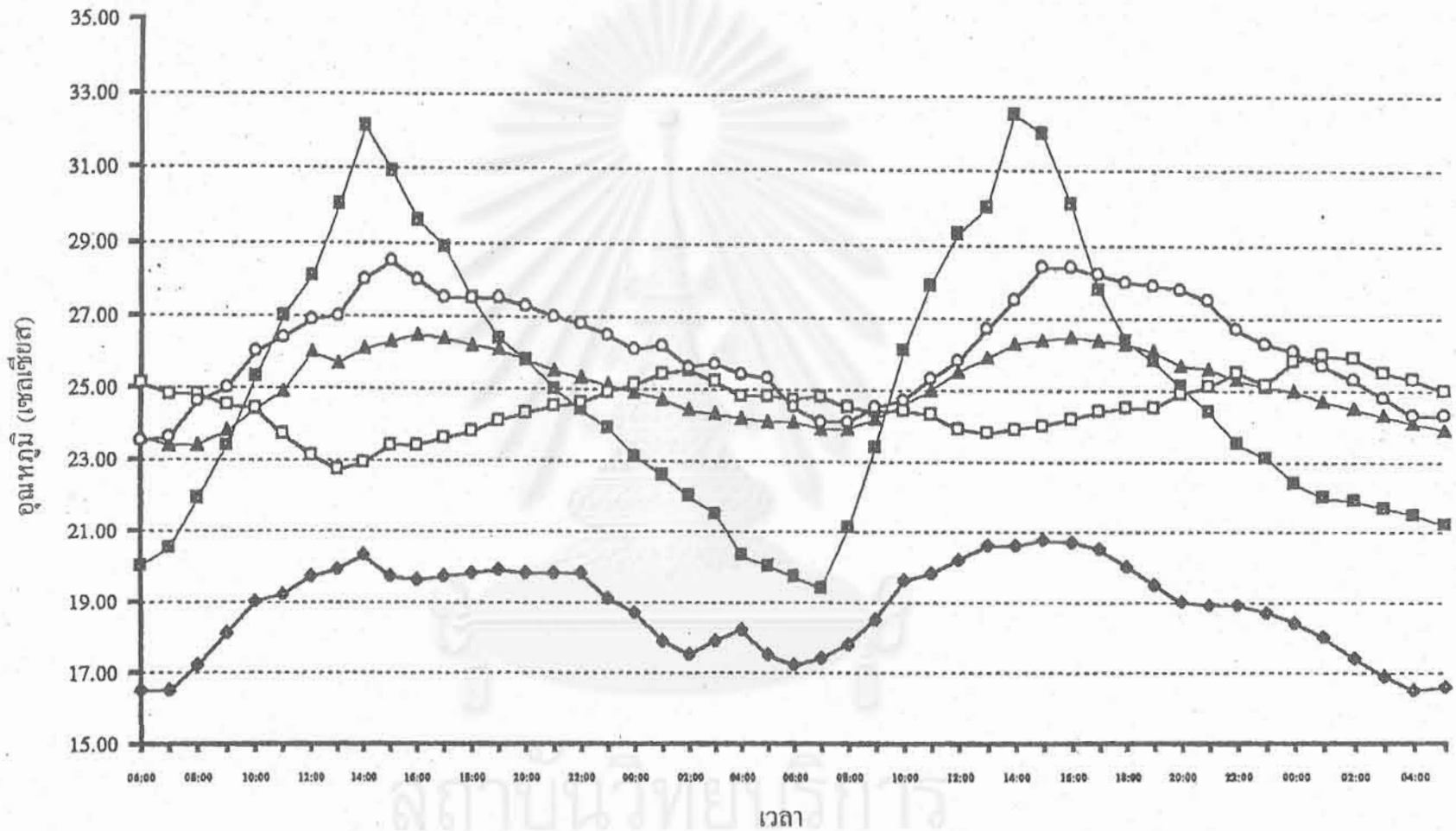
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก



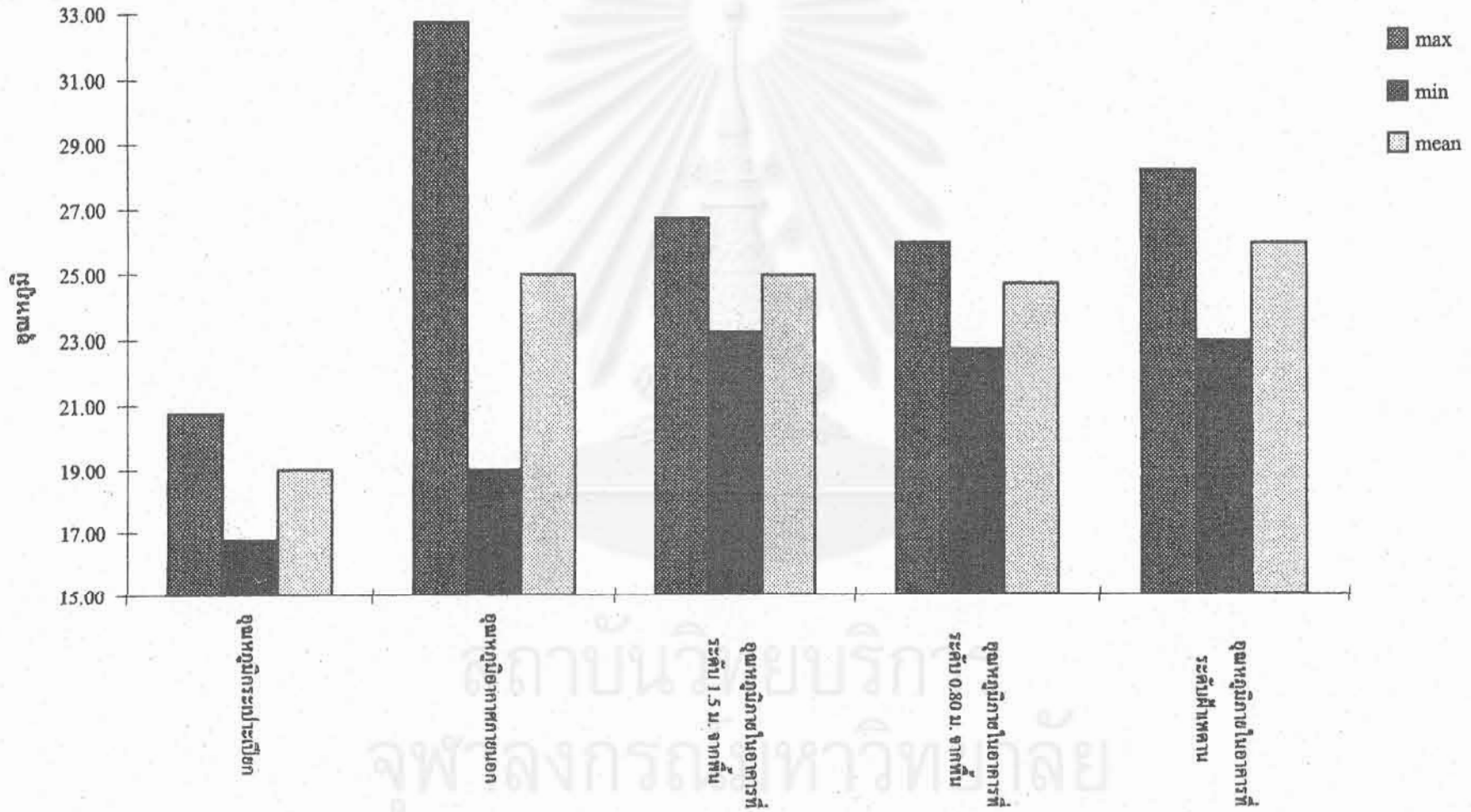
2-12

รูปที่ 2-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกัน กับอุณหภูมิระเปาะเปียก



—●— อุณหภูมิระเปาะเปียก    —■— อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร    —▲— อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม.จากพื้น    —□— อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 0.80 ม.จากพื้น    —○— อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับฝ้าเพดาน

รูปที่ 2-5 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคาร



ผลจากการทดลองปรากฏว่า ปริมาณความร้อนที่เข้ามาจากหลังคามีปริมาณสูง จึงมีอิทธิพลต่ออากาศภายในมากกว่าพื้นและผนังของอาคาร โดยอุณหภูมิอากาศที่ระดับเหนือฝ้าเพดาน และที่ระดับ 1.5 เมตร กลางอาคาร มีลักษณะขึ้นลงตามกัน ดังรูปที่ 2-4

อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ 6° C ในช่วงเวลา 09.00 น. - 20.00 น.

อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ 4° C ในช่วงเวลา 20.00 น. - 09.00 น.

ในขณะที่อุณหภูมิอากาศที่ระดับ 0.80 ม. จากพื้นอาคารซึ่งห่างจากผนังทางทิศใต้ 1.00 ม. จะได้รับอิทธิพลจากพื้นห้องและผนังทำให้กราฟที่เกิดขึ้นเป็นไปในทิศทางตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น โดยที่อุณหภูมิในบริเวณดังกล่าวค่อนข้างคงที่ และอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานพบว่ามีอุณหภูมิสะสมในหลังคาค่อนข้างสูงตลอดทั้งวัน ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายในหลังคาได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวัน จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในอาคารที่จุดอื่นๆ

ตารางที่ 2-1 แสดงอุณหภูมิสูงสุด,ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร

	D.B. TEMPERATURE		
	MAX	MIN	MEAN
อุณหภูมิอากาศ	32.50	19.40	24.97
อุณหภูมิภายในที่ 0.80 ม. ห่างจากทิศใต้ 1.00 ม.	26.50	23.40	25.09
อุณหภูมิภายในที่ 0.50 ม.	26.00	22.70	24.54
อุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดาน	28.50	23.50	26.23

จากรูปที่ 2-5 และตารางที่ 2-1 จะพบว่าอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 48 ชั่วโมง สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าปริมาณความร้อนที่มาจากหลังคามีปริมาณสูงจึงมีอิทธิพลต่ออากาศภายในมากกว่าความร้อนที่มาจากพื้นและผนังของอาคาร จากรูปที่ 2-4 พบว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในอาคารที่เหนือฝ้าเพดาน และที่ระดับ 1.5 ม. มีลักษณะกราฟที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามกัน ดังนั้นในการทดลองขั้นที่ 2 จึงได้เพิ่มฝ้าเพดานยับซัมบอร์คและฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว (Foil one side) ที่ระดับ 2.40 ม. จากพื้นภายในเพื่อกันการถ่ายเทความร้อนสะสมจากใต้หลังคา

## ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปี้ยก

เมื่อทำการ Calibrate สาย อีกครั้งหลังจากปลูกหญ้าทั้ง 4 ด้าน ให้มีสภาพเช่นเดียวกัน โดยเว้นระยะเวลาให้หญ้ามามีการเจริญงอกงามประมาณ 2 สัปดาห์ และเริ่มทำการรดน้ำทุก 2 ชม. ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 2-6 และ 2-7

พฤติกรรมของอุณหภูมิดินทั่วไป (ดินที่ระดับลึก 0.60 ม.) จากรูปที่ 2-6 และ 2-7 พบว่าดินในช่วงกลางวันอุณหภูมิลดลง และในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- ดินจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ  $21-23^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น. และมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 09.00-23.00 น. โดยมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ  $9-10^{\circ}\text{C}$

- ดินจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $23-25^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น. และมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 23.00-09.00 น. โดยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ  $5^{\circ}\text{C}$

จากการทดลองพบว่าดินมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่และมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ และจากรูปที่ 2-6 และ 2-7 สามารถนำมาสร้างกราฟในรูปที่ 2-8 และวิเคราะห์ได้ดังนี้

- พฤติกรรมทางด้านอุณหภูมิของดินจะแตกต่างกันตามทิศทาง โดยดินในทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่าทิศอื่น และดินในทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าทิศอื่น โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิดินระหว่างทิศใต้และทิศเหนือประมาณ  $2^{\circ}\text{C}$

- ในขณะที่ทิศตะวันออกอุณหภูมิดินจะสูงขึ้นในช่วง 12.00-06.00 น. และในช่วง 06.00-12.00 น. อุณหภูมิดินทางทิศตะวันตกจะสูงขึ้นแทน

ทิศใต้ - จะมีอุณหภูมิดินสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 02.00-08.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $24-25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $1-1.5^{\circ}\text{C}$  และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่  $5-6^{\circ}\text{C}$

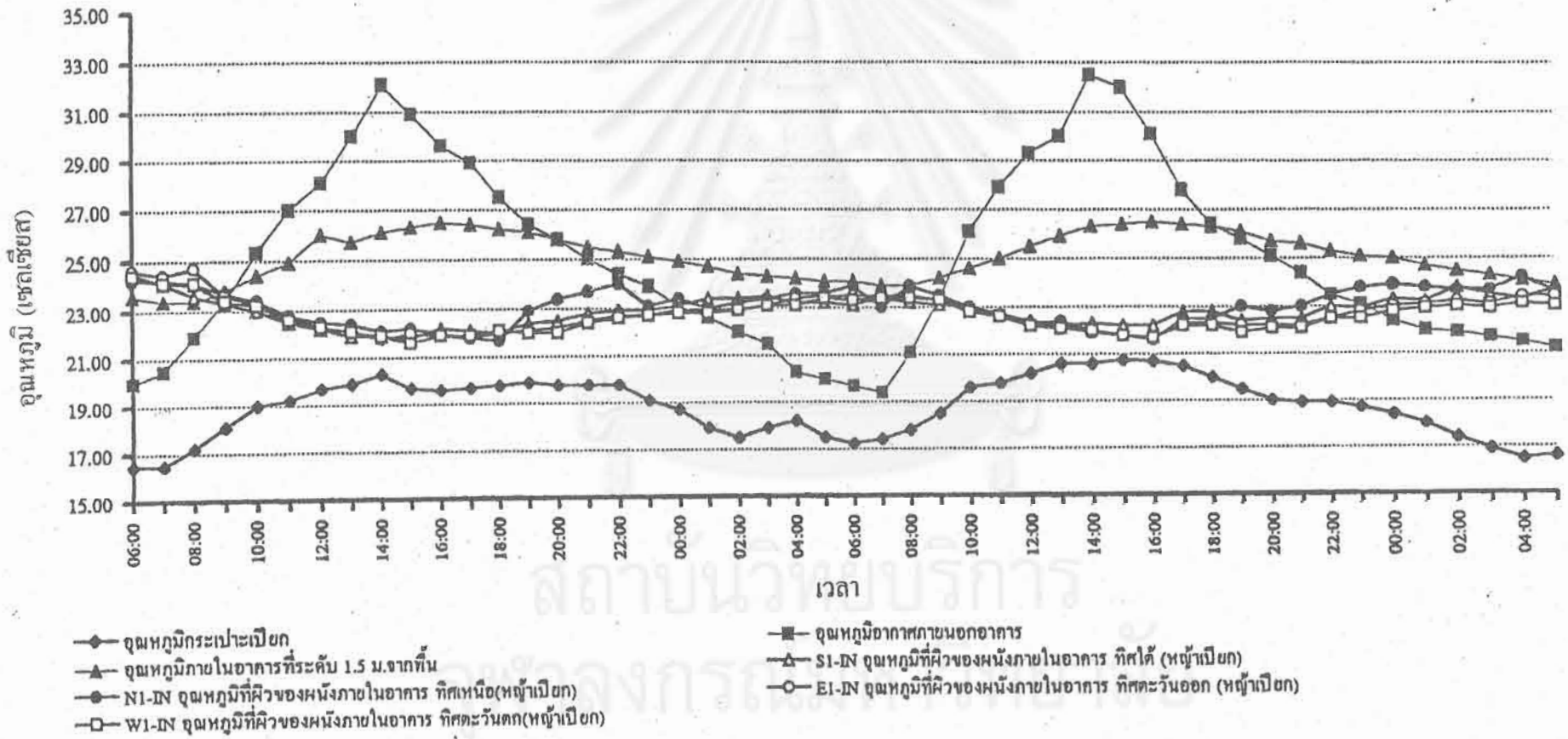
- มีอุณหภูมิดินต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 08.00-02.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $22.5-25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $3.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $10^{\circ}\text{C}$

ทิศเหนือ - มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 00.00-09.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $23-24^{\circ}\text{C}$  จะอยู่ในระดับเดียวกับอุณหภูมิห้อง และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่  $4-5^{\circ}\text{C}$

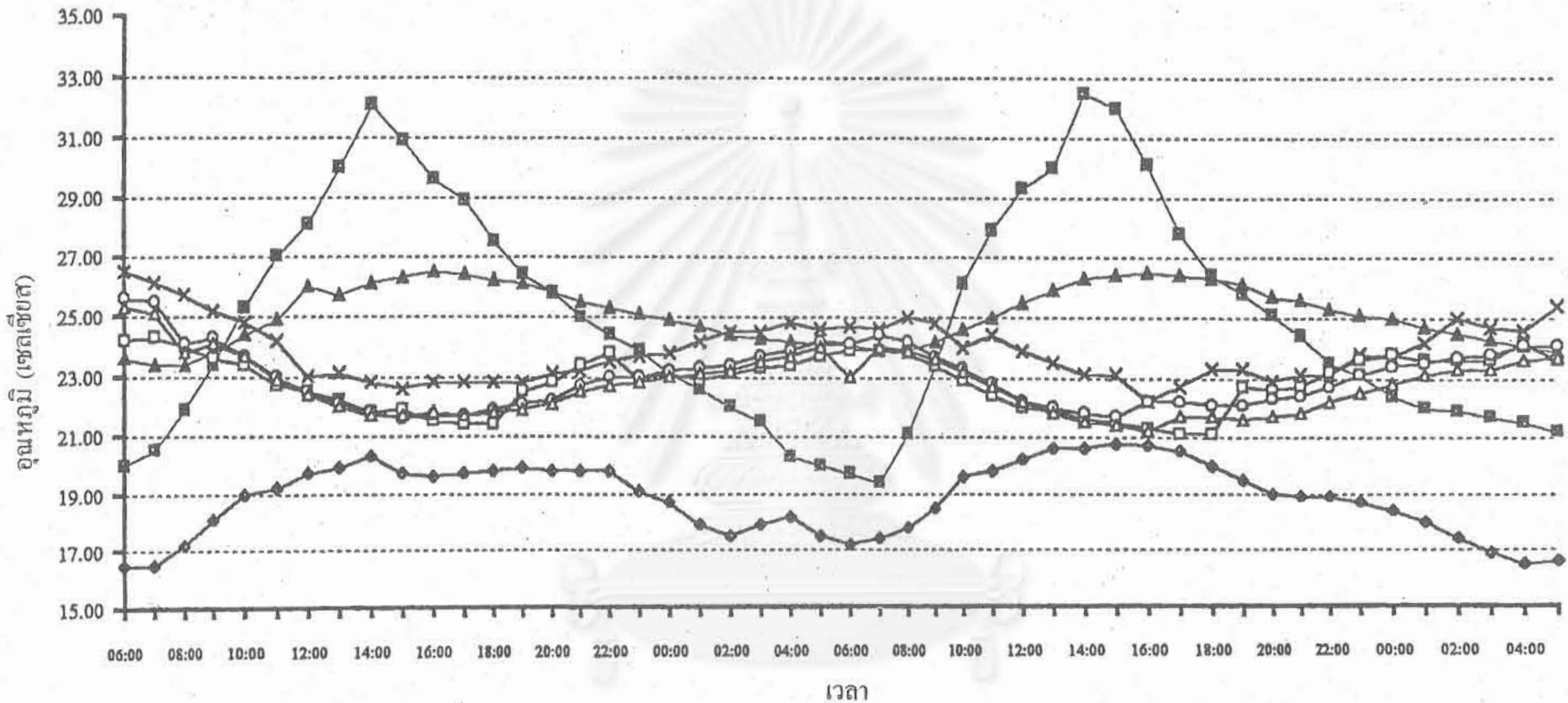
- มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 09.00 น. - 24.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $21.5-23.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง  $5-6^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ  $12^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิจีวผนัง  
ภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่หิวคินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

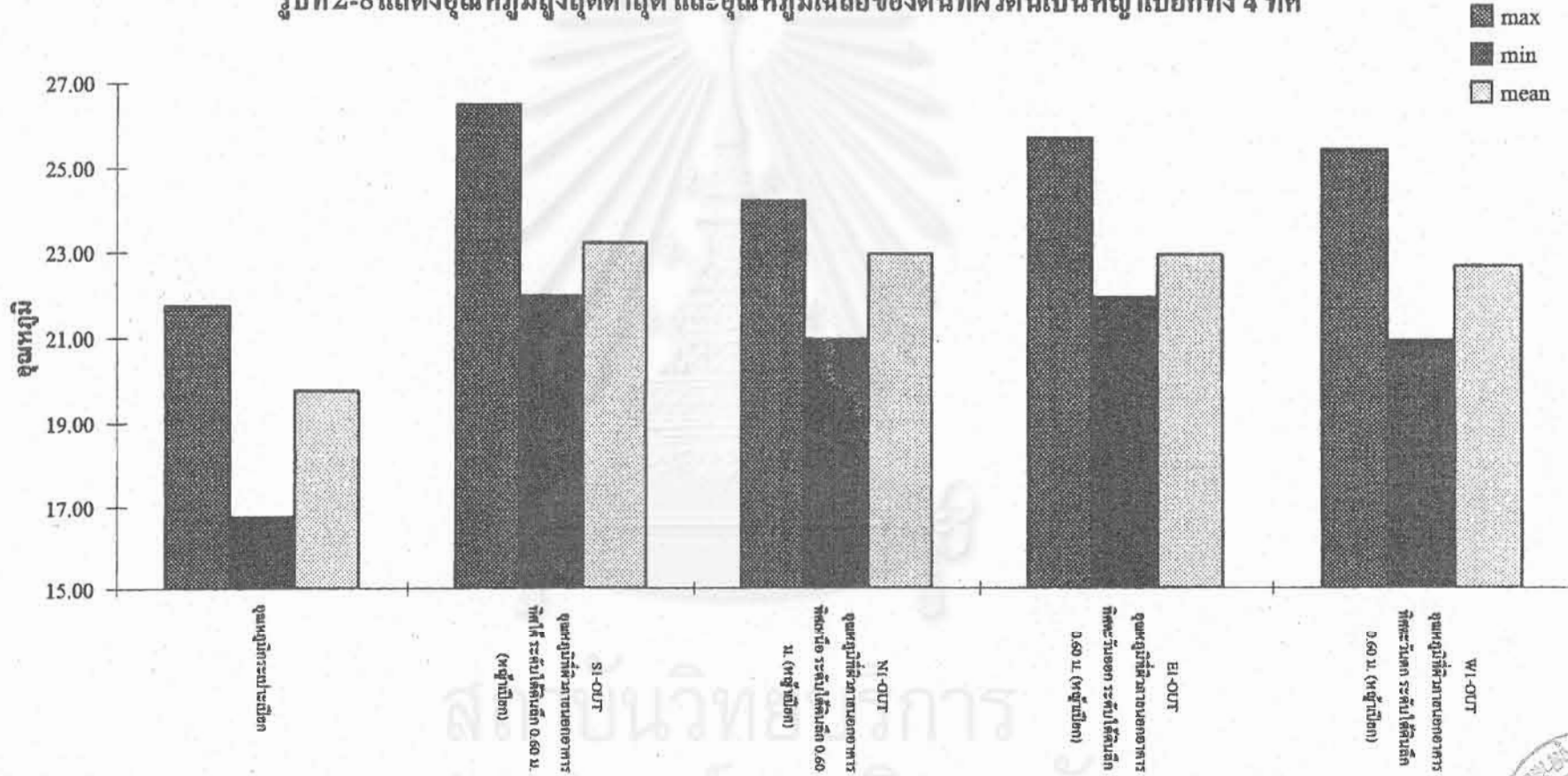


รูปที่ 2-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ติดตั้ง 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นหญ้าเปียก



- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- N2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศเหนือ ระดับได้ติดตั้ง 0.60 ม. (หญ้าเปียก)
- △ W2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันตก ระดับได้ติดตั้ง 0.60 ม. (หญ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- × S2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ติดตั้ง 0.60 ม. (หญ้าเปียก)
- E2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับได้ติดตั้ง 0.60 ม. (หญ้าเปียก)

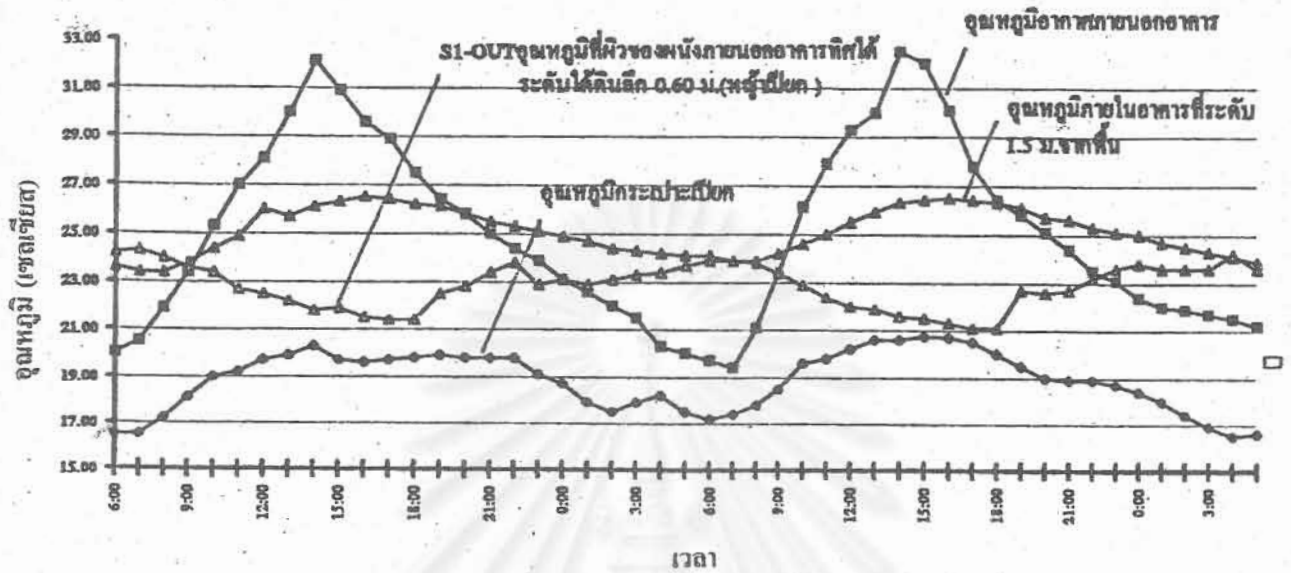
รูปที่ 2-8 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปือกทั้ง 4 ทิศ



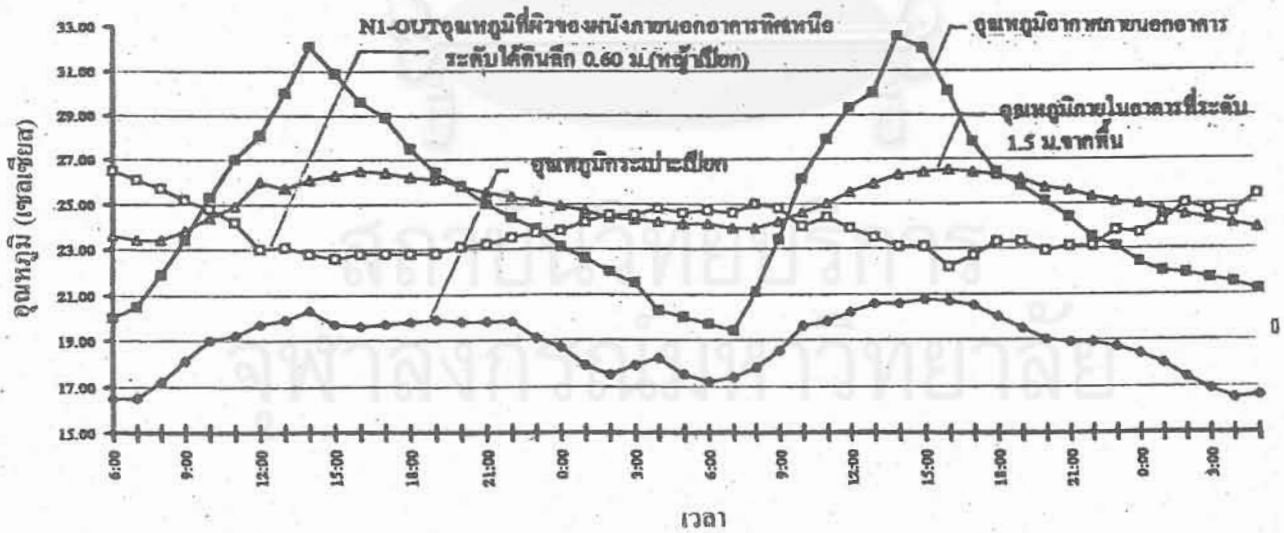
สำนักงานวิทยาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังใต้ดินลึก 0.60 ม. ของควิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกทางทิศใต้

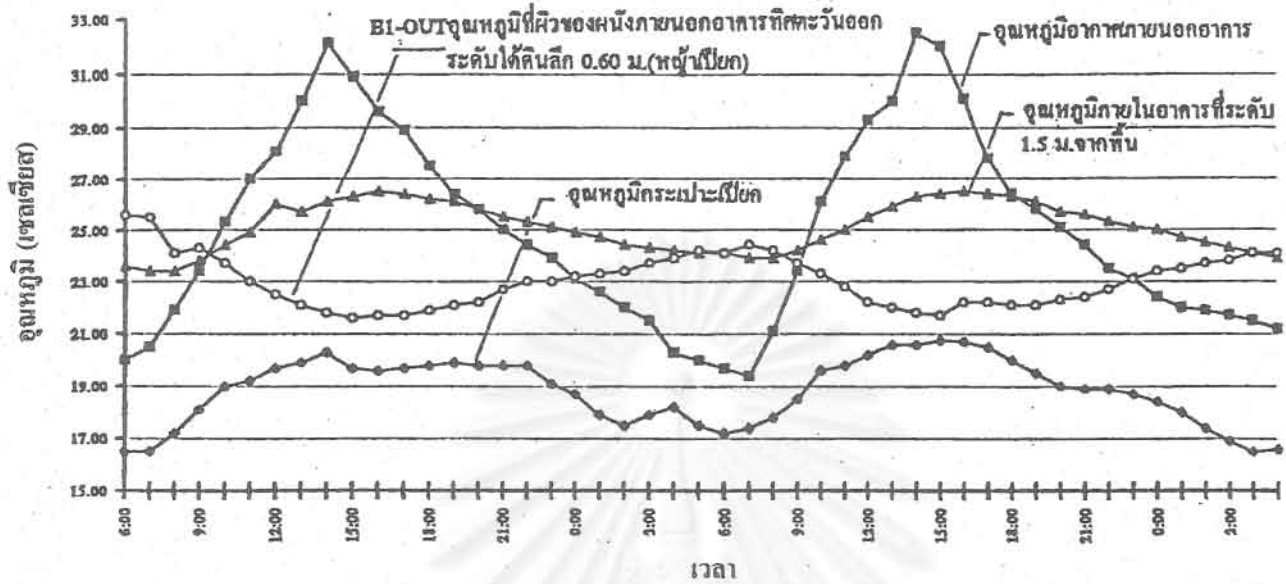


รูปที่ 2-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม. ด้านทิศเหนือของควิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก



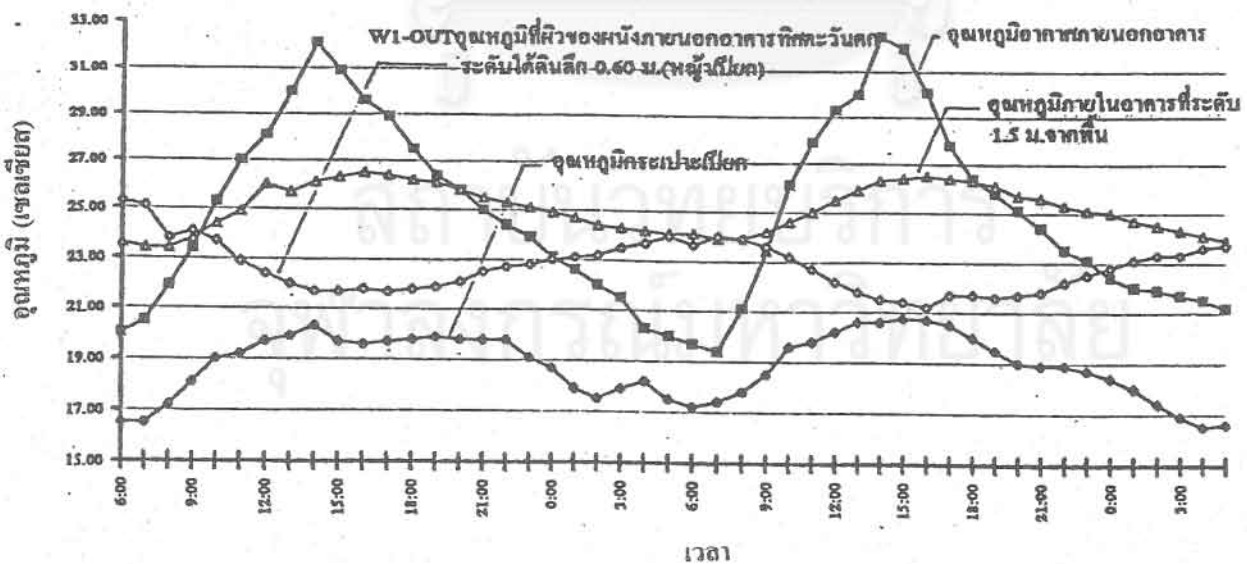
รูปที่ 2-11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้คืนลึก 0.60 ม.

ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

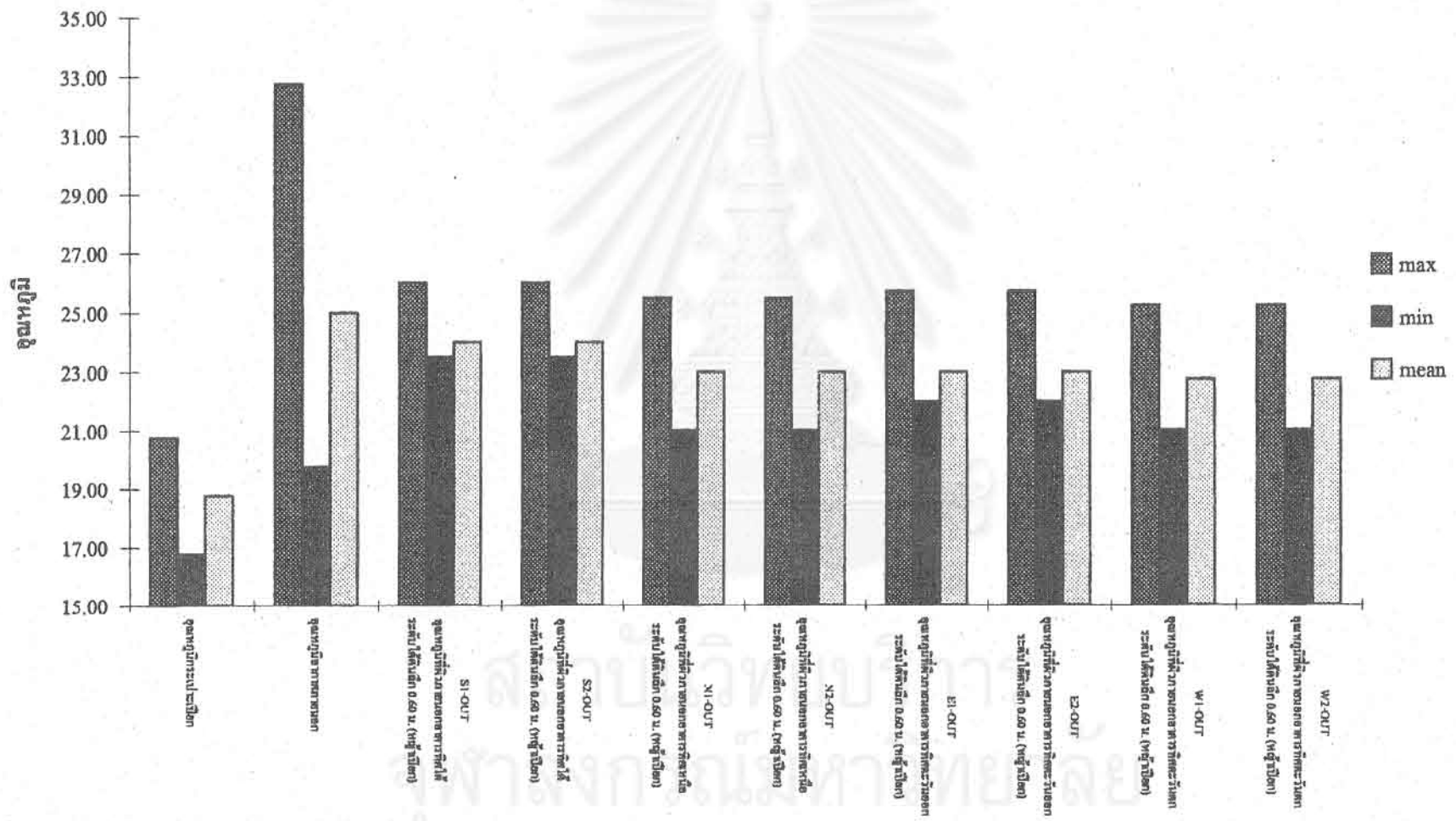


รูปที่ 2-12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังได้คืนลึก 0.60 ม.

ทางทิศตะวันตก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก



รูปที่ 2-18 แสดงอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย ของดินแต่ละพิก



- ทิศตะวันออก - มีอุณหภูมิ दिनสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 00.00-09.00 น. โดยมีอุณหภูมิ 23.5-24.0 °C ซึ่งจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องและจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5 °C
- มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 09.00 น. - 24.00 น. โดยมีอุณหภูมิ 22.0-23.5 °C ซึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 5 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 11 °C
- ทิศตะวันตก - มีอุณหภูมิ दिनสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 00.00 - 9.00 น. โดยมีอุณหภูมิ 24.0-24.5 °C ซึ่งจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องและจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5 °C
- มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 09.00 น. - 24.00 น. โดยมีอุณหภูมิ 22-24 °C ซึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 4 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 11 °C

จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ दिनในช่วงกลางวันโดยเฉลี่ยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและจะสูงขึ้นในช่วงบ่ายถึงเช้า โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับทิศทาง สรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิ दिनทางทิศใต้มีอุณหภูมิสูงกว่าทิศอื่นเนื่องจาก ได้รับแสงแดดตลอดวัน ซึ่งเกิดจากดวงอาทิตย์โคจรเอียงได้
2. ทิศเหนือเป็นทิศที่ไม่โดนแสงแดดตลอดทั้งวัน อุณหภูมิ दिनจะมีค่าต่ำสุดซึ่งแตกต่างจากทิศใต้ประมาณ 2.0-2.5 °C โดยเฉลี่ย
3. อุณหภูมิ दिनทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยเฉลี่ยจะอยู่ระหว่างอุณหภูมิ दिनทางทิศเหนือและทิศใต้ โดยทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเร็วกว่าทิศตะวันตกประมาณ 4 ชั่วโมง โดยเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 11.00-12.00 น. และทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 14.00-17.00 น.

จากรูปที่ 2-13 อุณหภูมิผนังภายในและภายนอกพบว่า

- |                     |   |
|---------------------|---|
| อุณหภูมิทางทิศเหนือ | ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิผนังภายใน 0.25 °C   |
| อุณหภูมิติศใต้      | ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของผนังภายใน 1 °C   |
| อุณหภูมิทิศตะวันออก | ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของผนังภายใน 0.3 °C       |
| อุณหภูมิทิศตะวันตก  | ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของผนังภายใน 0.2 °C |

สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิ दिनทางทิศใต้ ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดมากกว่าดินในทิศทางอื่นๆ เนื่องจากเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์เอียงทำให้ผนังด้านทิศใต้มีความร้อนสูง ในขณะที่ผนังทั้ง 3 ด้านที่เหลือได้รับอิทธิพลจากแสงแดดน้อยกว่าทิศใต้ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิมวลผนังภายใน

## ผลการวิเคราะห์อิทธิพลจากความลึกของดิน

การทดลองทำการฝังสายสัญญาณที่ได้ดินลึกระดับ 1.00 ม. และ 0.60 ม. พบว่า อุณหภูมิ ดินที่ระดับระดับ 1.00 ม. จะมีค่าค่อนข้างจะคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิดินที่ระดับ 0.60 ม. ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  ดังรูปที่ 2-14

เมื่อทำการรดน้ำให้กับหญ้าทุก 2 ชั่วโมง พบว่าลักษณะกราฟของอุณหภูมิที่ผิวหญ้าเมื่อ ได้รับน้ำและสูญเสียน้ำให้กับอากาศ จะมีทิศทางเดียวกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก จากการวิเคราะห์ ข้อมูลพบว่าความลึกของดินมีผลต่ออุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิดินที่ความลึก 1.00 ม. มีค่าคงที่มากกว่าอุณหภูมิที่ความลึก 0.60 ม. โดยมีค่าต่ำกว่าประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอด 48 ชั่วโมง มาสร้างรูปที่ 2-14

อุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ความลึก 1.00 ม. จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ความลึก 0.60 ม. จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิดินที่ระดับความลึกมากขึ้น จะมีค่าคงที่มากขึ้น
2. อุณหภูมิดินที่ระดับความลึกมากกว่า จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิดินระดับที่อยู่สูงกว่า

จากรูปที่ 2-14 อุณหภูมิผนังภายใน และภายนอกพบว่า

อุณหภูมิทางทิศเหนือ ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายใน  $0.25^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิทิศใต้ ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิผิวของผนังภายใน  $1^{\circ}\text{C}$

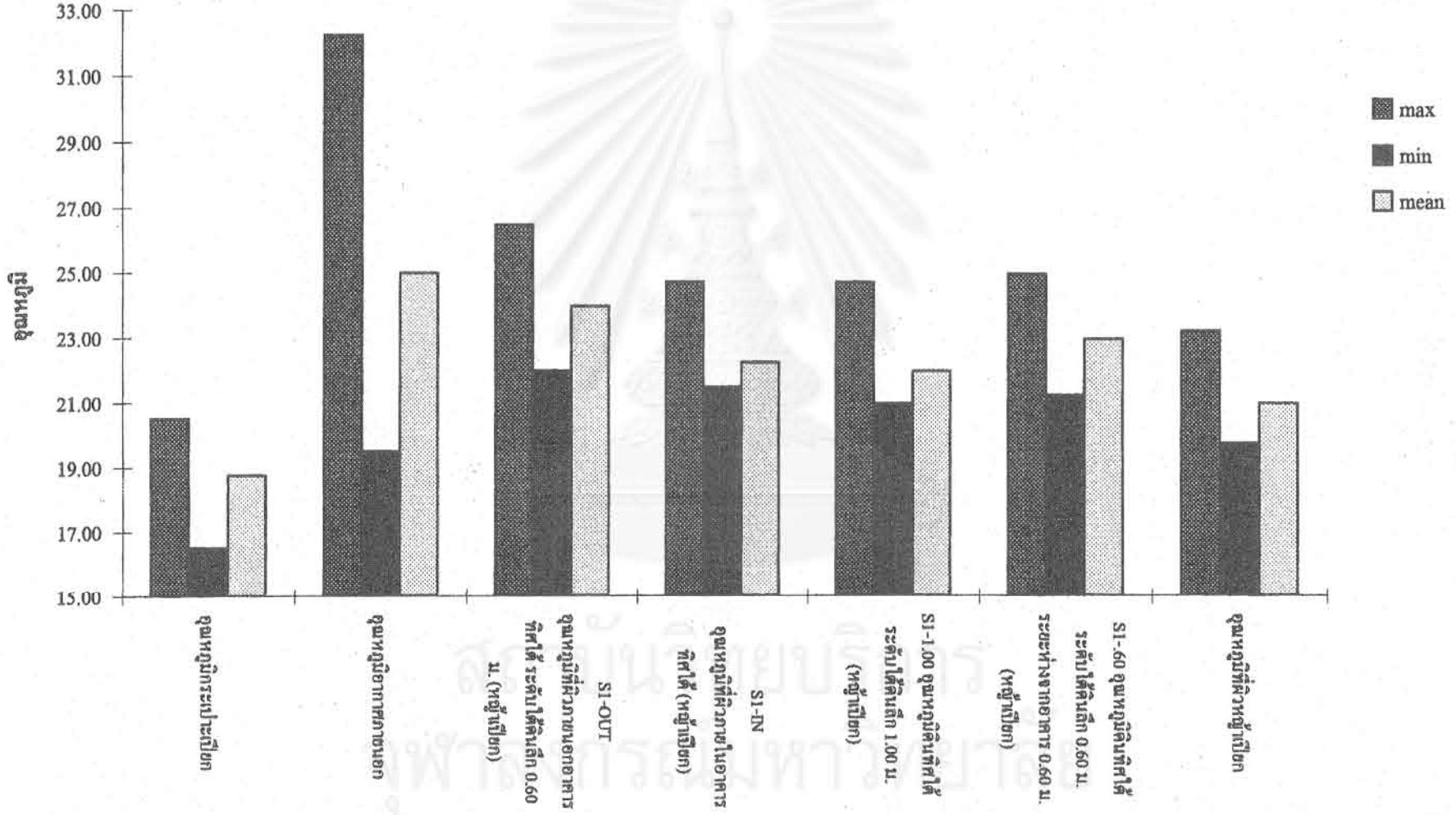
อุณหภูมิทิศตะวันออก ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิผิวของผนังภายใน  $0.3^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิทิศตะวันตก ดินมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิผิวของผนังภายใน  $0.2^{\circ}\text{C}$

ซึ่งสรุปได้ว่าอุณหภูมิดินทางทิศใต้ ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดเนื่องจากดวงอาทิตย์โคจร อ้อมทิศใต้ ส่งผลให้ผนังมีความร้อนสูง ในขณะที่ผนังทั้ง 3 ด้าน ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด น้อยกว่าทิศใต้ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวผนัง

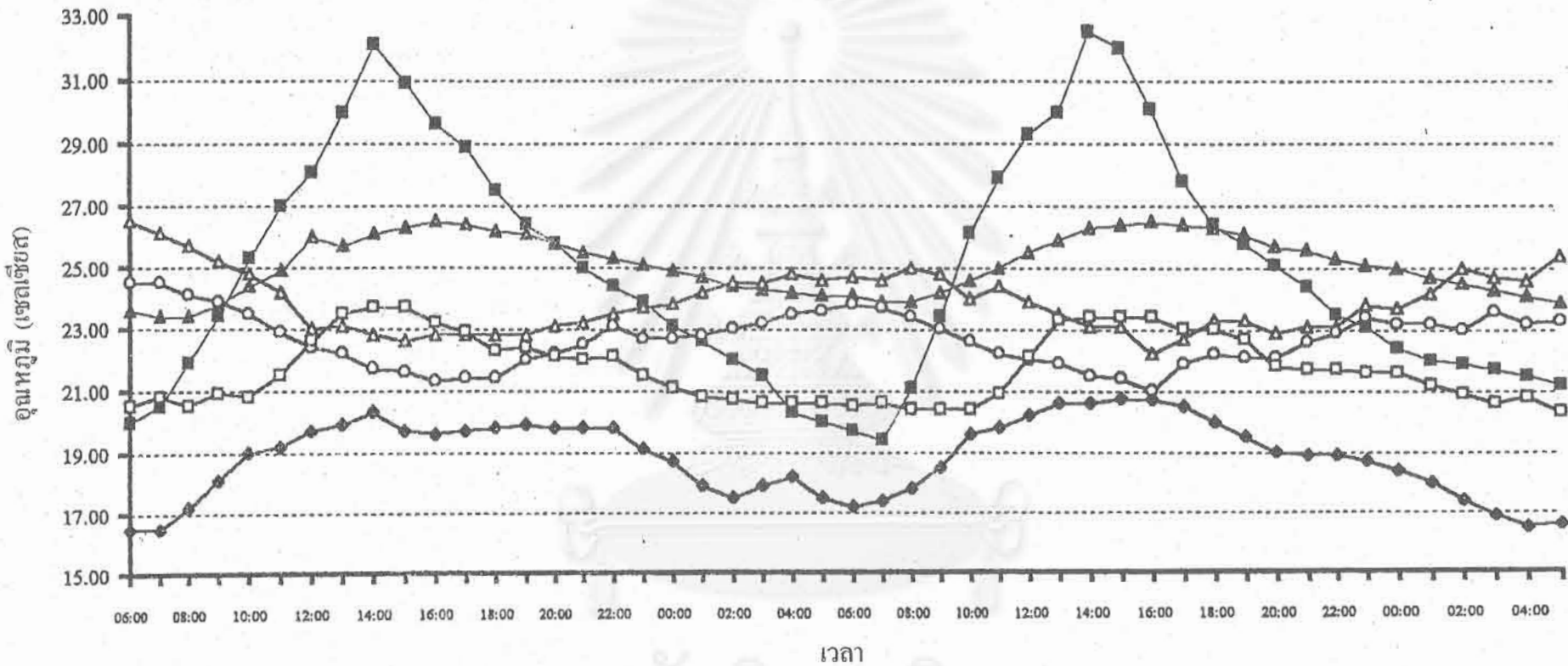


รูปที่ 2-14 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ



รูปที่ 2-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้  
 ดินทางทิศใต้ ที่ระดับต่างๆ

2-26



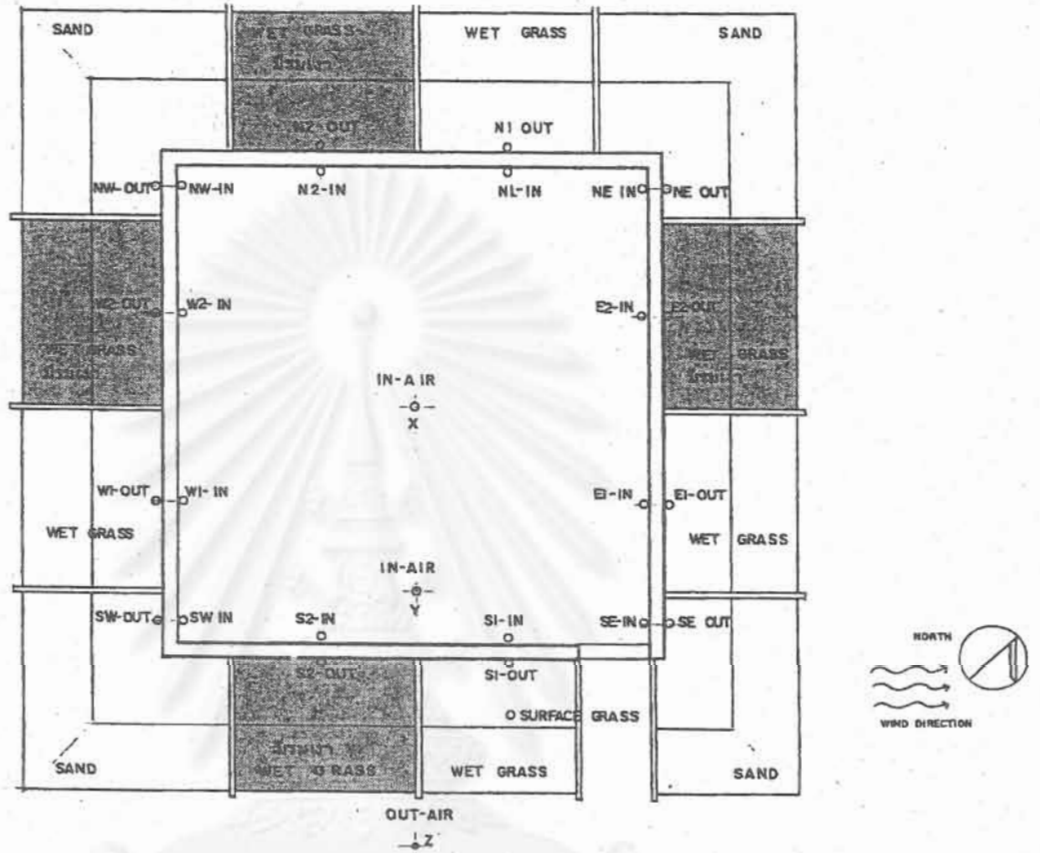
- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม.จากพื้น
- SI-100 อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ดินลึก 1.00 ม.(หตุ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ SI-0UT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หตุ้าเปียก)
- อุณหภูมิที่ผิวหตุ้าเปียก

### 2.3.2 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง ตลอด 48 ชั่วโมง

วันเวลาที่เก็บข้อมูล 06.00 น. วันที่ 10 มกราคม 2539  
ถึง 06.00 น. วันที่ 12 มกราคม 2539

เริ่มทำการวิจัยโดยติดตั้งผ้าเพดานยับขั้มบอร์ดและฉนวนใยแก้ว 2 นิ้วที่ระดับ 2.40 ม. จากพื้นภายในอาคารและทดสอบสายสัญญาณ ในการวิจัยกำหนดให้ ช่องทดสอบหมายเลข N1, S1, E1, W1, ปลุกหญ้าและรดน้ำทุกๆ 2 ชม. ช่องหมายเลข N2, S2, E2, W2 ผู้วิจัยได้ทำการปลุกหญ้าแต่ไม่รดน้ำ (ตามรูปที่ 2-16) จากนั้นจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูล โดยเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงต่อเนื่อง แล้วจึงนำมาวิเคราะห์โดยการสร้างกราฟเส้นและกราฟแท่ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-16 แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง 48 ชั่วโมง

การวิจัยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินและอุณหภูมิอากาศที่มีหญ้าปกคลุม ระหว่างบริเวณที่ได้รับการรดน้ำทุก 2 ชั่วโมง และไม่ได้รับการรดน้ำทุก 2 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในอาคาร

### 1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก มีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2-17

- อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่  $33.5^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.
- อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่  $23.5^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะอยู่ระหว่าง  $18-23^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุดที่  $23^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่  $18^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.

กราฟอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกจึงมีลักษณะเหมือนกับการทดสอบที่ 1

### 1.2 อุณหภูมิภายในอาคาร

การทดลองได้ติดตั้งเครื่องมือและสายสัญญาณเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 เพิ่มฝ้าเพดานที่ระดับ 2.40 ม.

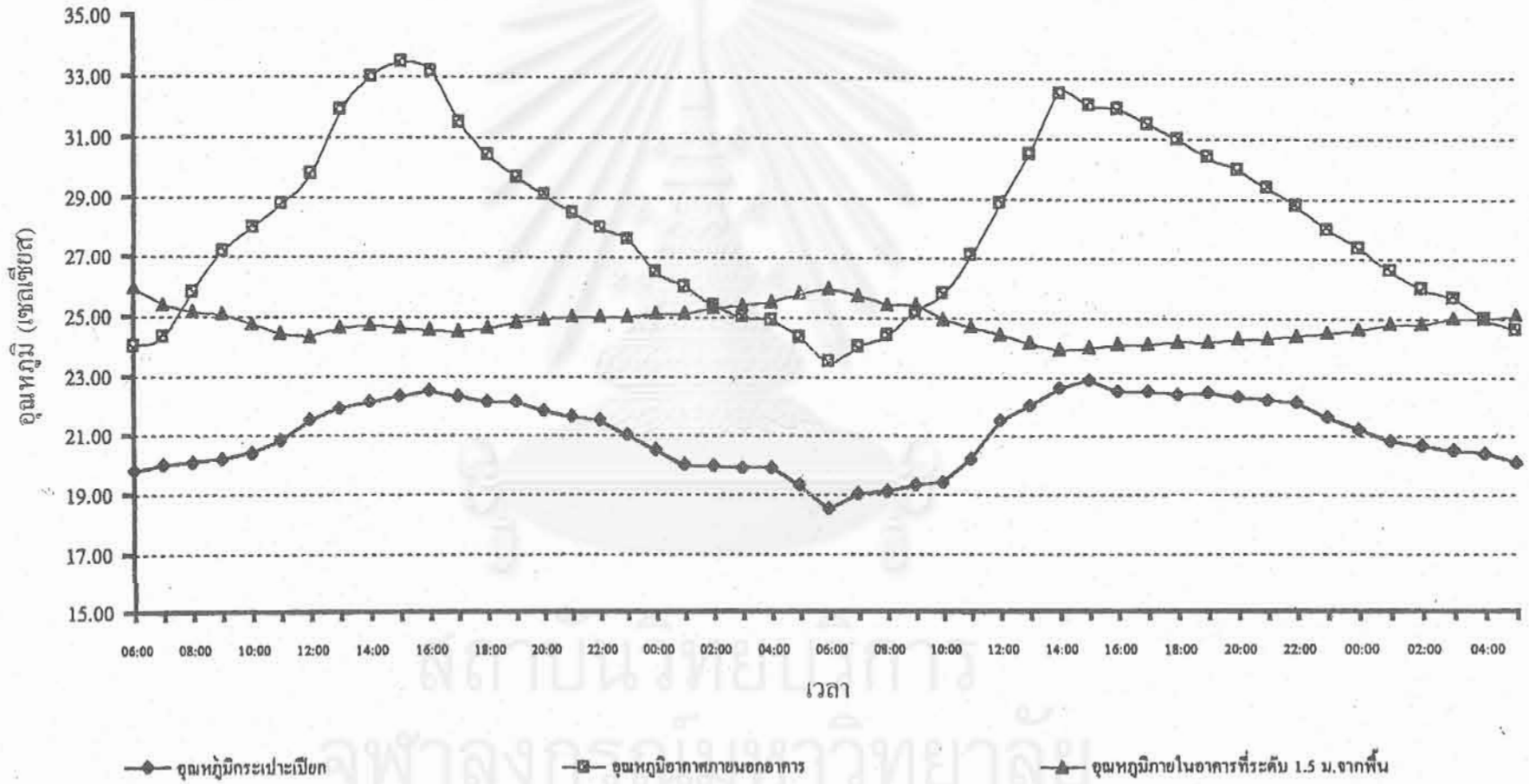
ผลจากการทดลองปรากฏว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาจากหลังคามีปริมาณสูง เมื่อเพิ่มฝ้าเพดานบิโอบัซบอร์คและฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว ทำให้กราฟของอุณหภูมิภายในมีลักษณะเช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ 0.80 ม. โดยมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

- อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ  $9^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 08.00 น. - 02.00 น.

- อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ  $3^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 02.00 น. - 09.00 น.

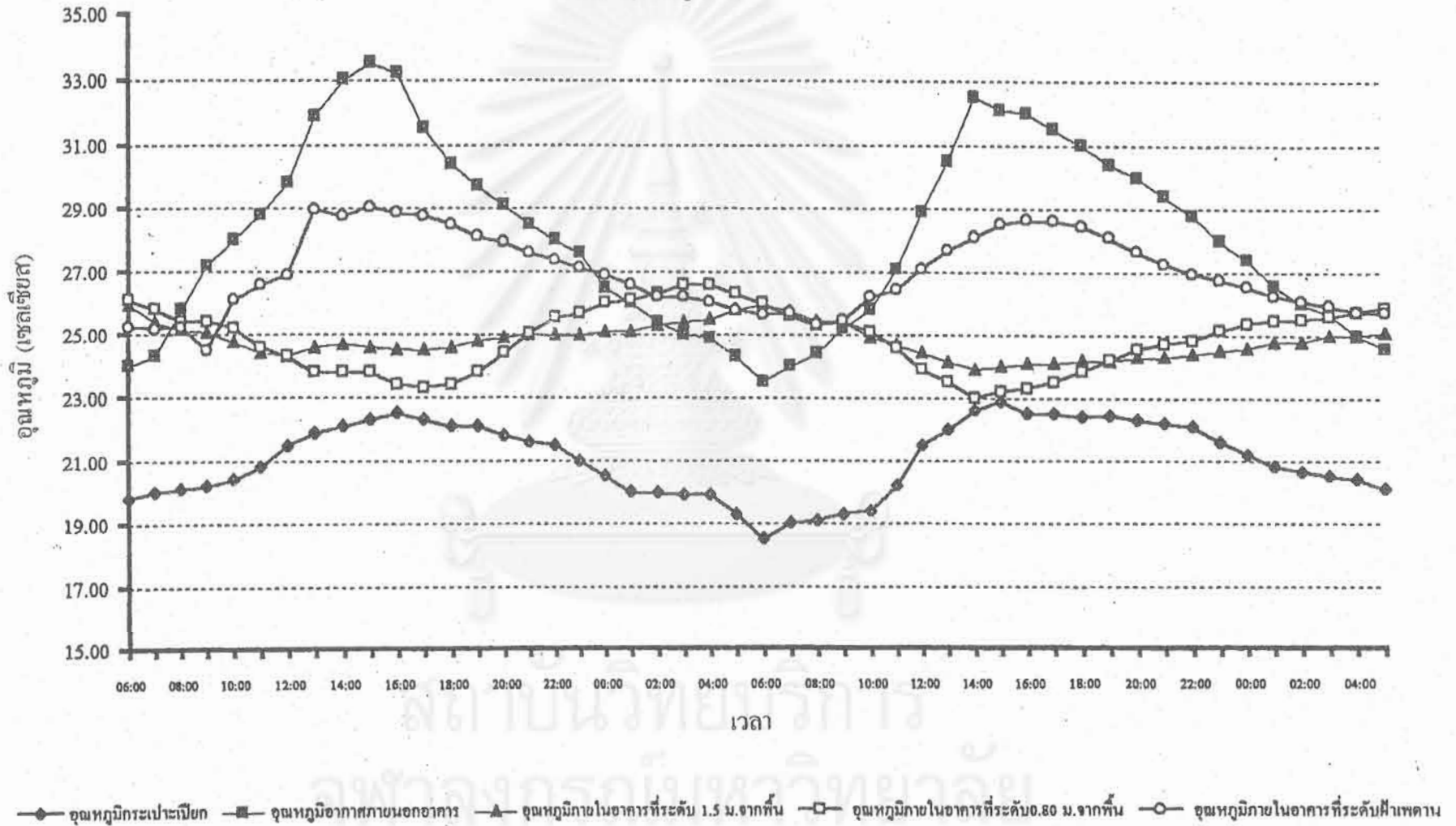
ในขณะที่อุณหภูมิอากาศที่ระดับ 0.80 ม. ในตำแหน่งที่ห่างจากผนังทางทิศใต้ 1.00 ม. จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 01.00 น.- 09.00 น. และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 09.00 น.-01.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในได้รับอิทธิพลจากผนังและพื้นห้อง จากรูปที่ 2-17 และ 2-18 สามารถนำมาสร้างตารางค่าเฉลี่ยอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 2-19 และตารางที่ 2-2

รูปที่ 2-17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก

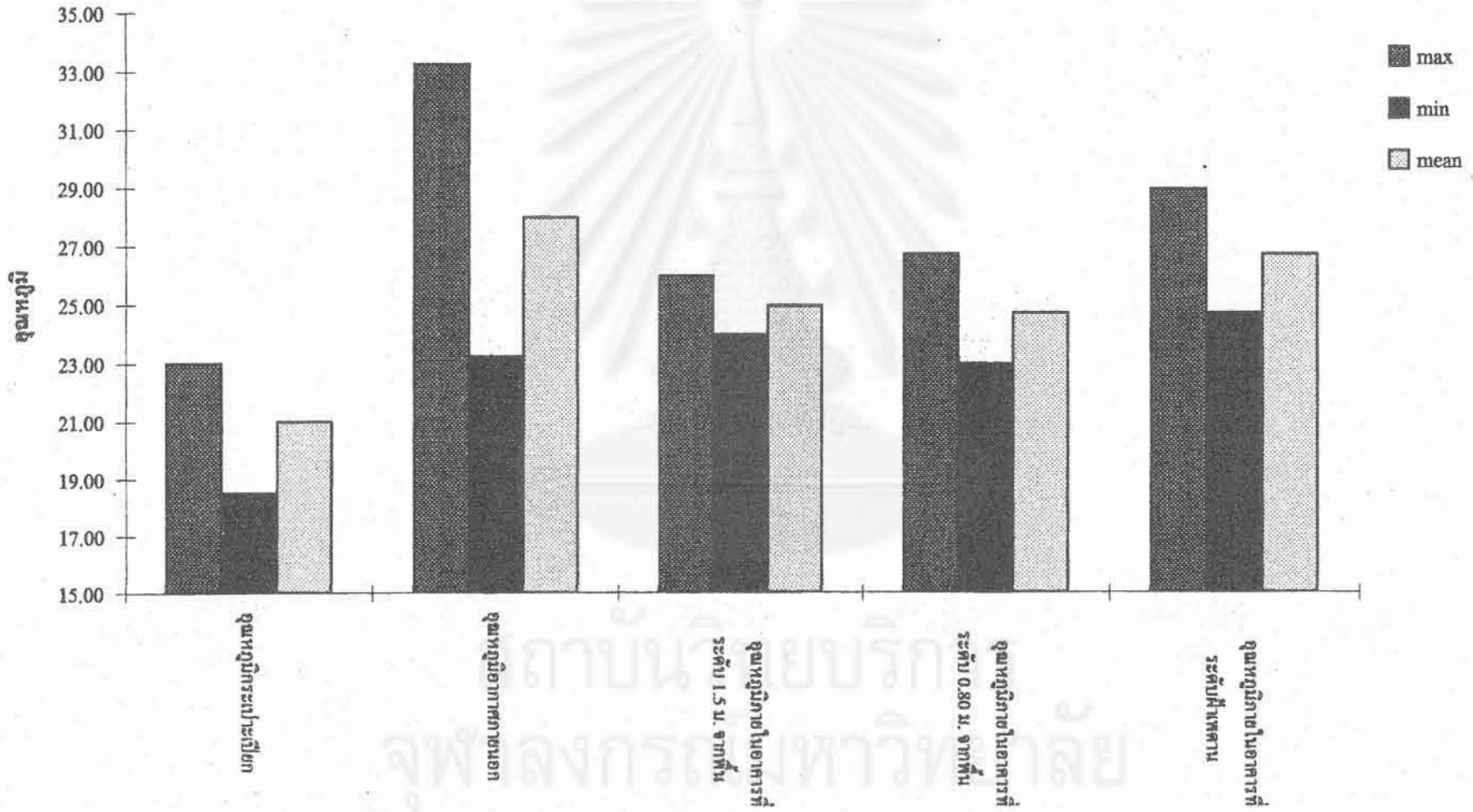


2-30

รูปที่ 2-18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกัน และอุณหภูมิกระเปาะเปียก



รูปที่ 2-19 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ในอาคาร





ตารางที่ 2-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุด,ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร

	D.B.TEMPERATURE		
	MAX	MIN	MEAN
อุณหภูมิอากาศ	33.50	23.50	28.06
อุณหภูมิภายในที่ 0.80 ม.ห่างจากทิศใต้ 1.00 ม.	26.60	23.00	24.87
อุณหภูมิภายในที่ 0.50 ม.	25.97	23.91	24.82
อุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดาน	29.04	24.49	26.95

จากรูปที่ 2-19 และตารางที่ 2-2 พบว่าอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 48 ชั่วโมงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย

ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาจากหลังคามีปริมาณสูง เมื่อเพิ่มไมโครไฟเบอร์ที่ระดับ 2.40 ม. จะช่วยป้องกันความร้อนจากฝ้าเพดานได้ทำให้กราฟอุณหภูมิห้องที่ 1.5 และ 0.80 ม.จากพื้น เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของดิน

**ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง**

จากการทดสอบรดน้ำหญ้าเปียกทุกๆ 2 ชั่วโมงเพื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแห้งได้ผลทดสอบดังรูปที่ 2-20 และรูปที่ 2-21

พฤติกรรมของอุณหภูมิดินทั่วไป (ที่ระดับลึก 0.60 ม.)จากรูปที่ 2-21 พบว่าในช่วงกลางวันดินมีอุณหภูมิลดลง และในช่วงเวลากลางคืนดินจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- ดินจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 23-24°C ที่เวลา 15.00 น.และจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 08.00-02.00 น.ของวันถัดไป โดยจะอยู่ต่ำกว่าประมาณ 10°C

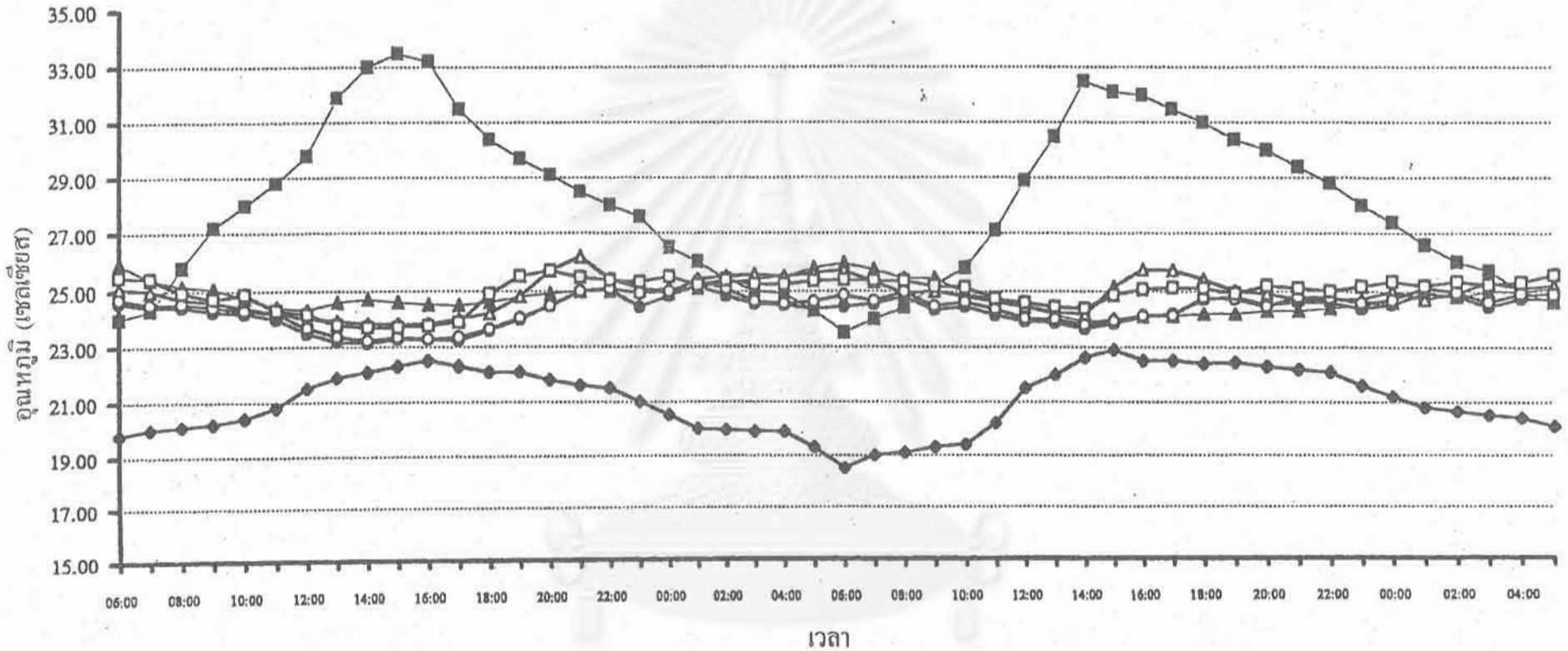
- ดินจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 25-26°C ที่เวลา 06.00 น.และจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 20.00-08.00 น. โดยจะอยู่สูงกว่าประมาณ 3°C

จากการทดลองพบว่าดินมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ และมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงใน ทิศทางตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ และจากรูปที่ 2-20 และรูปที่ 2-21 สามารถนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 2-22 และวิเคราะห์ได้ดังนี้

- พฤติกรรมของดินจะแตกต่างตามทิศทาง โดยทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่าทิศอื่น และทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าทิศอื่น โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทิศใต้และทิศเหนือประมาณ 2°C

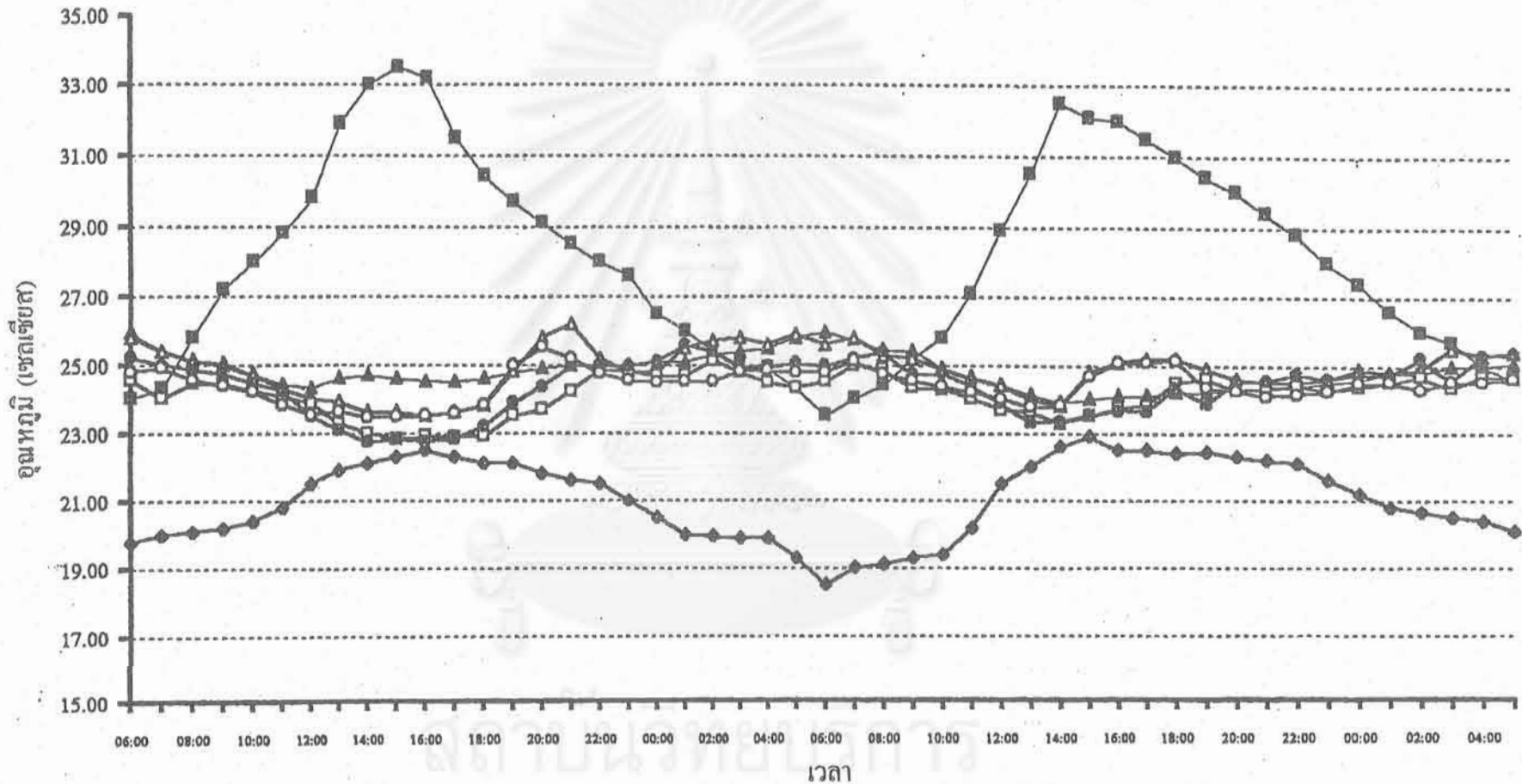
รูปที่ 2-20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิจีว  
ผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

2-34



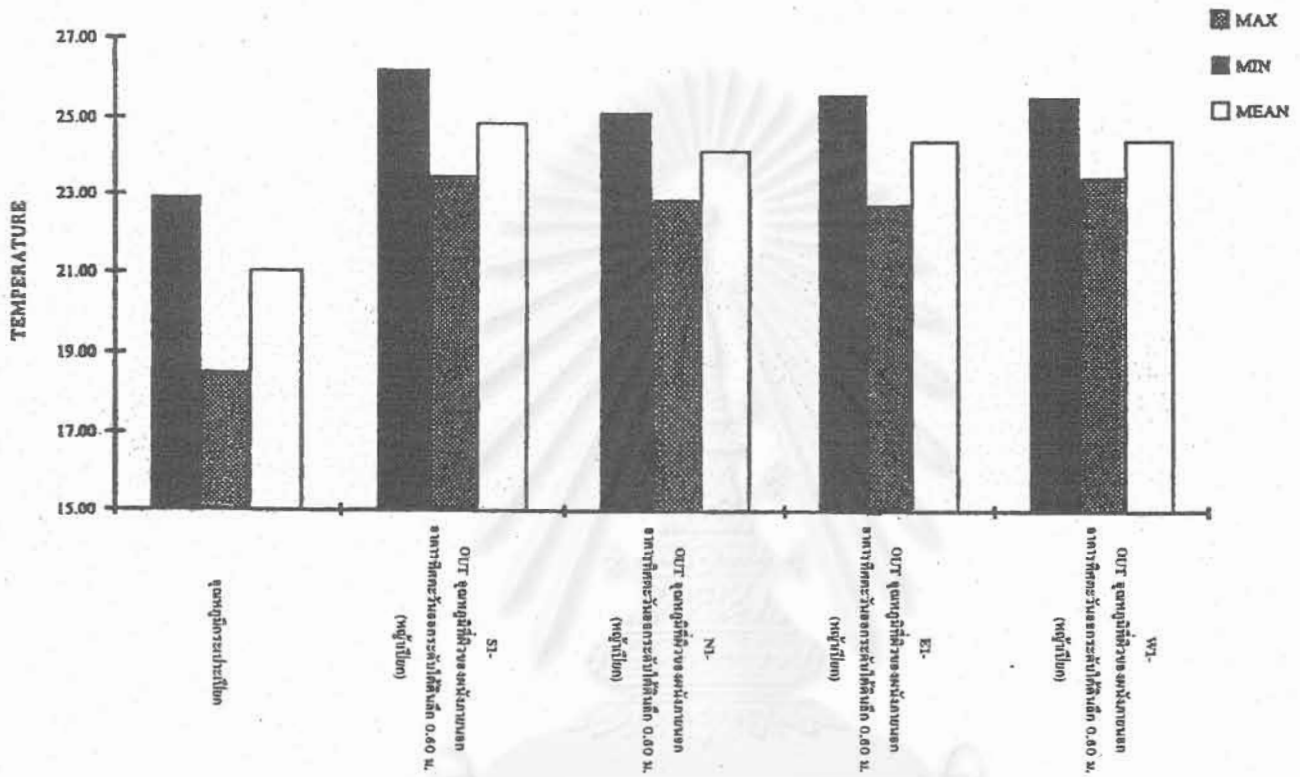
- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม.จากพื้น
- N1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(หญ้าเปียก)
- W1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(หญ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ S1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (หญ้าเปียก)
- E1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก (หญ้าเปียก)

รูปที่ 2-21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิจีว  
 ผงภายในที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเปียก



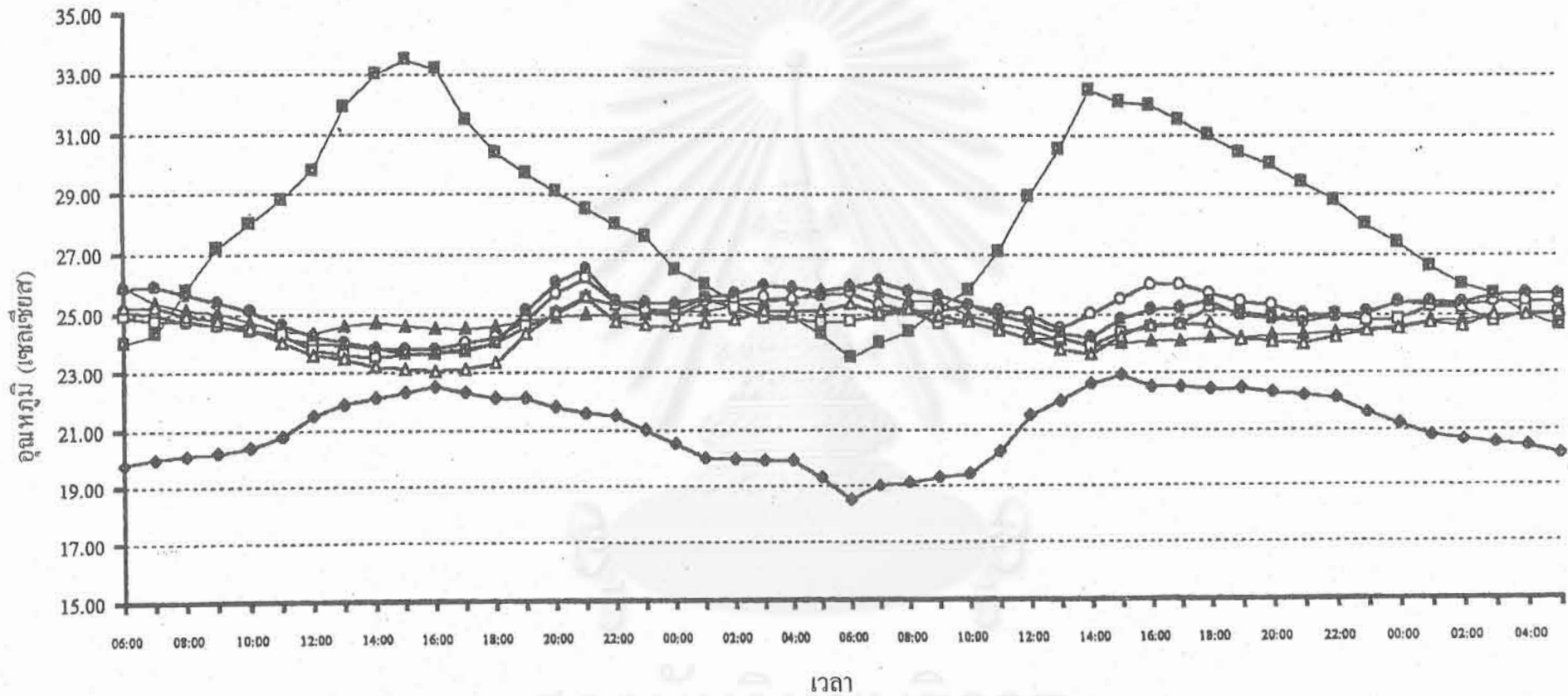
- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม.จากพื้น
- NI-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศเหนือ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- WI-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันตก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ S1-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- EI-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)

รูปที่ 2-22 แสดงอุณหภูมิสูงสุดค่าสุด และอุณหภูมิจลี่ยของคืนที่ผิวคินเป็นหญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ



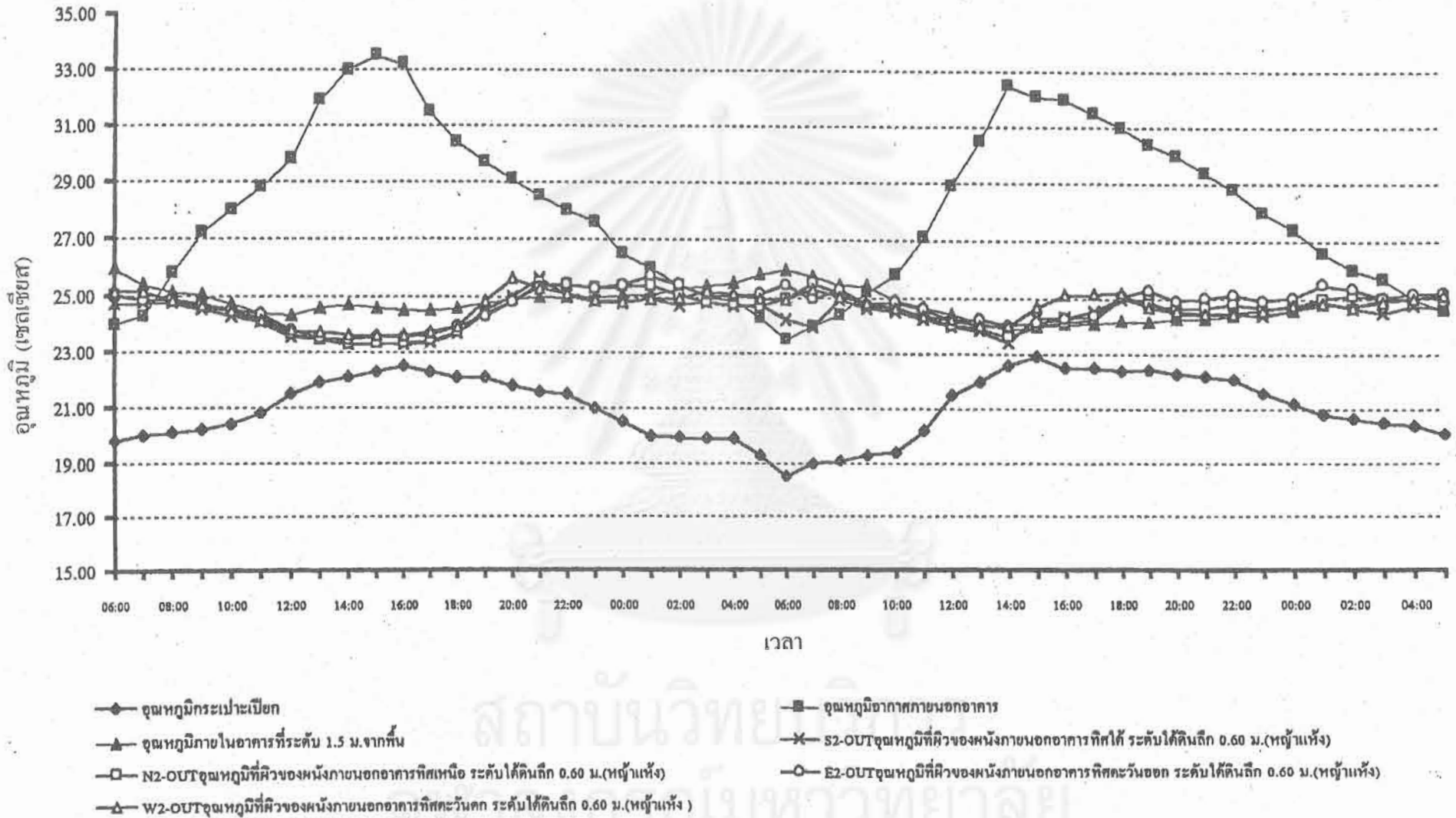
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่สูง 0.40ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นหน้าห้อง



- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- N2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ (หน้าห้อง)
- △ W2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(หน้าห้อง)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- S2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (หน้าห้อง)
- E2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก(หน้าห้อง)

รูปที่ 2-24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นหญ้าแห้ง



### การวิเคราะห์เปรียบเทียบหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง

จากการทดสอบการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมงนำมาสร้างกราฟในรูปที่ 2-22 ถึง 2-24 และตารางค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกใต้ดิน ลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เป็นหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง

ตารางที่ 2-3 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง

		อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
		MAX	TIME	MIN	TIME		
ทิศเหนือ	หญ้าเปียก	24.30	11.00	21.10	15.00	3.20	22.87
	หญ้าแห้ง	24.30	02.00	21.10	15.00	3.20	22.87
ทิศใต้	หญ้าเปียก	25.90	21.00	23.50	15.00	2.40	23.52
	หญ้าแห้ง	24.50	21.00	22.20	15.00	2.30	25.09
ทิศตะวันออก	หญ้าเปียก	25.60	01.00	21.60	15.00	4.0	23.04
	หญ้าแห้ง	25.60	20.00	21.60	15.00	4.0	23.04
ทิศตะวันตก	หญ้าเปียก	25.30	07.00	21.20	15.00	4.1	22.75
	หญ้าแห้ง	25.30	07.00	21.20	15.00	4.1	22.75

จากการทดสอบอุณหภูมิใต้ผิวดินหญ้าเปียกและหญ้าแห้งสรุปได้ดังนี้

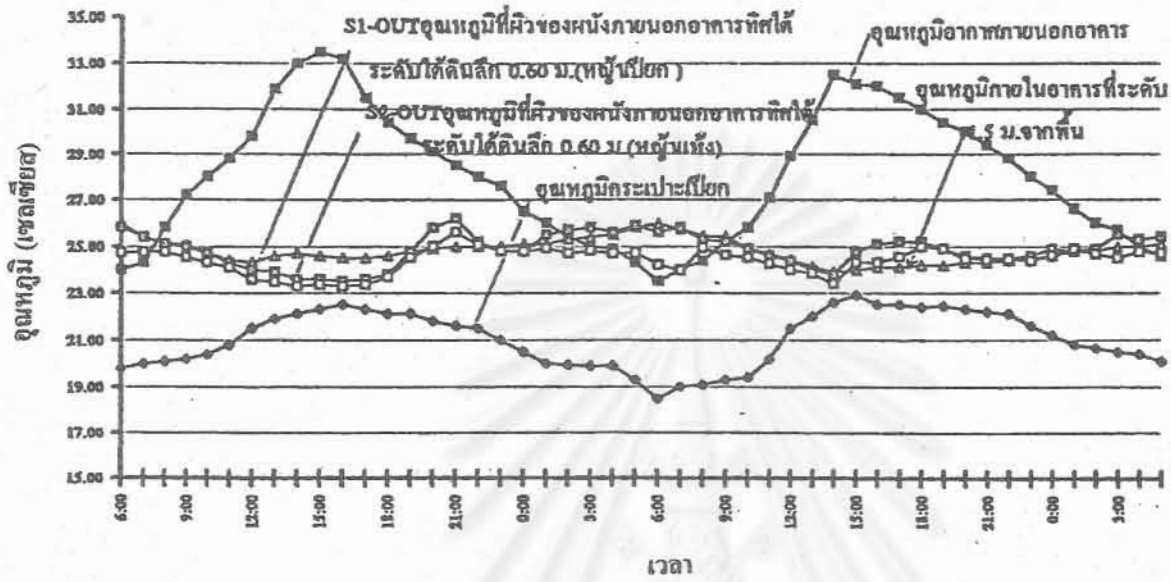
ทิศเหนือ อุณหภูมิหญ้าเปียกและหญ้าแห้งไม่แตกต่างกัน

ทิศใต้ อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของหญ้าแห้งประมาณ  $1.5^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิหญ้าแห้งประมาณ  $0.5-1^{\circ}\text{C}$

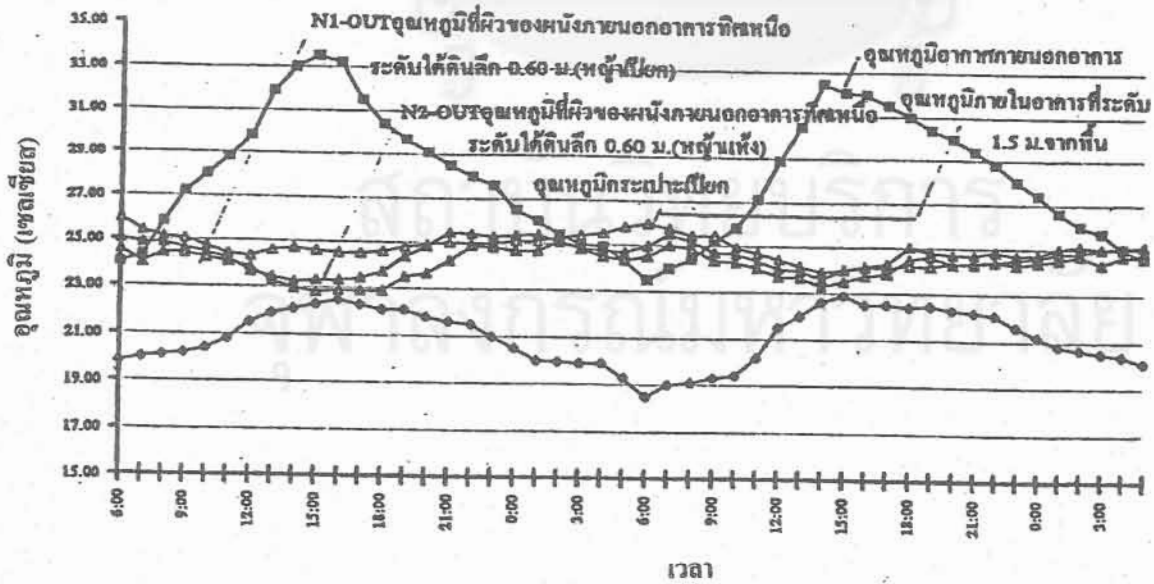
ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก อุณหภูมิหญ้าเปียกและหญ้าแห้งไม่แตกต่างกัน

สรุปได้ว่าอุณหภูมิระหว่างหญ้าเปียกและหญ้าแห้งมีความแตกต่างกันไม่มาก จะแตกต่างกันในด้านทิศใต้ที่ได้รับแสงแดดมากที่สุด  $1.5^{\circ}\text{C}$  โดยเฉลี่ย 48 ชั่วโมงและจะแตกต่างจากอุณหภูมิหญ้าเปียกในด้านทิศใต้ประมาณ  $1^{\circ}\text{C}$

รูปที่ 2-25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิที่ผิวผนังใต้ดินลึก 0.60 ม.  
ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้งทางทิศใต้

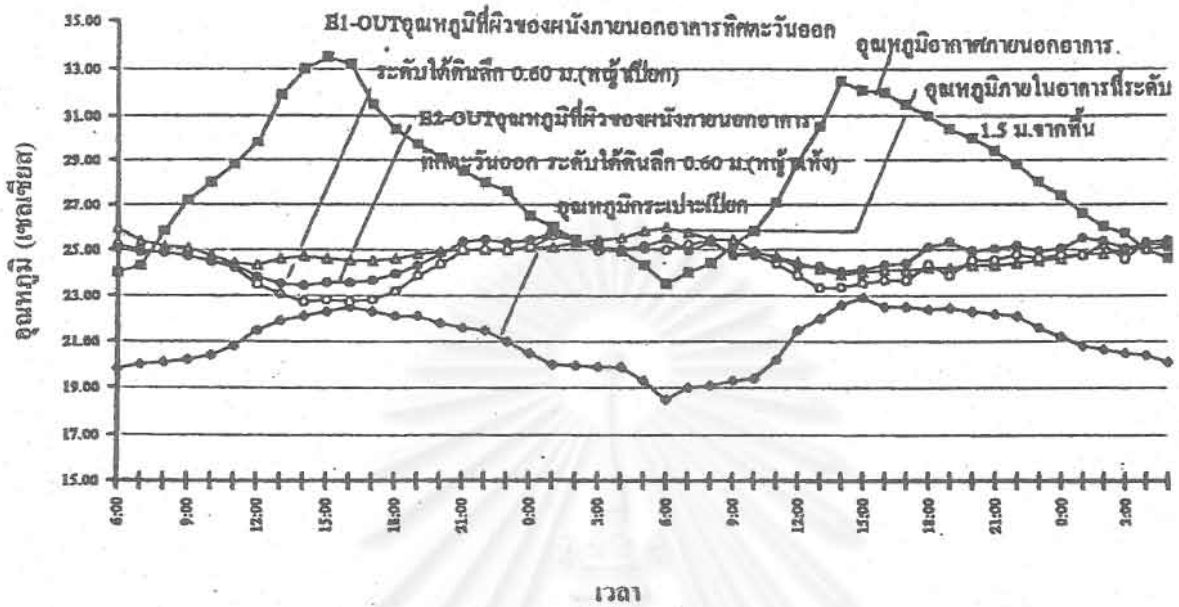


รูปที่ 2-26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม.  
ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง

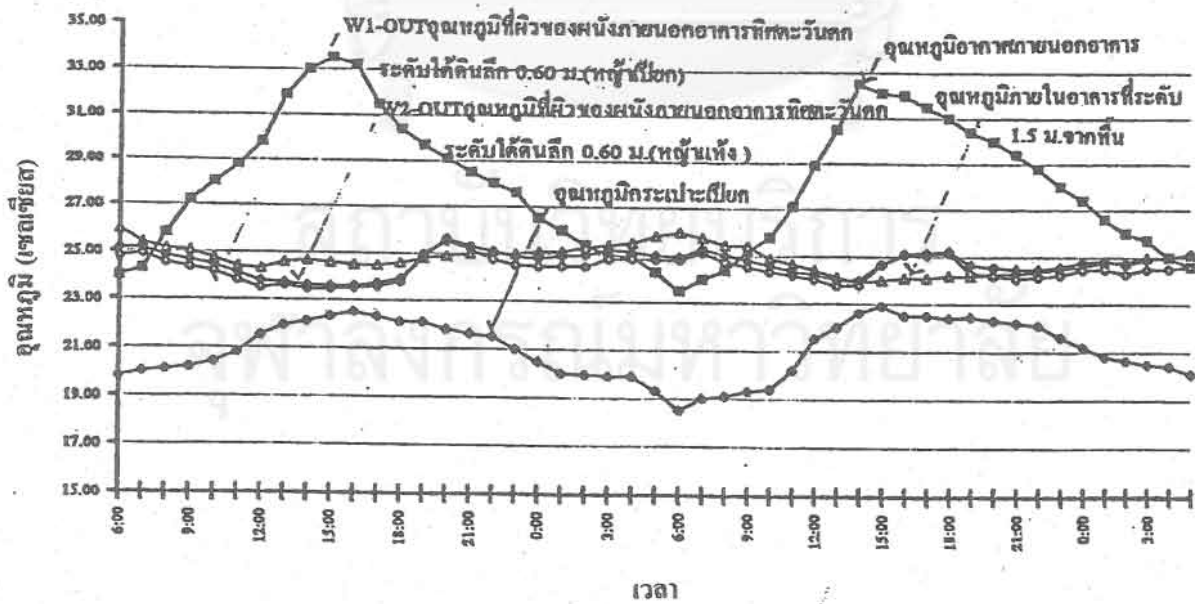




รูปที่ 2-27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิมิวงนึ่งภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.  
ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง



รูปที่ 2-28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิมิวงนึ่งภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.  
ด้านทิศตะวันตก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง



- ทิศใต้** - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 02.00-08.00 น. โดยมีค่า 25-26 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 1 °C และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่ 1-5 °C
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในอากาศภายนอก ในช่วงเวลา 08.00-02.00 น. โดยมีค่า 24-25 °C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 1.5 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 10 °C
- ทิศเหนือ** - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 02.00-07.00 น. โดยมีค่า 24.5 °C ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 0.5 °C และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่ 1 °C
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลา 07.00 น. - 02.00 น. โดยมีค่า 23 °C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 2 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 11 °C
- ทิศตะวันออก** - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 02.00-08.00 น. โดยมีค่า 25 °C ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 15 °C และจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.5 °C
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 08.00 น. - 07.00 น. ของวันถัดไป โดยมีค่า 23.5 °C ซึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 1.5 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 10.5 °C
- ทิศตะวันตก** - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 01.00-08.00 น. โดยมีค่า 25.5 °C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 0.5 °C และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1 °C
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 09.00-24.00 น. โดยมีค่า 23.5 °C โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 1.5 °C และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 10.5 °C

### ผลการวิเคราะห์อิทธิพลจากความลึกของดิน

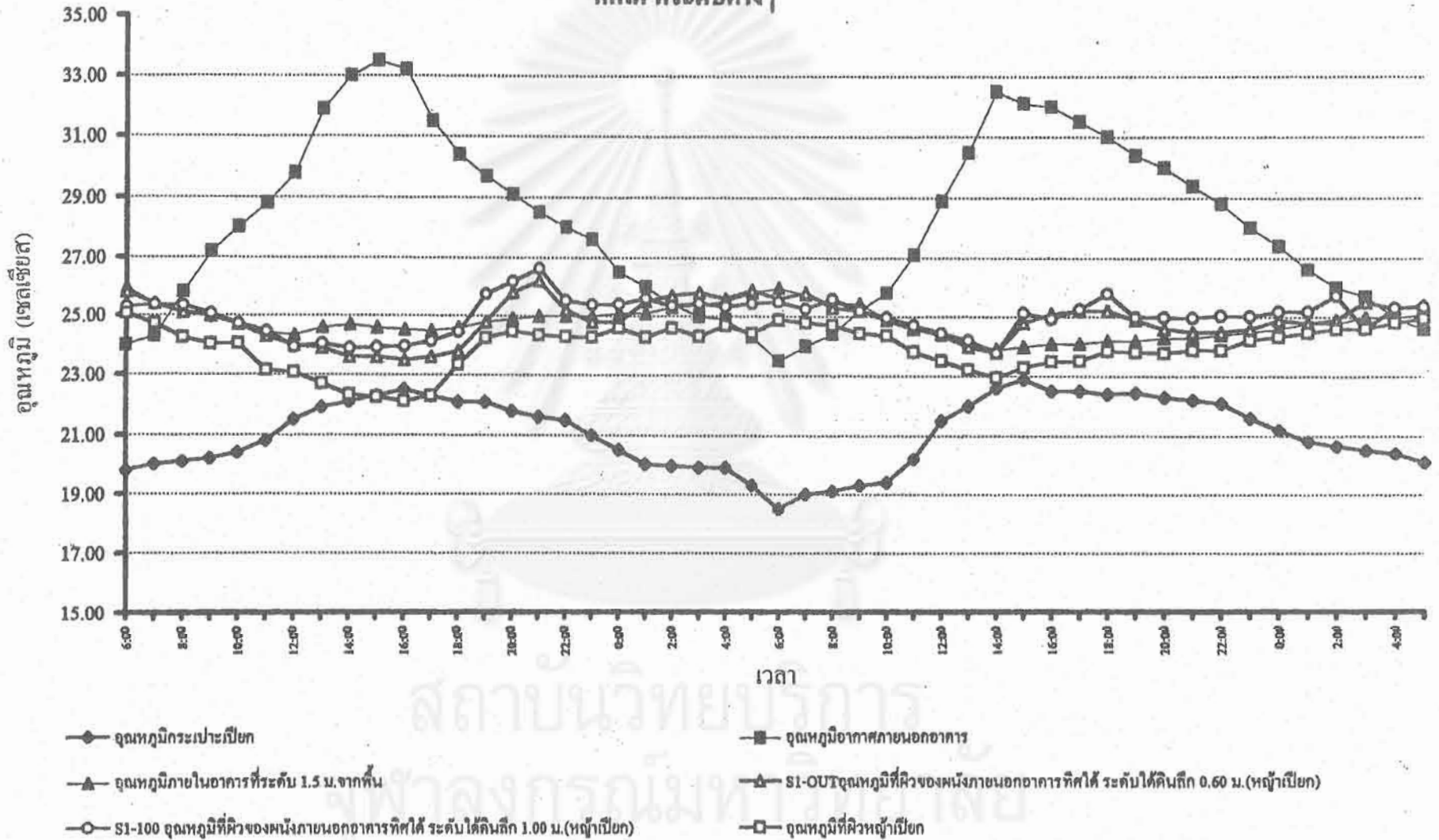
การทดลองทำการฝังสายสัญญาณที่ได้ดินลึกระดับ 1.00 ม. และ 0.60 ม. พบว่า อุณหภูมิคงที่ที่ระดับ 1.00 ม. จะมีค่าค่อนข้างจะคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 0.60 ม. ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  ดังกราฟในรูปที่ 2-29

เมื่อทำการรดน้ำให้กับหญ้าทุก 2 ชั่วโมง พบว่าลักษณะกราฟอุณหภูมิที่ผิวหญ้าจะมีทิศทางเดียวกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ความลึกของดินมีผลต่ออุณหภูมิภายในดิน โดยพบว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1.00 ม. จะมีค่าคงที่กว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.60 ม. และมีอุณหภูมิต่ำกว่าประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอด 48 ชั่วโมงมาสร้างกราฟรูปที่ 2-30



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้ดินทาง  
ทิศใต้ ที่ระดับต่างๆ



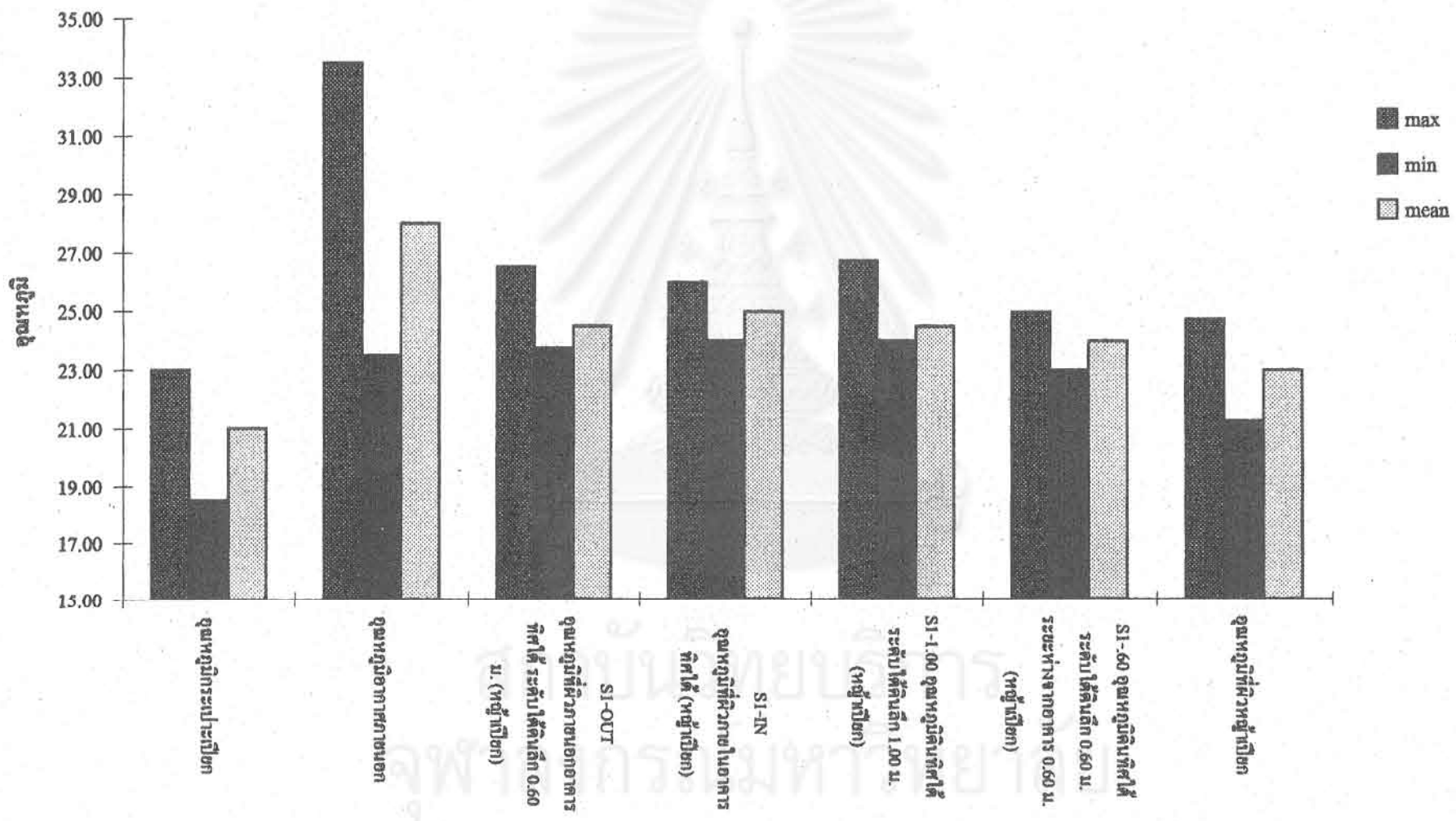
พบว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1.00 ม. จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0.60 ม. สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินที่ระดับความลึกมากขึ้น จะมีอุณหภูมิต่อน้างคงที่เวลา
2. ดินที่ระดับความลึกมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินที่ระดับสูงกว่า



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-30 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ



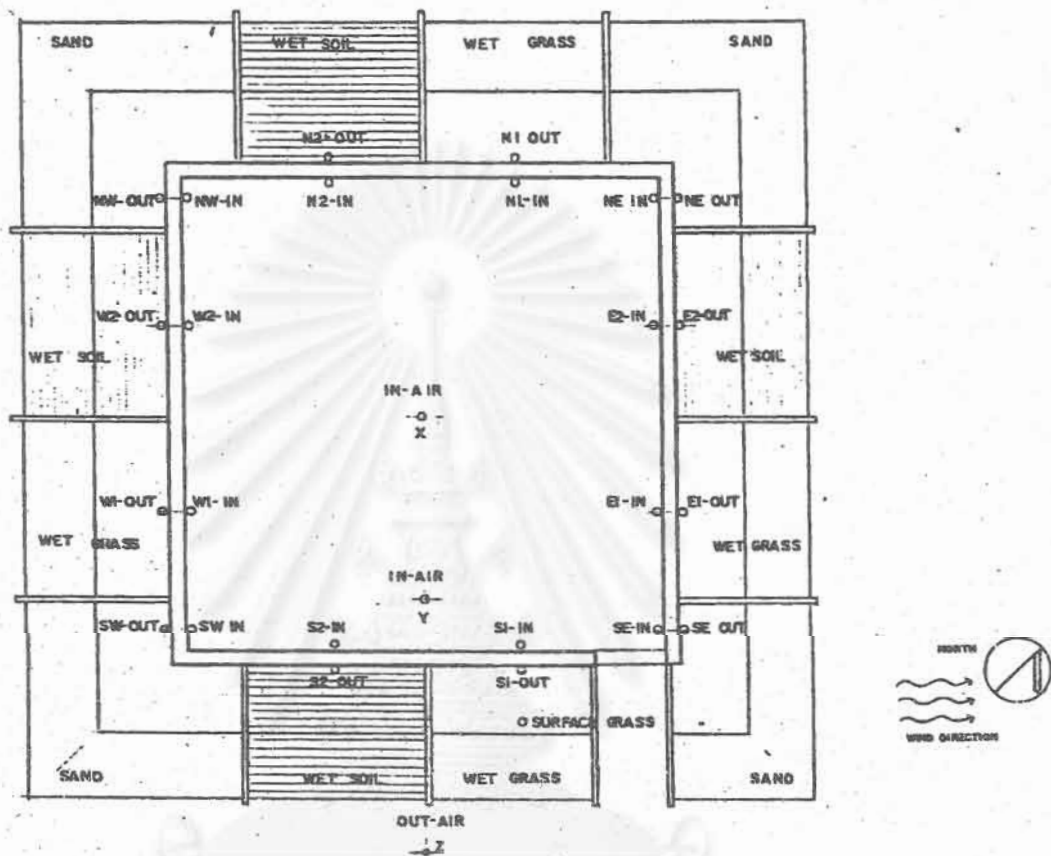
### 2.3.3 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก ตลอด 48 ชั่วโมง

วันเวลาที่เก็บข้อมูล 06.00 น. วันที่ 12 มกราคม 2539

ถึง 06.00 น. วันที่ 15 มกราคม 2539

การวิจัยได้เริ่มทำต่อจากในชั้นที่ 2 โดยนำหญ้าแห้งในช่องหมายเลข N2, S2, E2, W2, ออก ให้คงเหลือแต่ผิวดินรดน้ำให้ความชุ่มชื้นกับดินทุก 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับหญ้าซึ่งรดน้ำทุก 2 ชั่วโมงเช่นกัน (ดังแสดงในผังพื้นในรูปที่ 2-31)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-31 แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก 48 ชั่วโมง

การวิจัยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินและอุณหภูมิอากาศที่หิมะปกคลุม และปราศจากหิมะปกคลุม ได้รับน้ำทุก 2 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ผลการวิเคราะห์ภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร

### 1.1 ภูมิอากาศภายนอก มีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2-32

- อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่  $32.5^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.
- อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่  $23^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะอยู่ระหว่าง  $18-22^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุดที่  $22^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่  $18^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.

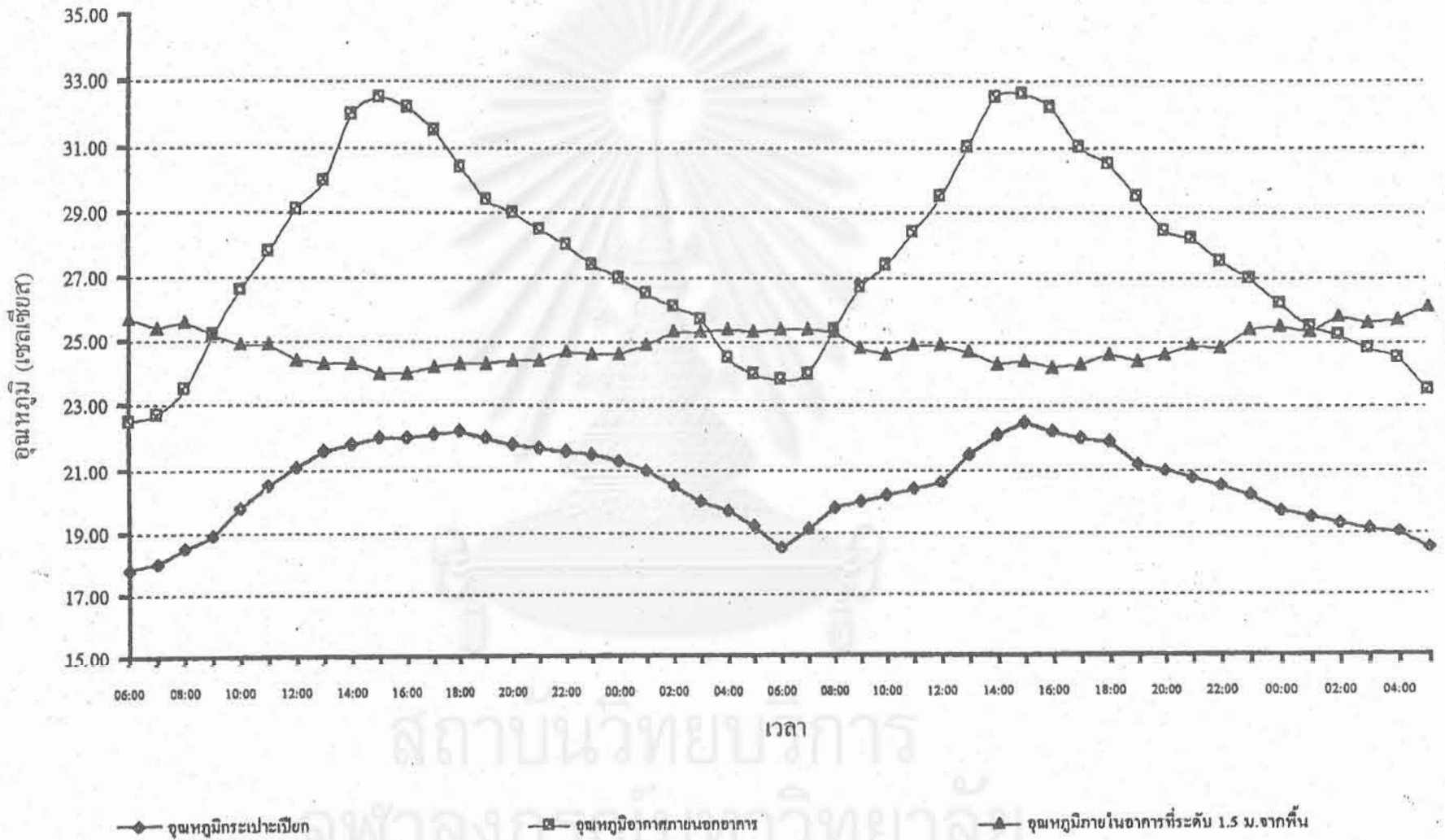
### 1.2 อุณหภูมิภายในอาคาร

อากาศภายในอาคารที่ระดับความสูง 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกอาคาร ประมาณ  $9^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 09.00 น. - 03.00 น. ของวันถัดไป

อากาศภายในอาคารที่ระดับความสูง 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกอาคาร ประมาณ  $2^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 03.00 น. - 09.00 น.

อุณหภูมิอากาศที่ระดับ 0.80 ม. จากพื้นภายในอาคารห่างจากผนังทางทิศใต้ 1.00 ม. และที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้นภายในอาคารที่บริเวณกึ่งกลางอาคาร ได้รับอิทธิพลจากพื้นห้องและผนัง ทำให้กราฟที่เกิดขึ้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิดิน โดยอุณหภูมิอากาศในบริเวณดังกล่าวค่อนข้างคงที่ และพบว่าที่เหนือฝ้าเพดานมีอุณหภูมิสะสมในหลังคาค่อนข้างสูงตลอดทั้งวัน อุณหภูมิภายในหลังคาได้รับการถ่ายเทความร้อนจาก MASS ของวัสดุผนังหลังคา ซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรง ตลอดช่วงเวลากลางวัน จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่จุดอื่นๆ

รูปที่ 2-32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก



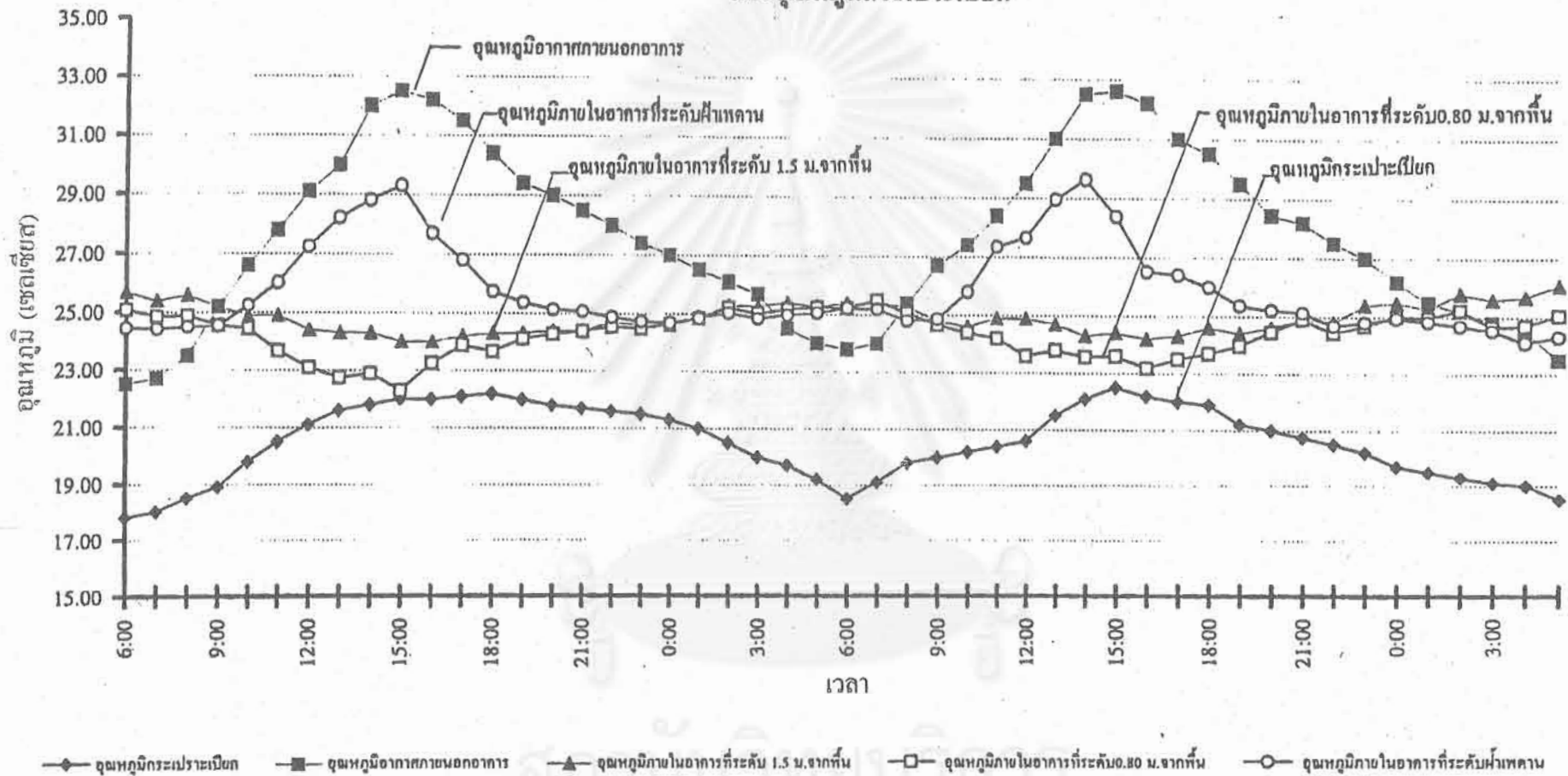
ตารางที่ 2-4 แสดงอุณหภูมิสูงสุด,ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร

	D.B.TEMPERATURE		
	MAX	MIN	MEAN
อุณหภูมิอากาศ	32.60	22.50	27.66
อุณหภูมิภายในที่ 0.80 ม.ห่างจากทิศใต้ 1.00 ม.	25.50	22.29	24.31
อุณหภูมิภายในที่ 1.50 ม.	26.10	24.00	24.88
อุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดาน	29.63	24.10	25.77



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

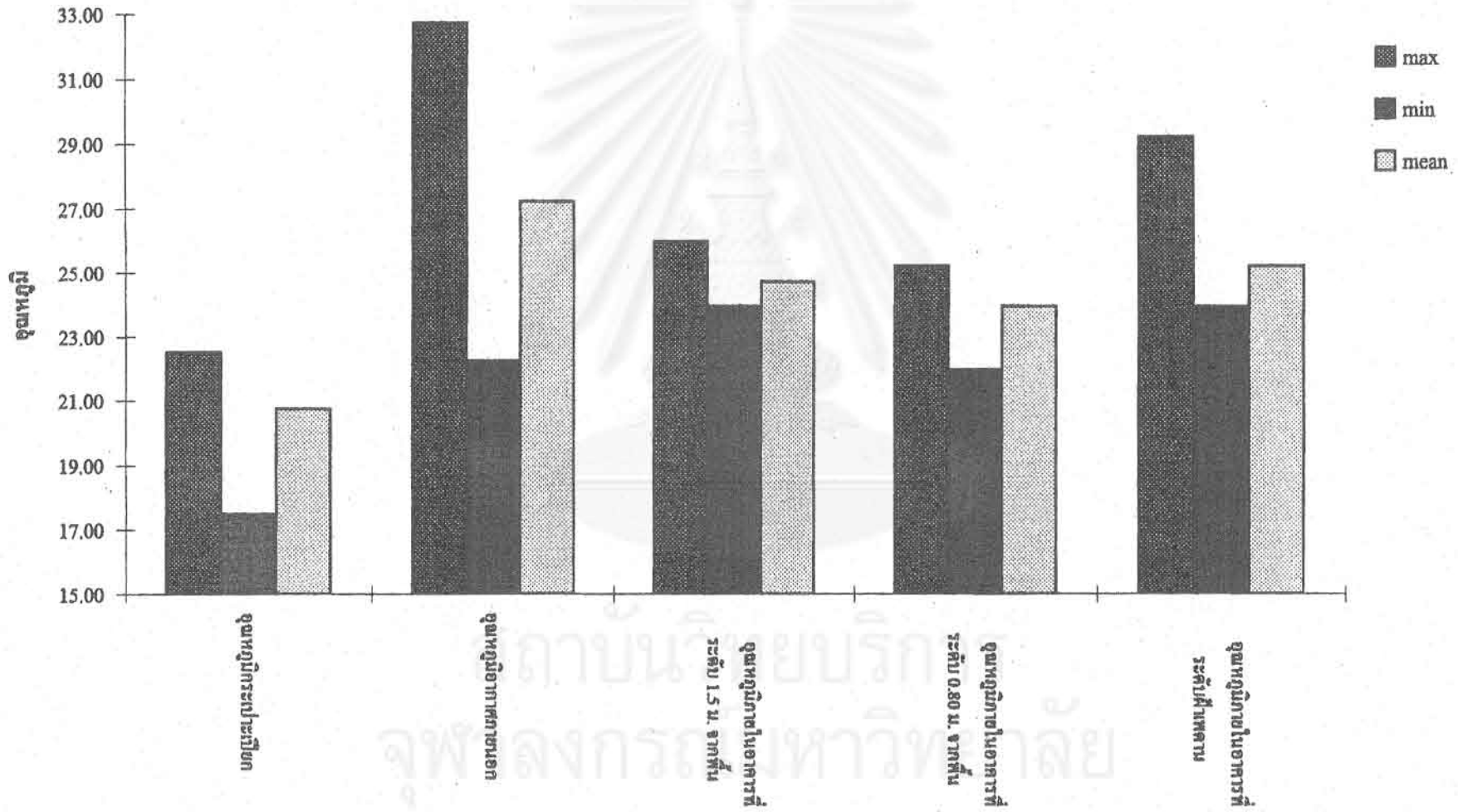
รูปที่ 2-33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกัน และอุณหภูมิกระเปาะเปียก



2-52

สถาบันวิจัยชเล็กร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-34 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคาร



จากรูปที่ 2-33 และรูปที่ 2-34 พบว่าอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 48 ชั่วโมงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย

#### ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก

จากการทดสอบได้ทำการรดน้ำทุกๆ 2 ชั่วโมงทั้งดินและหญ้าได้ผลทดสอบดังกราฟรูปที่ 2-35 และ 2-36

พฤติกรรมของอุณหภูมิดินทั่วไป (ดินที่ระดับลึก 0.60 ม.)จากรูปที่ 2-35 และ 2-36 พบว่าดินในช่วงกลางวันอุณหภูมิลดลง และในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

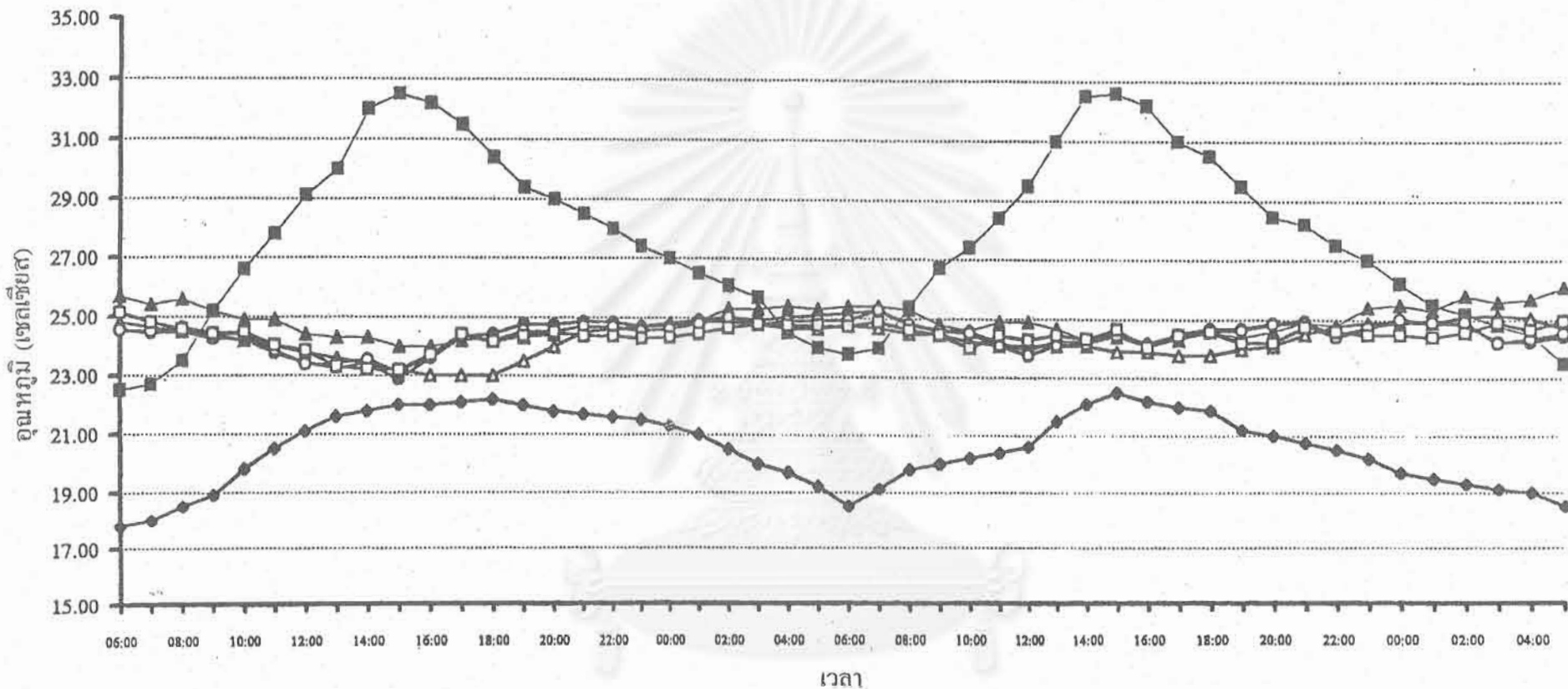
- ดินจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ  $23-24^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น. และจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วง 09.00-23.00 น. โดยมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ  $9^{\circ}\text{C}$

- ดินจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $25-26^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น. และจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 03.00-09.00 น. โดยมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ  $3^{\circ}\text{C}$

จากการทดลองพบว่าดินมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ จากรูปที่ 2-35 และ 2-36 สามารถนำมาสร้างกราฟรูปที่ 2-37 และวิเคราะห์ได้ดังนี้

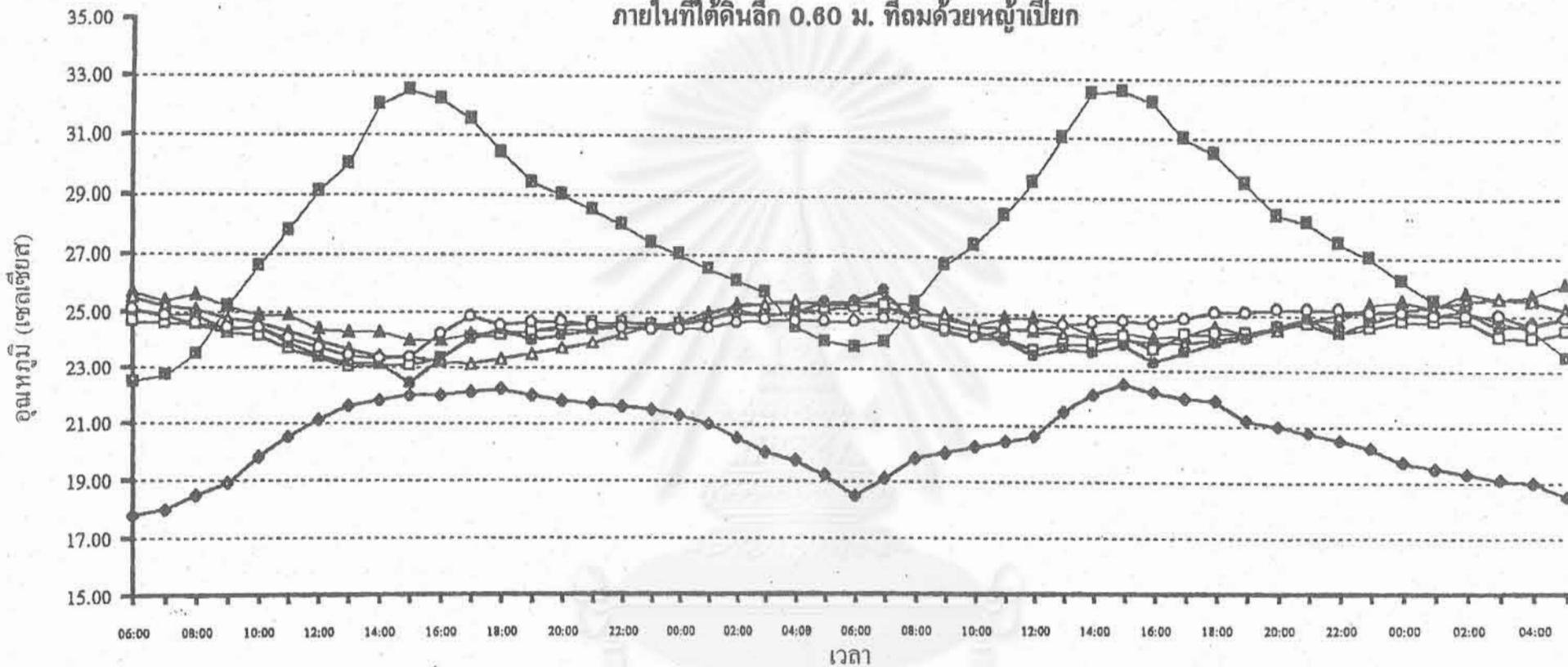
- พฤติกรรมของดินจะแตกต่างตามทิศทาง โดยดินในทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่าทิศอื่น และดินในทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าทิศอื่น โดยมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิดินทางทิศเหนือและทิศใต้ประมาณ  $2^{\circ}\text{C}$

รูปที่ 2-35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่หิวคินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก



- อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- ◆ N1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(หญ้าเปียก)
- W1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(หญ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ S1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (หญ้าเปียก)
- E1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก (หญ้าเปียก)

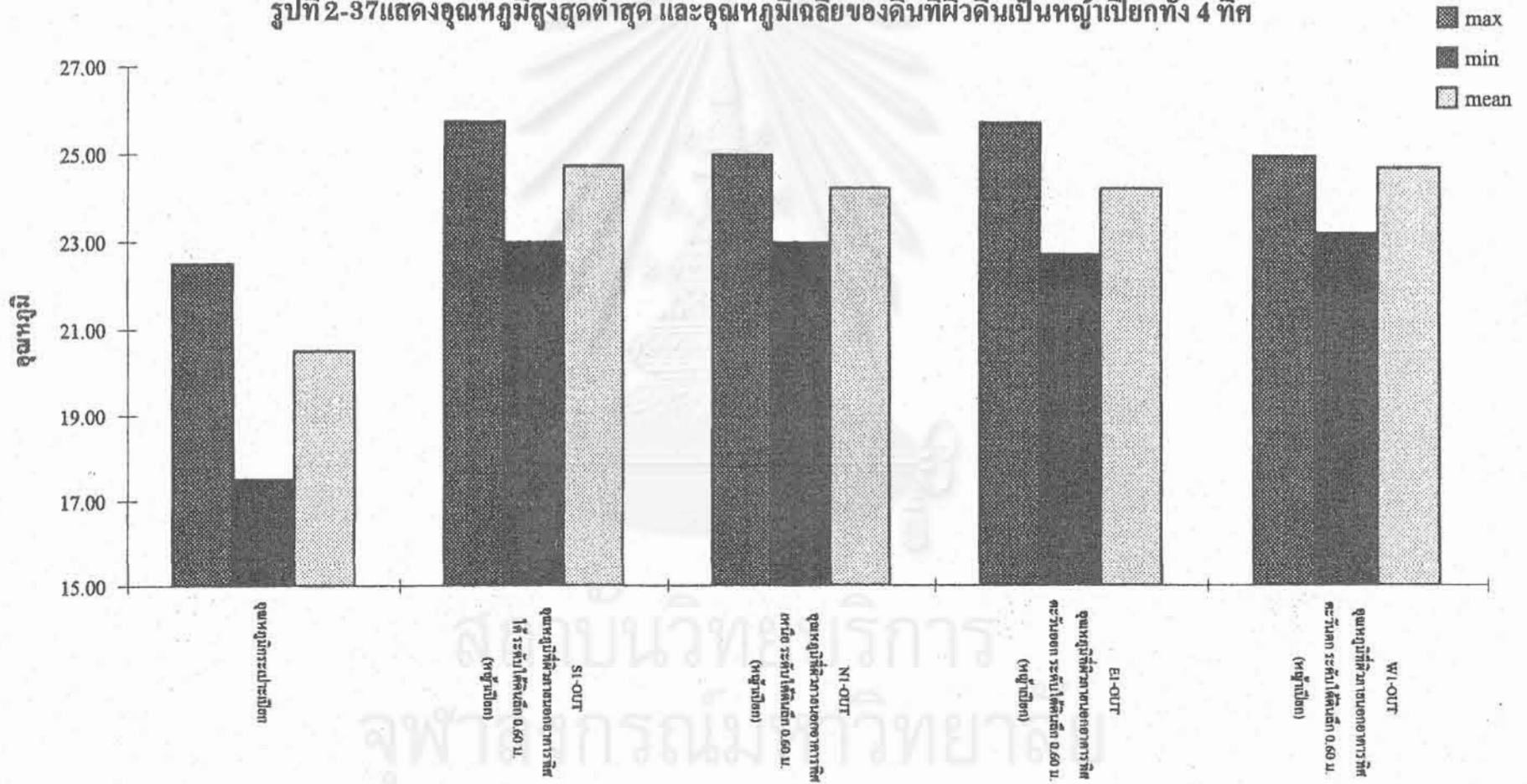
รูปที่ 2-38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิผิวผนัง  
ภายในที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเปียก



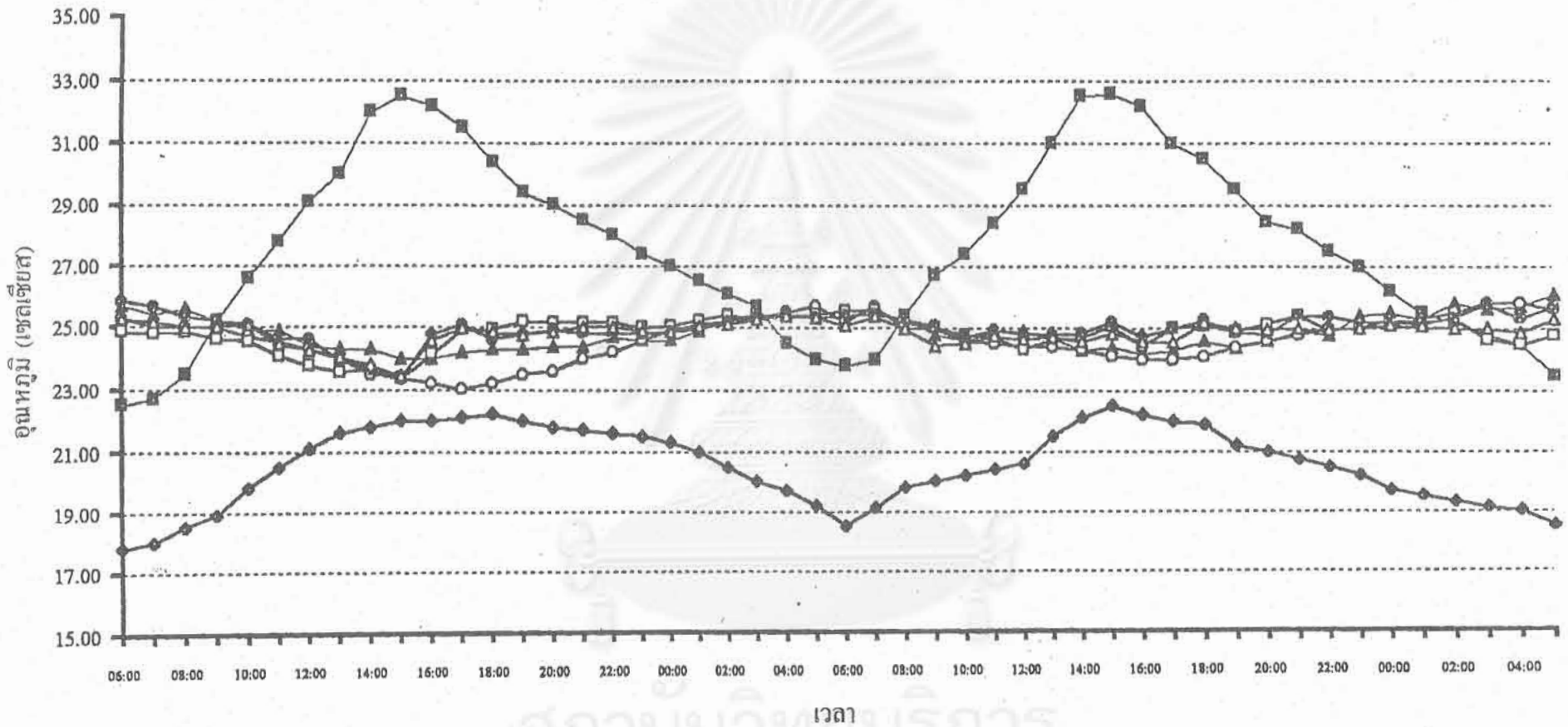
- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม.จากพื้น
- N1-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศเหนือ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- W1-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันตก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ S1-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)
- E1-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(หญ้าเปียก)



รูปที่ 2-37 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปือกทั้ง 4 ทิศ

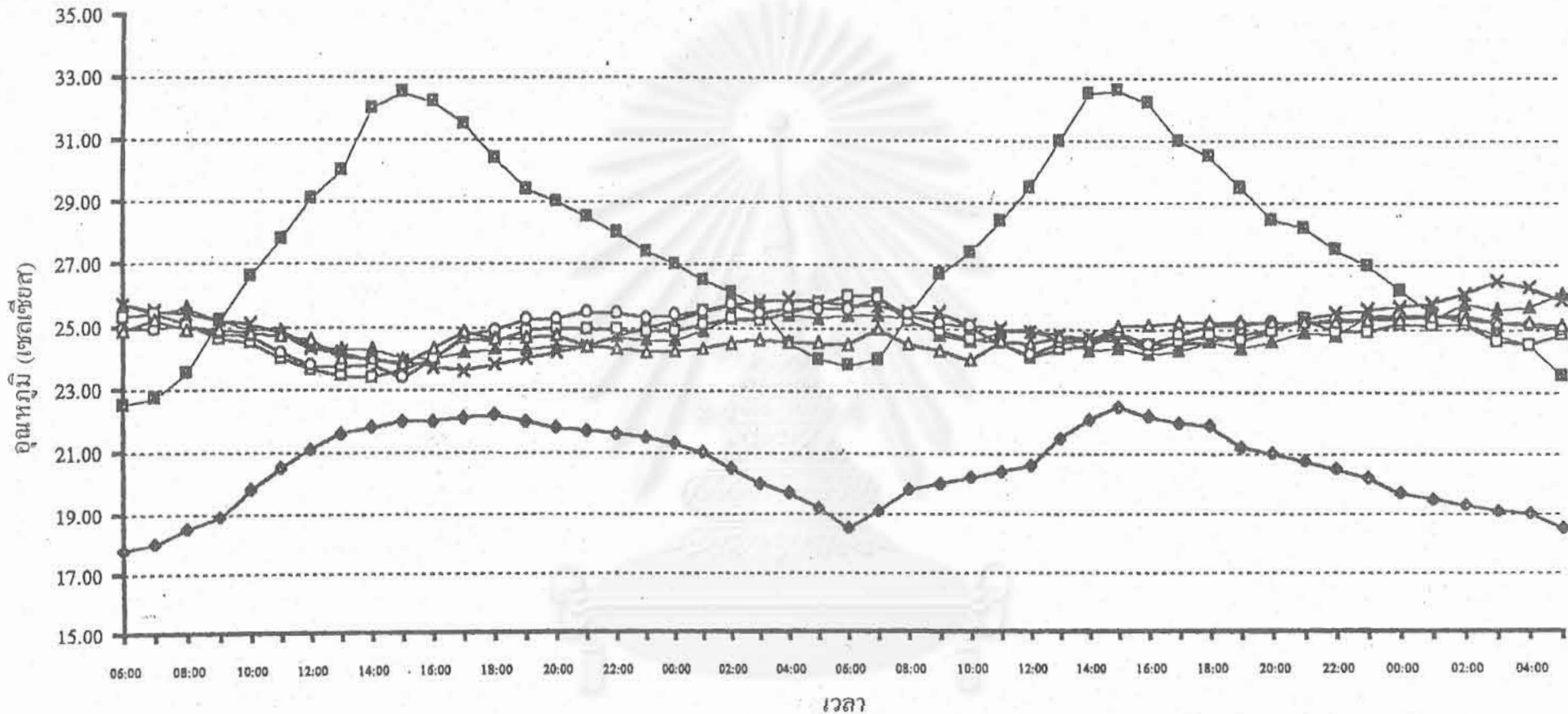


รูปที่ 2-38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่สูง 0.40ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นดินเปียก



- อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- N2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(ดินเปียก)
- △ W2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(ดินเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- S2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (ดินเปียก)
- ◆ E2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก(ดินเปียก)

รูปที่ 2-39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นดินเปียก



- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- N2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศเหนือ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(ดินเปียก)
- △ W2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันตก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(ดินเปียก)
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- × S2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศใต้ ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(ดินเปียก)
- E2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.(ดินเปียก)

### การวิเคราะห์เปรียบเทียบหญ้าเปียกและดินเปียก

จากการทดสอบการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมงนำมาสร้างรูปที่ 2-38 - 2-39 และตารางค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกได้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เป็นหญ้าเปียก และดินเปียก

ตารางที่ 2-5 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียก และดินเปียก

ตำแหน่ง	สภาพผิวดิน	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
		MAX	TIME	MIN	TIME		
ทิศเหนือ	หญ้าเปียก	25.31	06.00	23.01	15.00	2.30	24.34
	ดินเปียก	26.05	06.00	23.37	15.00	2.68	24.77
ทิศใต้	หญ้าเปียก	25.60	04.00	23.10	15.00	2.50	24.56
	ดินเปียก	26.50	04.00	23.60	17.00	2.90	25.56
ทิศตะวันออก	หญ้าเปียก	25.77	06.00	22.42	15.00	3.35	24.36
	ดินเปียก	25.93	06.00	23.36	15.00	2.57	24.97
ทิศตะวันตก	หญ้าเปียก	25.20	06.00	23.32	15.00	1.88	24.61
	ดินเปียก	25.40	06.00	23.80	15.00	1.60	24.74

จากการทดสอบอุณหภูมิใต้ผิวหญ้าเปียกและดินเปียกสรุปได้ดังนี้

**ทิศเหนือ** ผิวผนังภายนอกอาคารได้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกได้ดินเปียก  $0.43^{\circ}\text{C}$

**ทิศใต้** อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของดินเปียก  $1.00^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิดินเปียก  $0.5-1^{\circ}\text{C}$

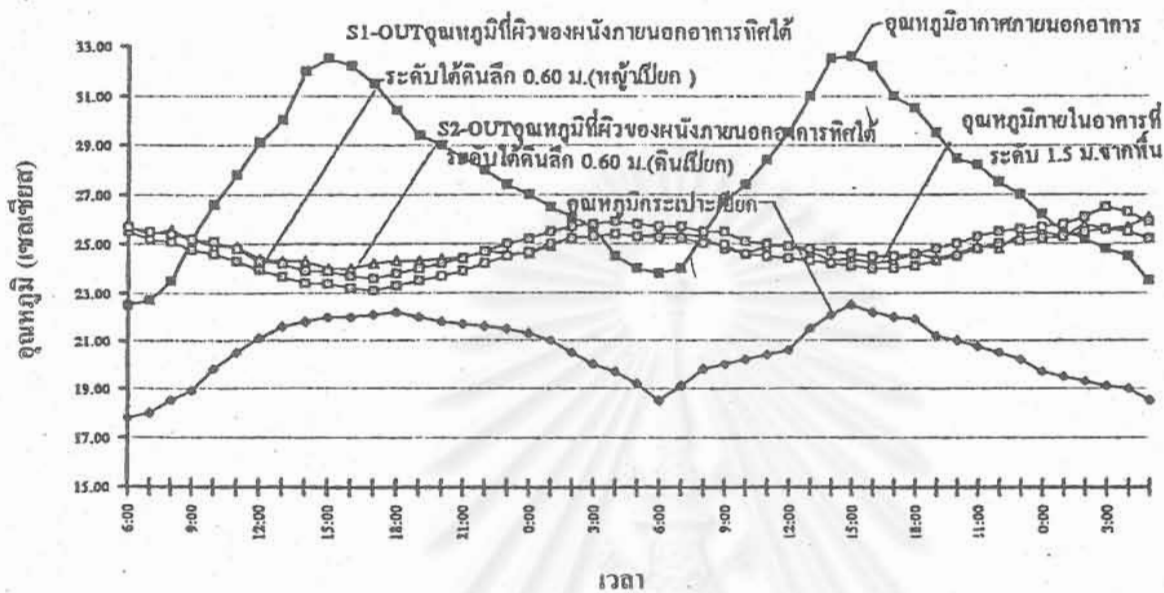
**ทิศตะวันออก** อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของดินเปียก  $0.61^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิดินเปียก  $0.5-1^{\circ}\text{C}$

**ทิศตะวันตก** อุณหภูมิหญ้าเปียกและหญ้าแห้งไม่แตกต่างกัน

สรุปได้ว่าอุณหภูมิระหว่างหญ้าเปียกและดินเปียก มีความแตกต่างกัน  $0.5-1.0^{\circ}\text{C}$  จะมีความแตกต่างกันในด้านทิศได้มากที่สุด

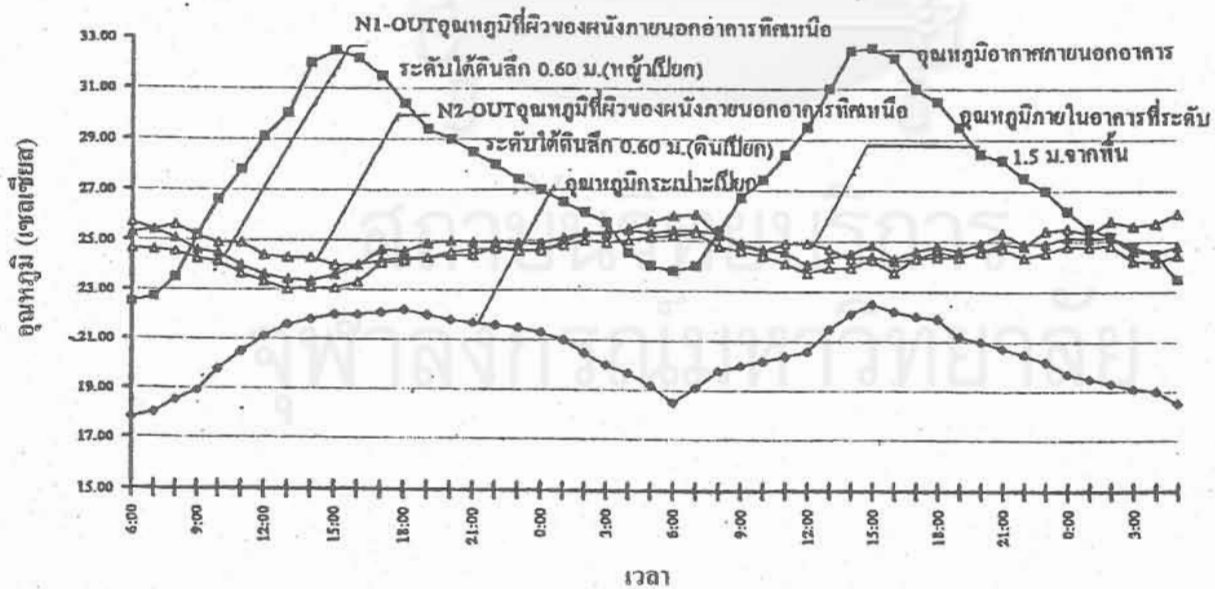
รูปที่ 2-40 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิม้วนังได้ดินลึก 0.60 ม.

ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก

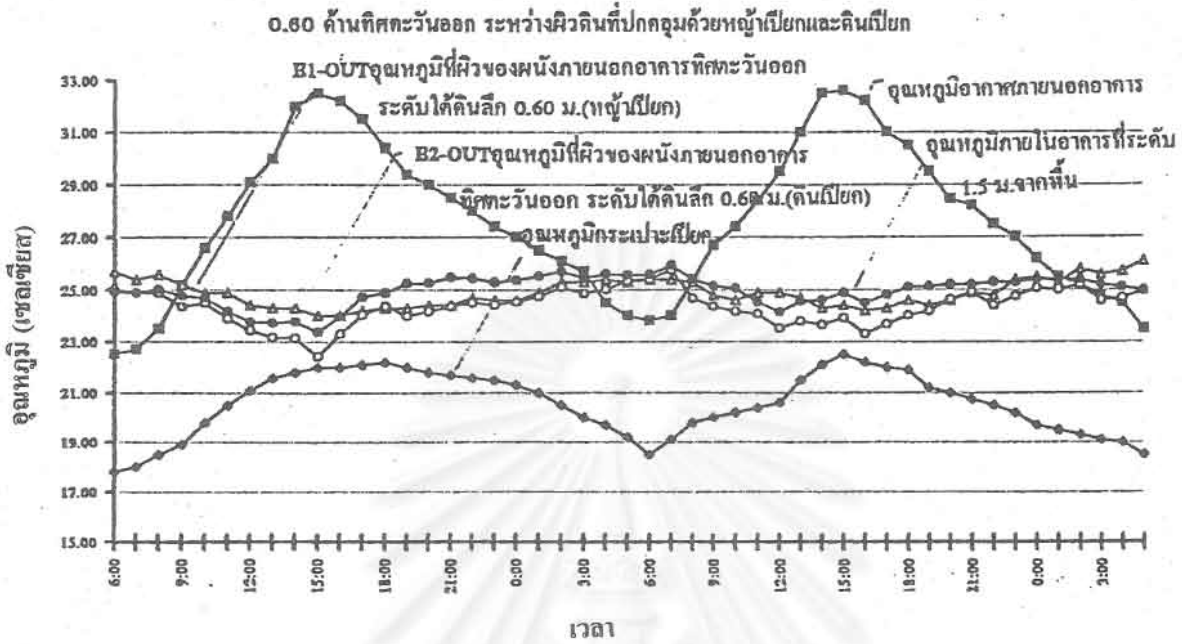


รูปที่ 2-41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิม้วนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.

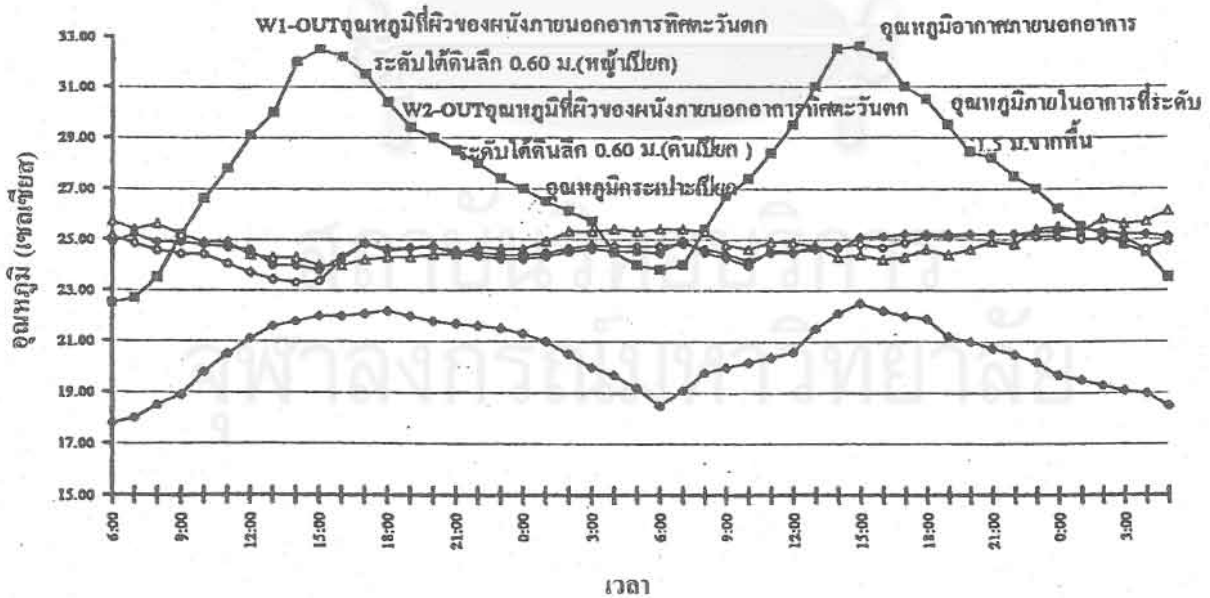
ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก



รูปที่ 2-42 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.  
ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินเปียก



รูปที่ 2-43 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังที่ใต้ดินลึก 0.60 ม.  
ทางทิศตะวันตก ระหว่างหญ้าเปียกและดินเปียก



จากรูปที่ 2-40 ถึง 2-43 สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

- ทิศใต้
- ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 03.00-08.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ  $26^{\circ}\text{C}$  ซึ่งมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.5^{\circ}\text{C}$  และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่  $3^{\circ}\text{C}$
  - ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 08.00-03.00 น. โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ  $23.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่ระดับเดียวกับอุณหภูมิภายในห้อง  $3.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $10^{\circ}\text{C}$

- ทิศเหนือ
- ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลา 03.00-08.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ  $25.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับอุณหภูมิห้อง และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่  $2^{\circ}\text{C}$
  - ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลา 08.00 น.-03.00 น. โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ  $23^{\circ}\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $1^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $9^{\circ}\text{C}$

- ทิศตะวันออก
- ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 03.00-08.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $24-25.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้อง และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $2^{\circ}\text{C}$
  - ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 08.00 น.- 03.00 น. โดยมีอุณหภูมิ  $22-23.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $2^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกอากาศ  $8.5^{\circ}\text{C}$

- ทิศตะวันตก
- ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 04.00-08.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงสุด  $24.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.5-1^{\circ}\text{C}$  และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $1^{\circ}\text{C}$
  - ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลา 08.00-04.00 น. โดยมีอุณหภูมิต่ำสุด  $23.5^{\circ}\text{C}$  โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $8.5^{\circ}\text{C}$

### ผลการวิเคราะห์อิทธิพลจากความลึกของดิน

การทดลองทำการฝังสายสัญญาณที่ได้ดินลึกระดับ 1.00 ม. และ 0.60 ม. พบว่า อุณหภูมิที่ระดับ 1.00 ม. จะมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิที่ระดับ 0.60 ม. ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  ดังรูปที่ 2-44

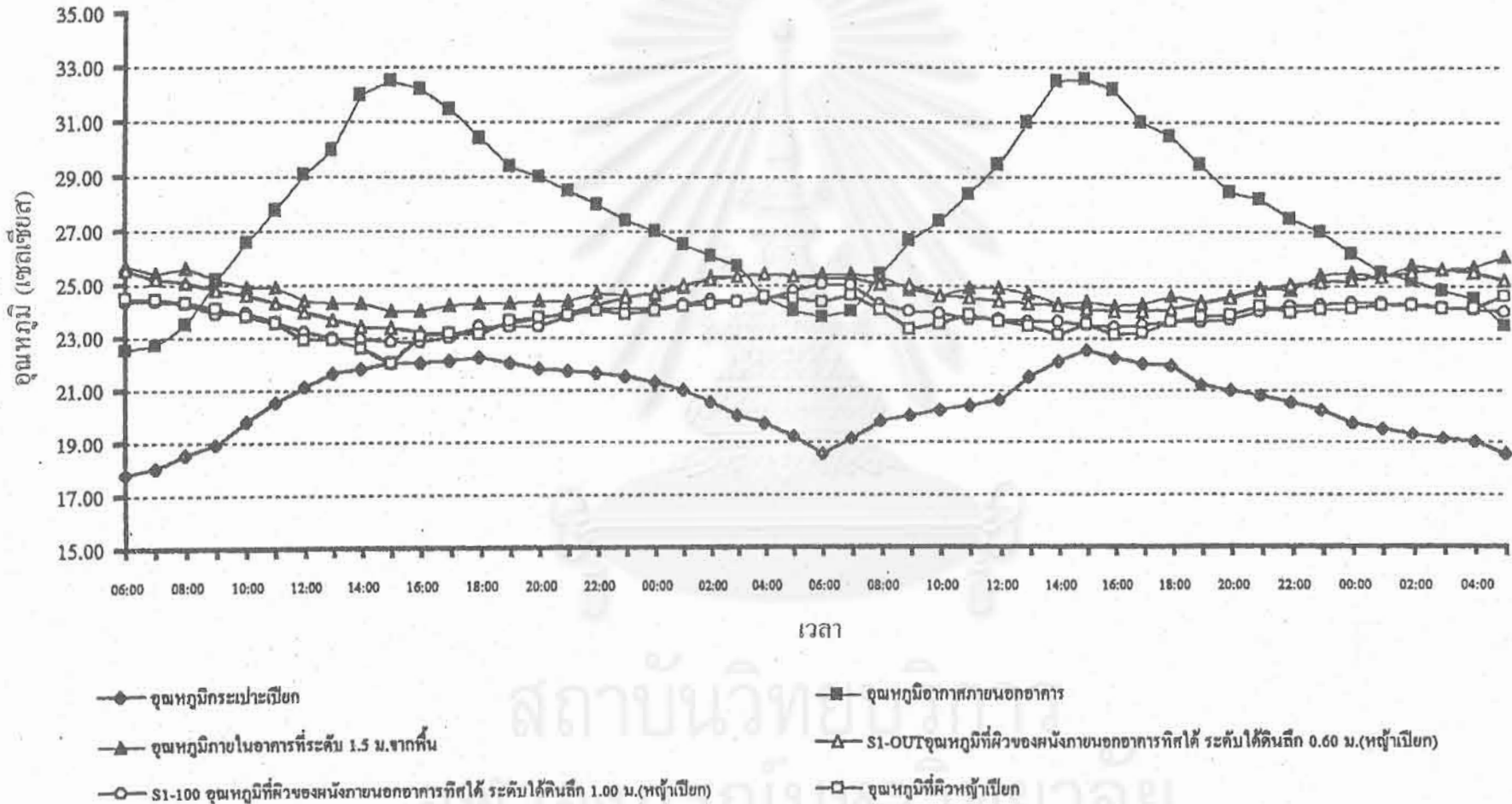
เมื่อทำการรดน้ำให้กับหญ้าและดินทุก 2 ชั่วโมง ลักษณะกราฟจะมีทิศทางเดียวกับ อุณหภูมิกระเปาะเปียก พบว่าความลึกของดินมีผลต่ออุณหภูมิภายในดิน โดยอุณหภูมิดินที่ระดับ ความลึก 1.00 ม. จะมีค่าคงที่กว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.60 ม. และมีอุณหภูมิต่ำกว่า ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอด 48 ชั่วโมงมาสร้างกราฟจะได้ดังรูปที่ 2-45



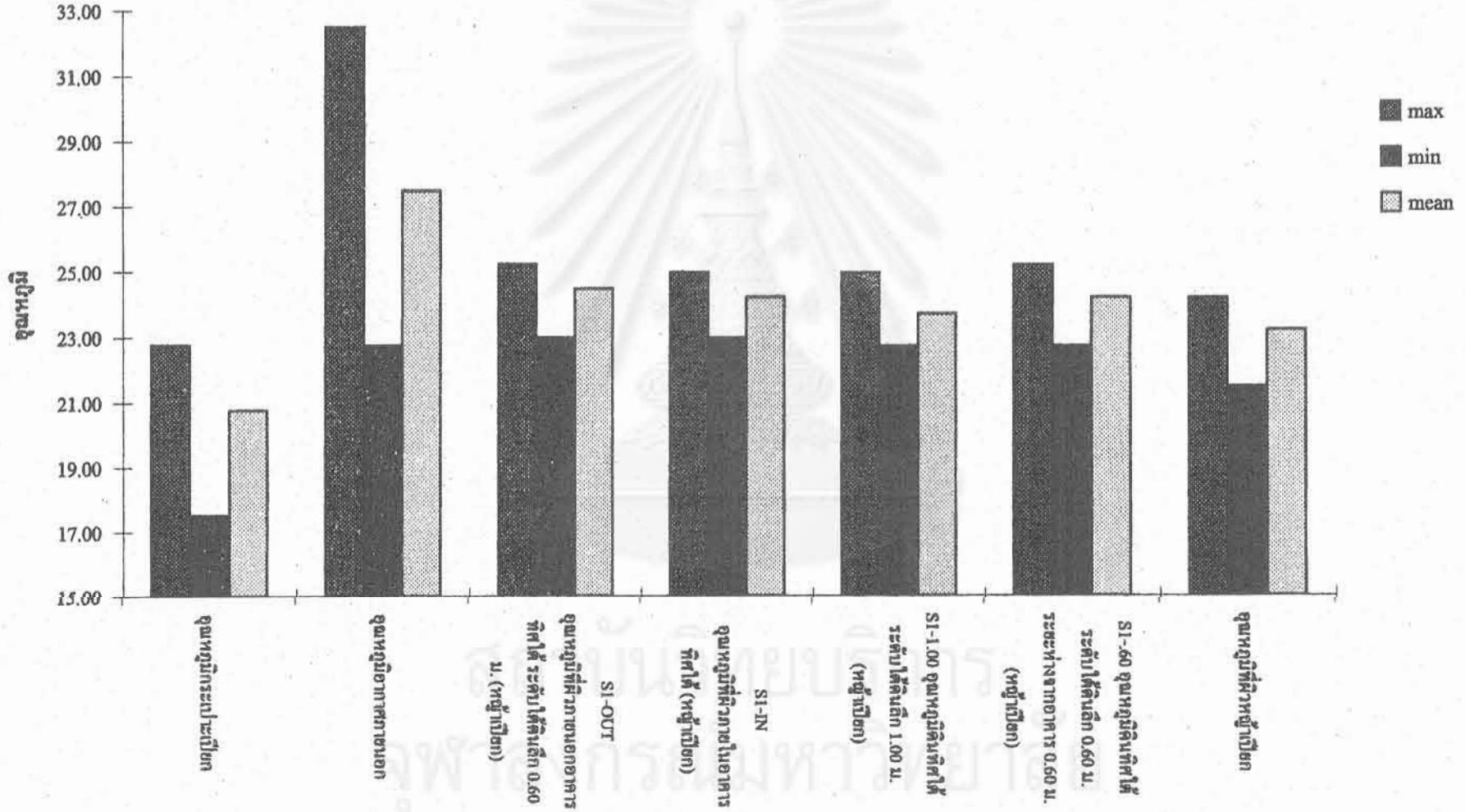
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิ  
ได้ดินทางทิศใต้ ที่ระดับต่างๆ



รูปที่ 2-45 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของคันทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ



พบว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1.00 ม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0.60 ม. อุณหภูมิเฉลี่ยดังกล่าวเทียบได้กับพื้นที่ภายใต้กราฟเส้นในรูปที่ 2-44 ซึ่งมีค่าเท่ากับความร้อนสะสมของจุดต่างๆ จึงสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินที่ความลึกมากขึ้น จะมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ ตลอดเวลา
2. ดินที่ระดับความลึกมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินที่ระดับที่สูงกว่า



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 2.3.4 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง ตลอด 48 ชั่วโมง

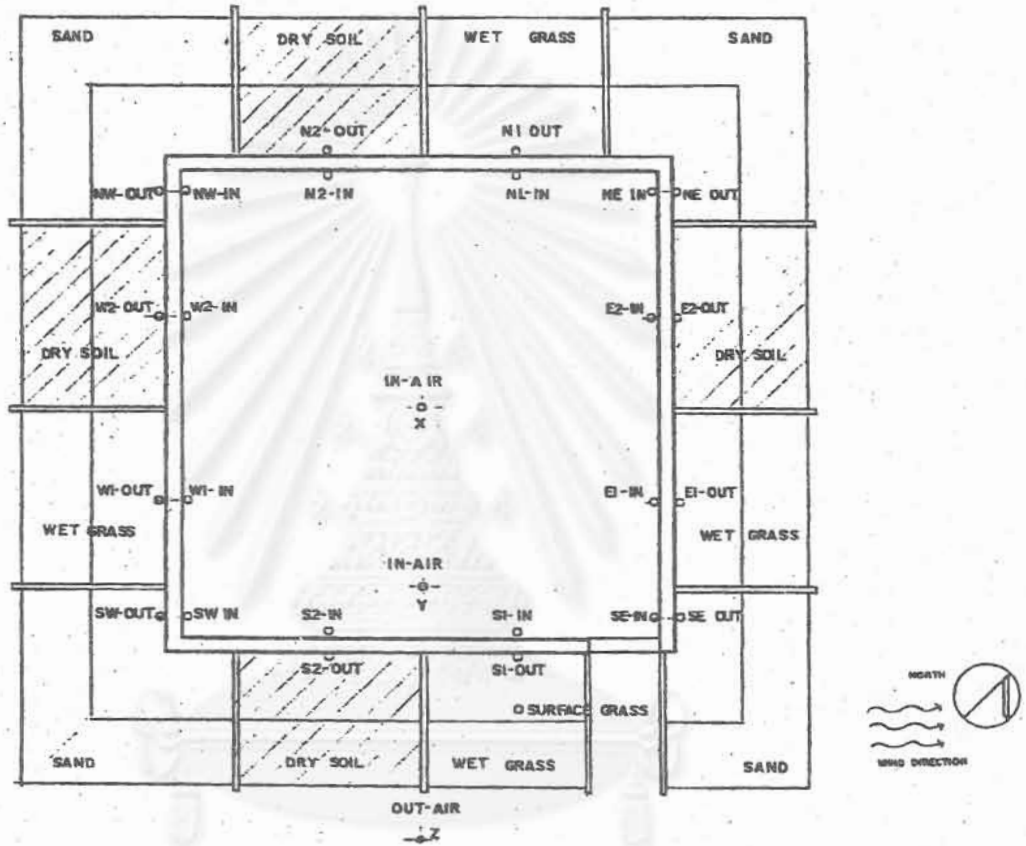
วันเวลาที่เก็บข้อมูล 06.00 น. วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2539  
ถึง 06.00 น. วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2539

การวิจัยได้เว้นระยะการเก็บข้อมูลประมาณ 20 วัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลหญ้าเปียกและดินแห้งโดยปลูกหญ้าในช่องเลขหมาย N1, S1, E1, W1และรดน้ำทุก 2 ชั่วโมง ส่วนช่องเลขหมาย N2, S2, E2, W2 เป็นดินแห้งไม่รดน้ำ (ตามรูป 2-45) แล้วจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงต่อเนื่องแล้วจึงนำมาวิเคราะห์โดยการสร้างกราฟเส้นและกราฟแท่ง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

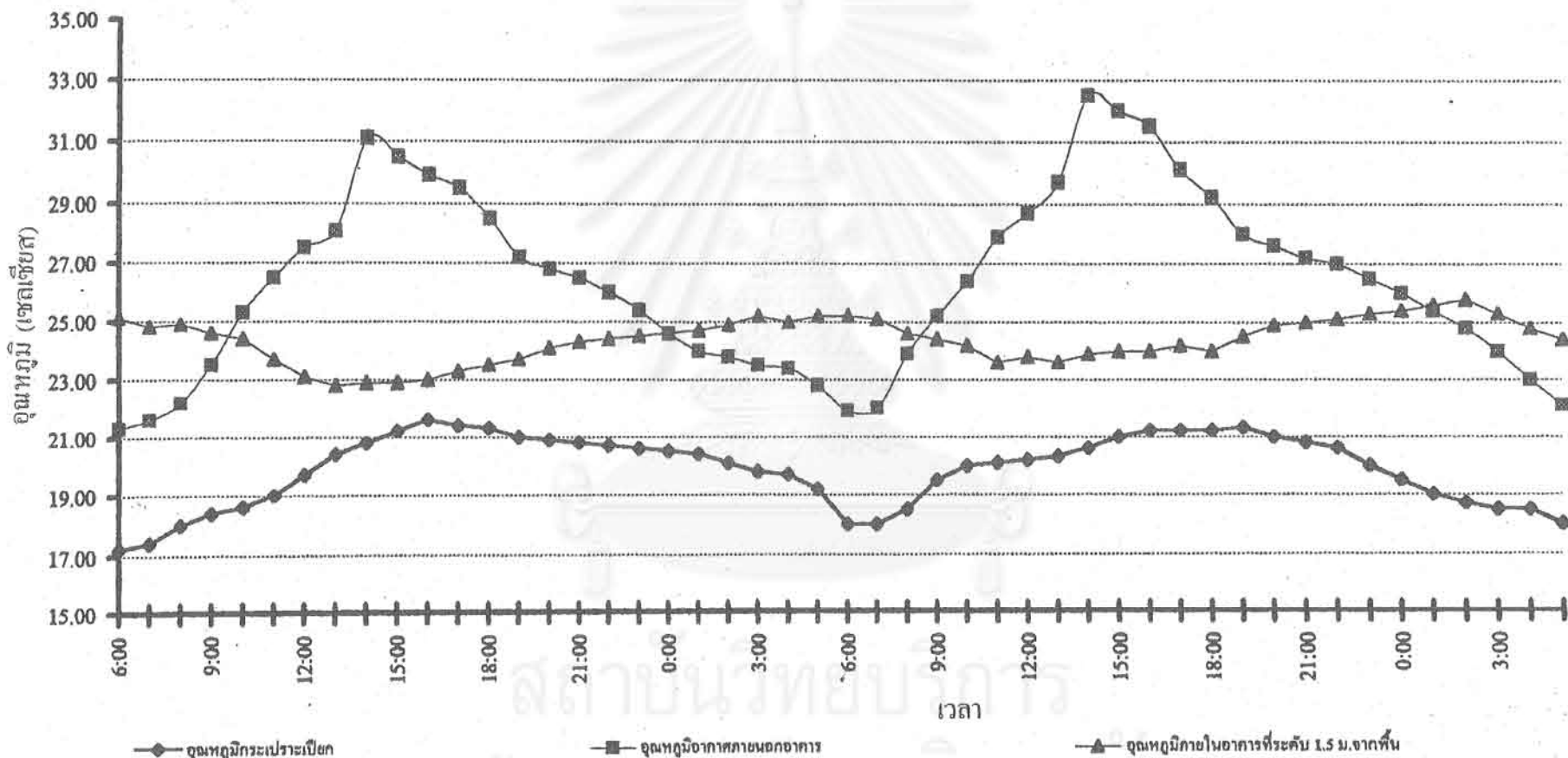
การวิจัยเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังและอุณหภูมิพื้นที่ที่ปกคลุมดิน ผนังทุก 2 ชั่วโมง และดินแห้ง ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 2-46 แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง 48 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

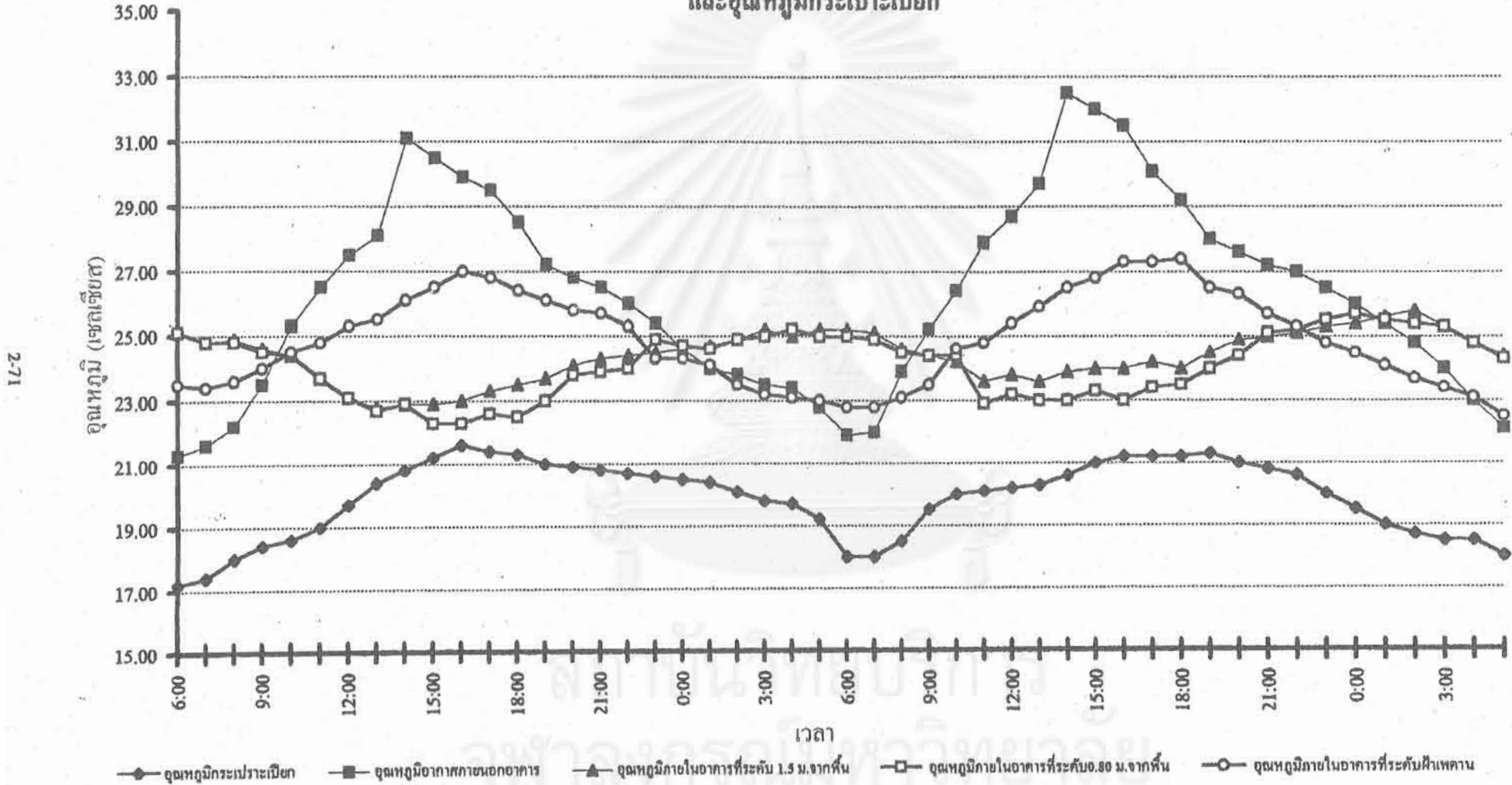
รูปที่ 2-47 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก



2-70

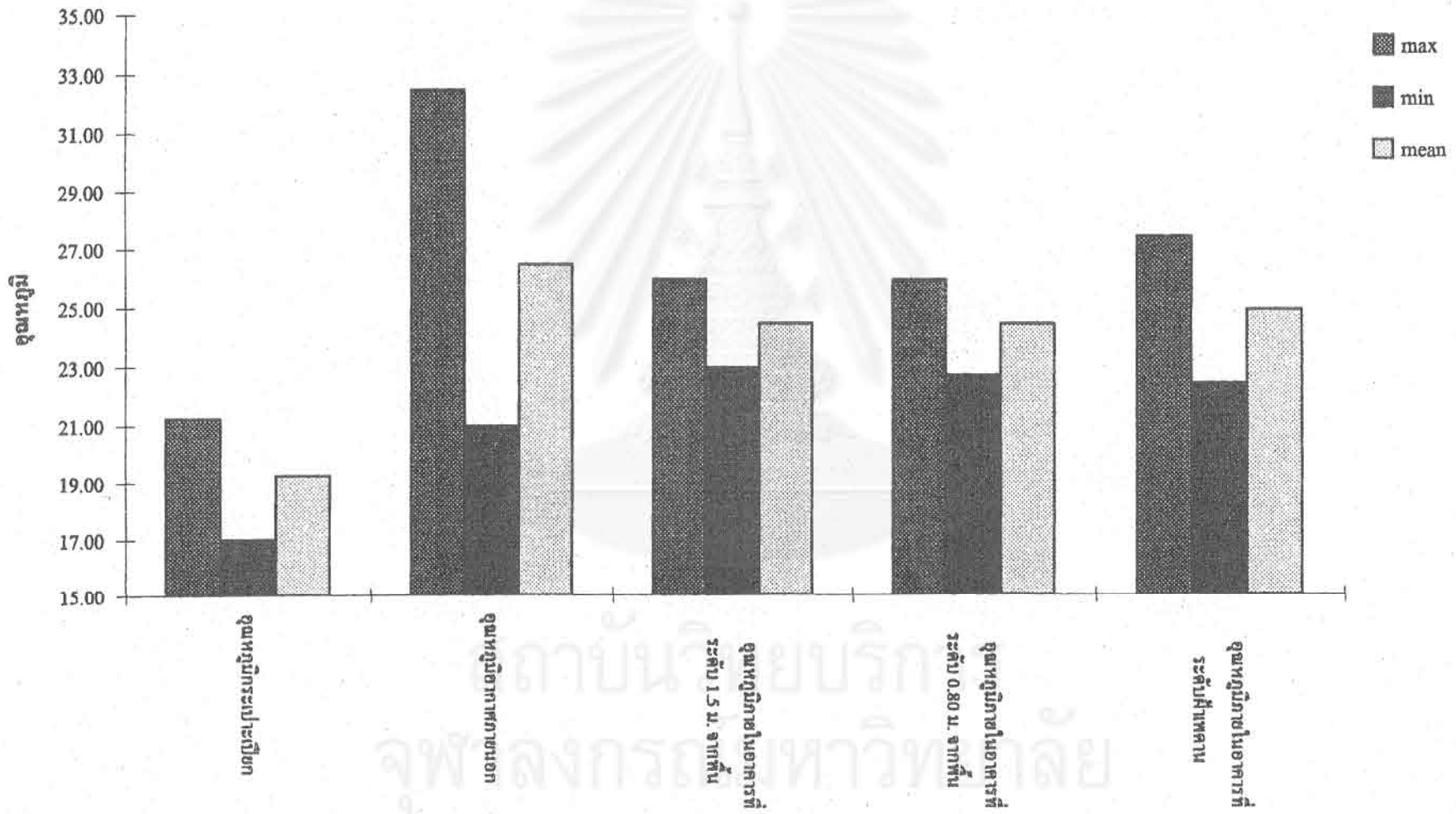
สถาบันวิจัยอาคาร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-48 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกัน และอุณหภูมิกระเปาะเปียก



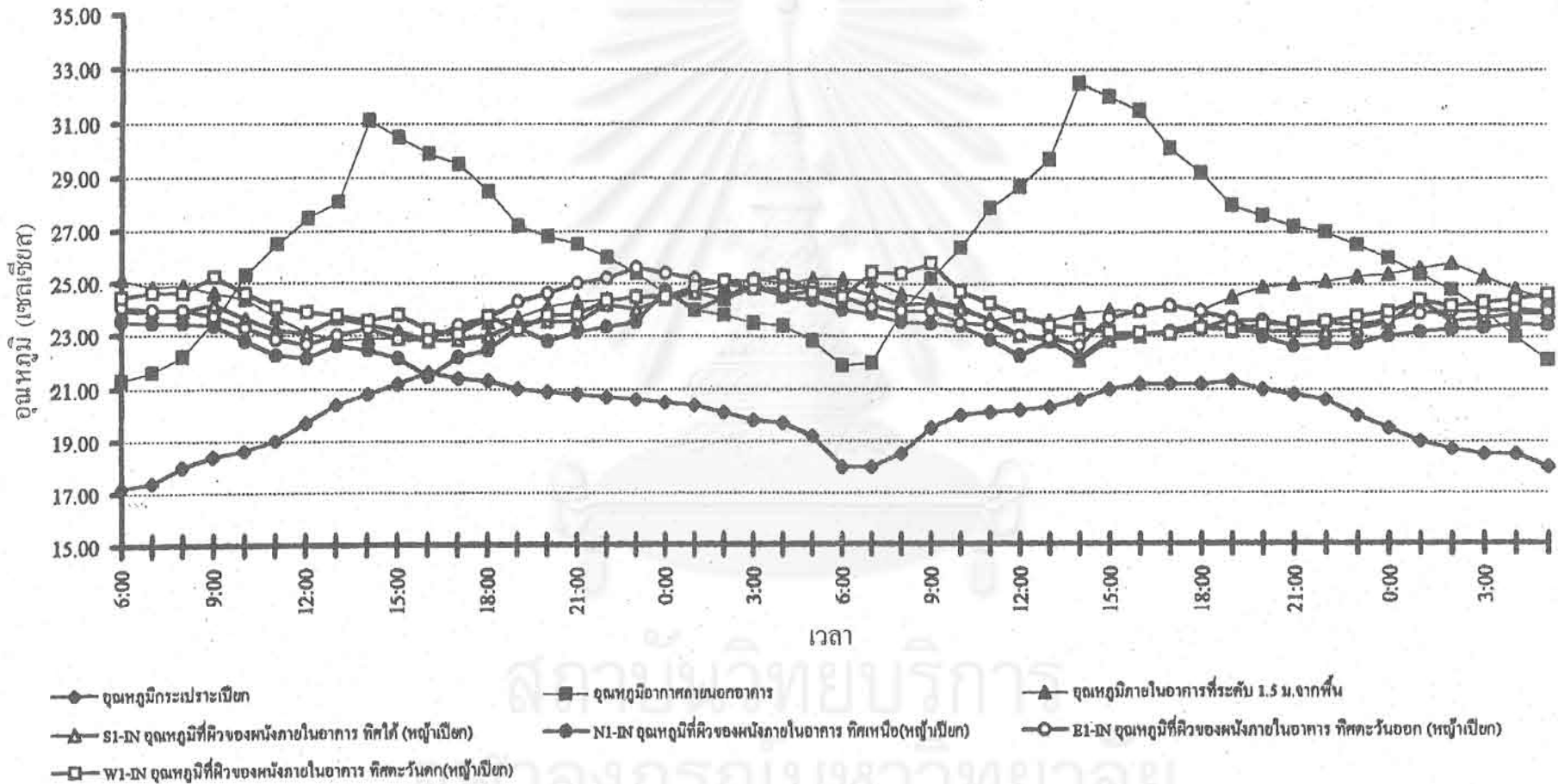
2-71

รูปที่ 2-49 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคาร

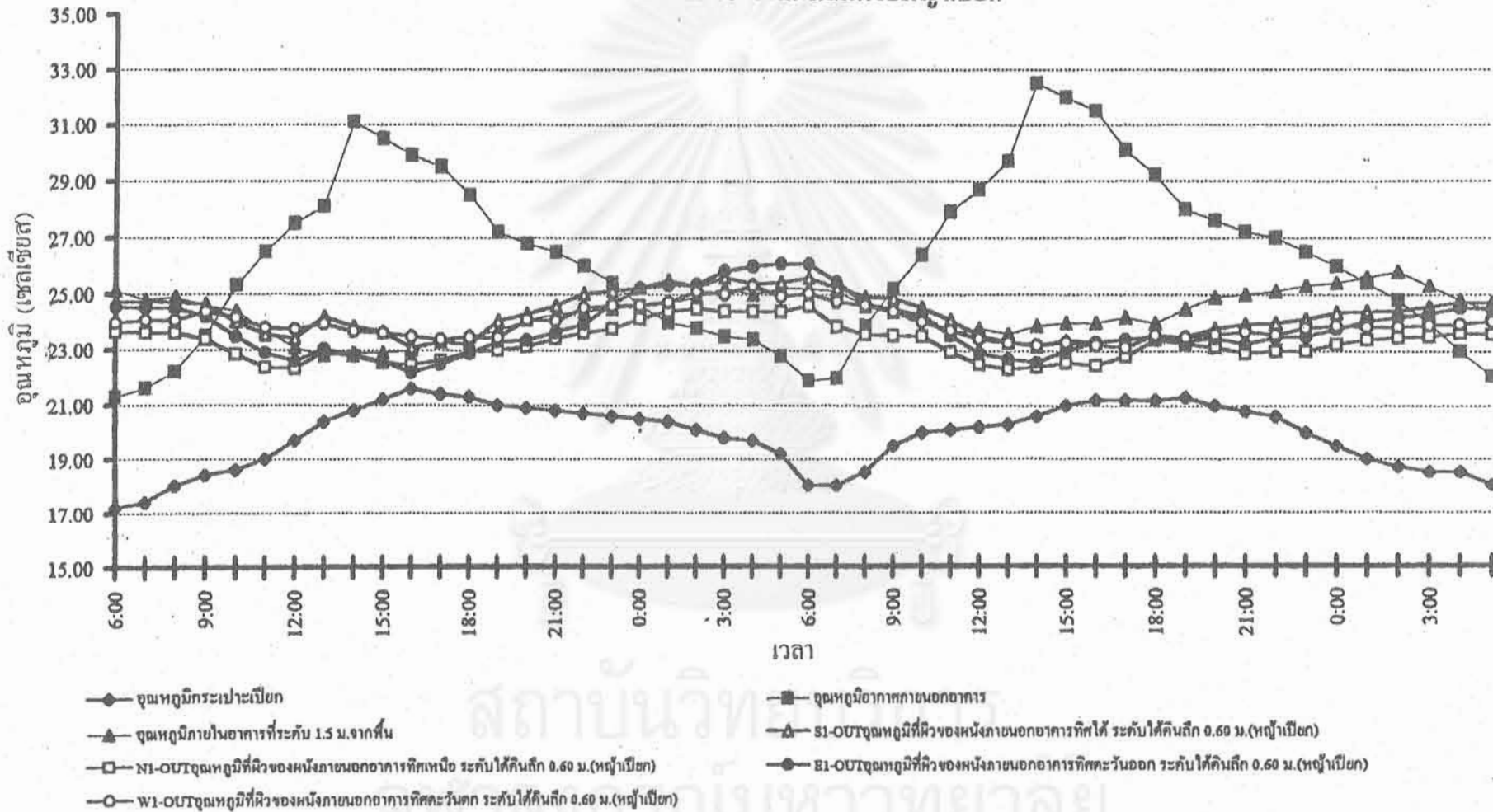




รูปที่ 2-50 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่วัดดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก



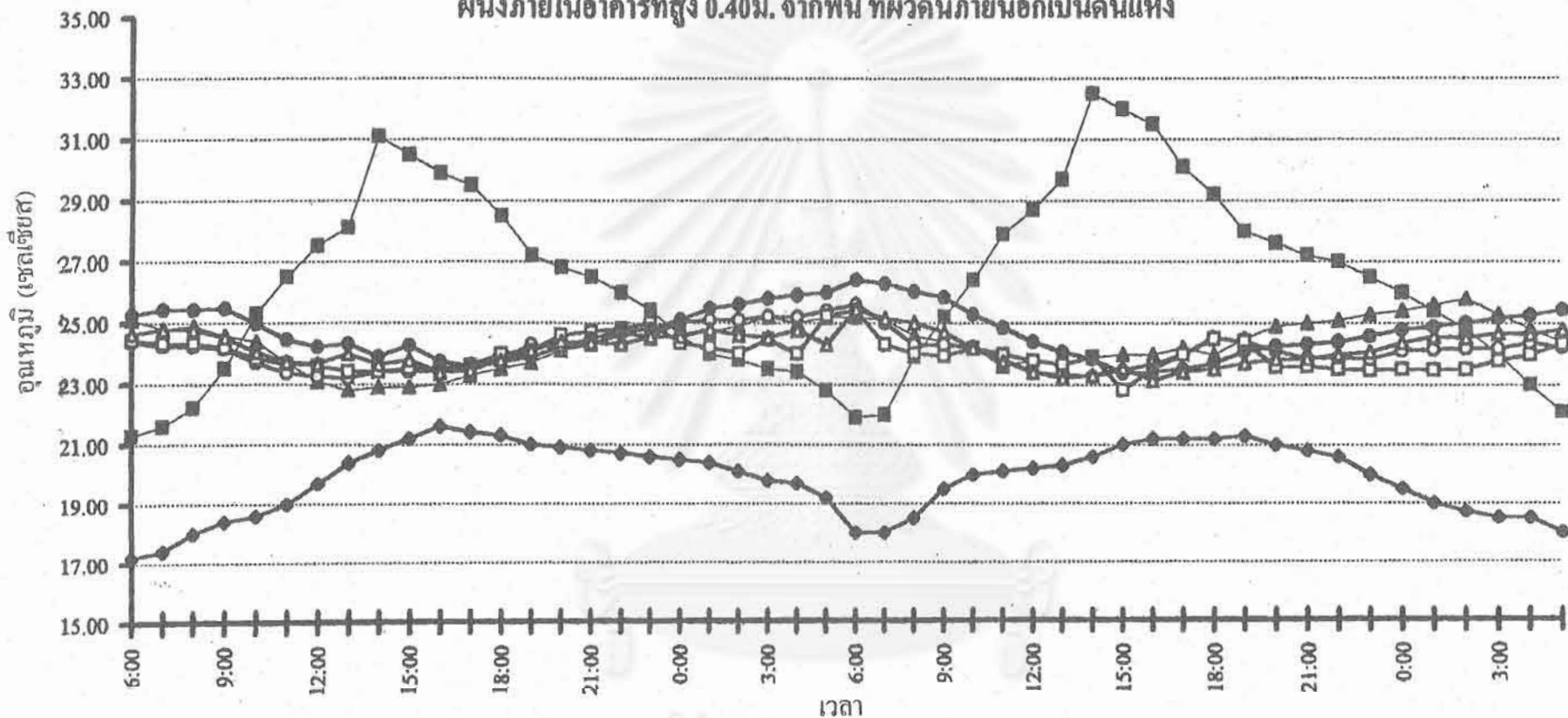
รูปที่ 2-51. แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิผิวผนัง  
ภายในที่ใต้ดินลึก 0.60 ม. ที่ลมด้วยหญ้าเปียก



รูปที่ 2-52 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิว

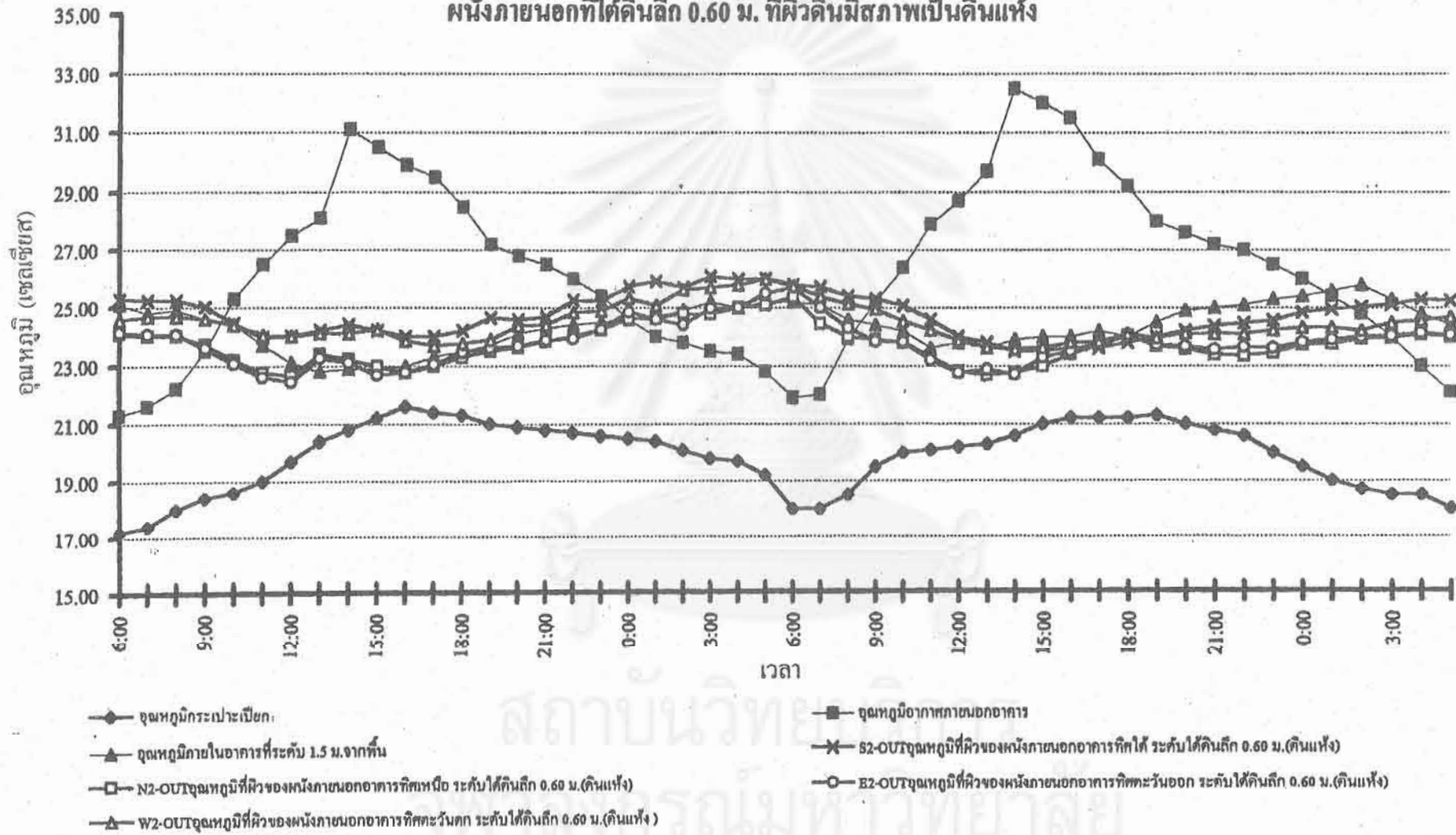
ผนังภายในอาคารที่สูง 0.40 ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นดินแห้ง

2-75



- อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- S2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (ดินแห้ง)
- S2-OUT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(ดินแห้ง)
- S2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก(ดินแห้ง)
- ▲ W2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(ดินแห้ง)

รูปที่ 2-53 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิว  
ผนังภายนอกที่ได้คินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นดินแห้ง



## ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในอาคาร

### 1.1 ภูมิอากาศภายนอก มีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2-47

- อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 33°C ที่เวลา 14.00 น.
- อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่ 22°C ที่เวลา 06.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะอยู่ระหว่าง 17-21 °C
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุดที่ 21.5°C ที่เวลา 16.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่ 17°C ที่เวลา 06.00 น.

อากาศภายในอาคารที่ระดับความสูง 1.5 ม. มีค่าต่ำกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ 8° C ในช่วงเวลา 09.00 น. - 24.00 น.

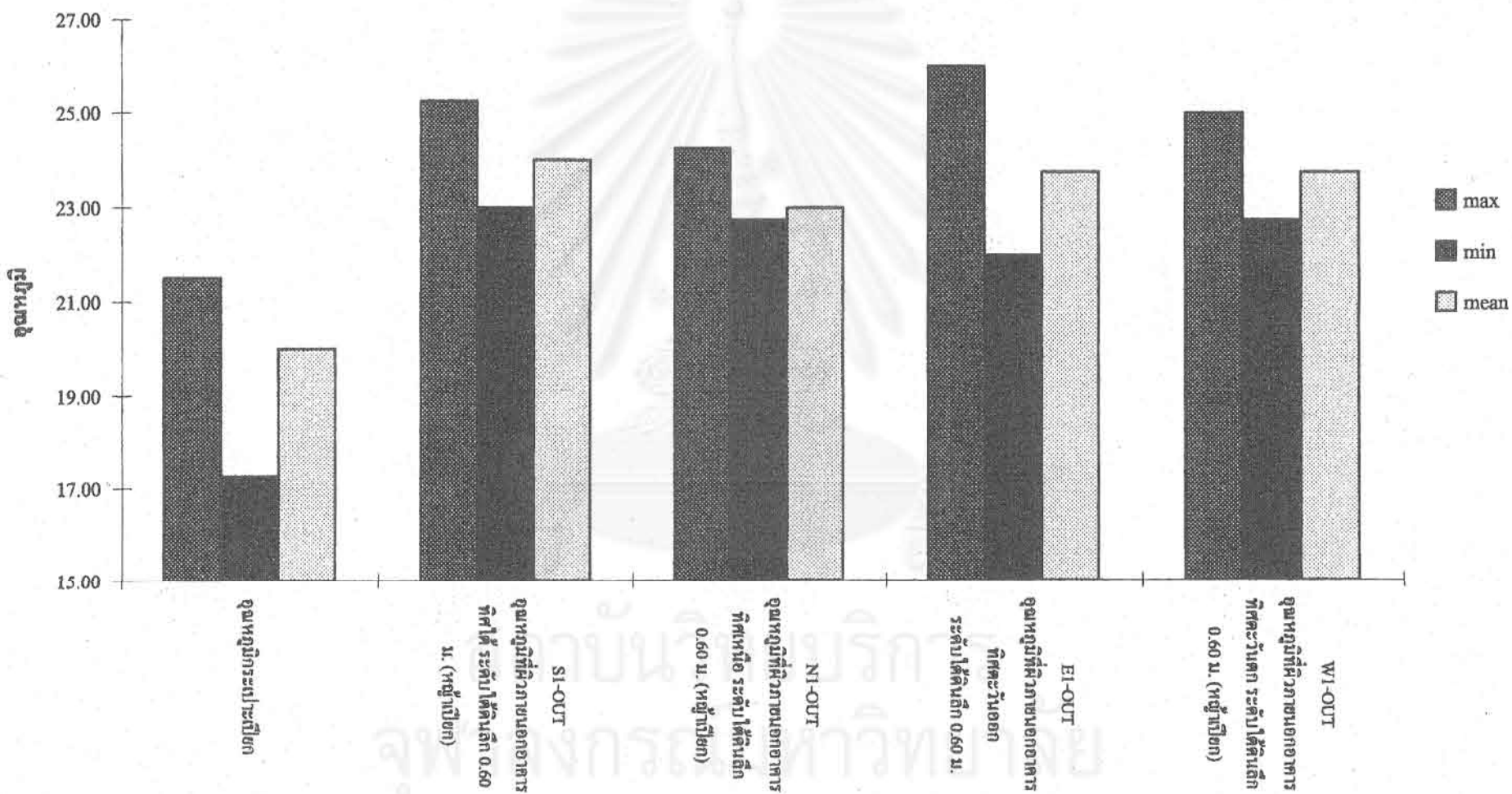
อากาศภายในอาคารที่ระดับความสูง 1.5 ม. มีค่าสูงกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ 3° C ในช่วงเวลา 24.00 น. - 09.00 น.

### ตารางที่ 2-6 แสดงอุณหภูมิสูงสุด,ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร

	D.B.TEMPERATURE		
	MAX	MIN	MEAN
อุณหภูมิอากาศ	32.50	21.30	26.29
อุณหภูมิภายในที่ 0.80 ม.ห่างจากทิศใต้ 1.00 ม.	25.70	22.30	24.13
อุณหภูมิภายในที่ 0.50 ม.	25.80	22.80	24.38
อุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดาน	27.40	22.50	24.87

จากตารางที่ 2-6 และรูปที่ 2-54 พบว่าอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 48 ชั่วโมงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก โดยเฉลี่ย

รูปที่ 2-54 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียกทั้ง 4 ทิศ



### ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง

เมื่อทำการวิจัยโดยทดสอบดินแห้งและหญ้าเปียกแล้วได้ผลทดสอบดังรูปที่ 2-55 และรูปที่ 2-56 พบว่าอุณหภูมิดินทั่วไป (ดินที่ระดับความลึก 0.60 ม.)จากรูปที่ 2-55 และรูปที่ 2-56 จะมีพฤติกรรมดังนี้คือดินในช่วงกลางวันอุณหภูมิลดลง และในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- ดินจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ  $22-24^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 16.00 น.และจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 09.00-24.00 น. โดยจะอยู่ต่ำกว่าประมาณ  $8^{\circ}\text{C}$

- ดินจะมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $25-26^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.และจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วง 24.00 น. โดยจะอยู่สูงกว่าประมาณ  $4^{\circ}\text{C}$

จากการทดลองพบว่าดินมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ และมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงใน ทิศทางตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ และจากรูปที่ 2-55 และ รูปที่ 2-56 สามารถนำมาสร้างกราฟรูปที่ 2-54 และวิเคราะห์ได้ดังนี้

- พฤติกรรมของดินจะแตกต่างตามทิศทาง โดยทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่าทิศอื่น และทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าทิศอื่น โดยมีความแตกต่าง  $2^{\circ}\text{C}$

### การวิเคราะห์เปรียบเทียบหญ้าเปียกและดินแห้ง

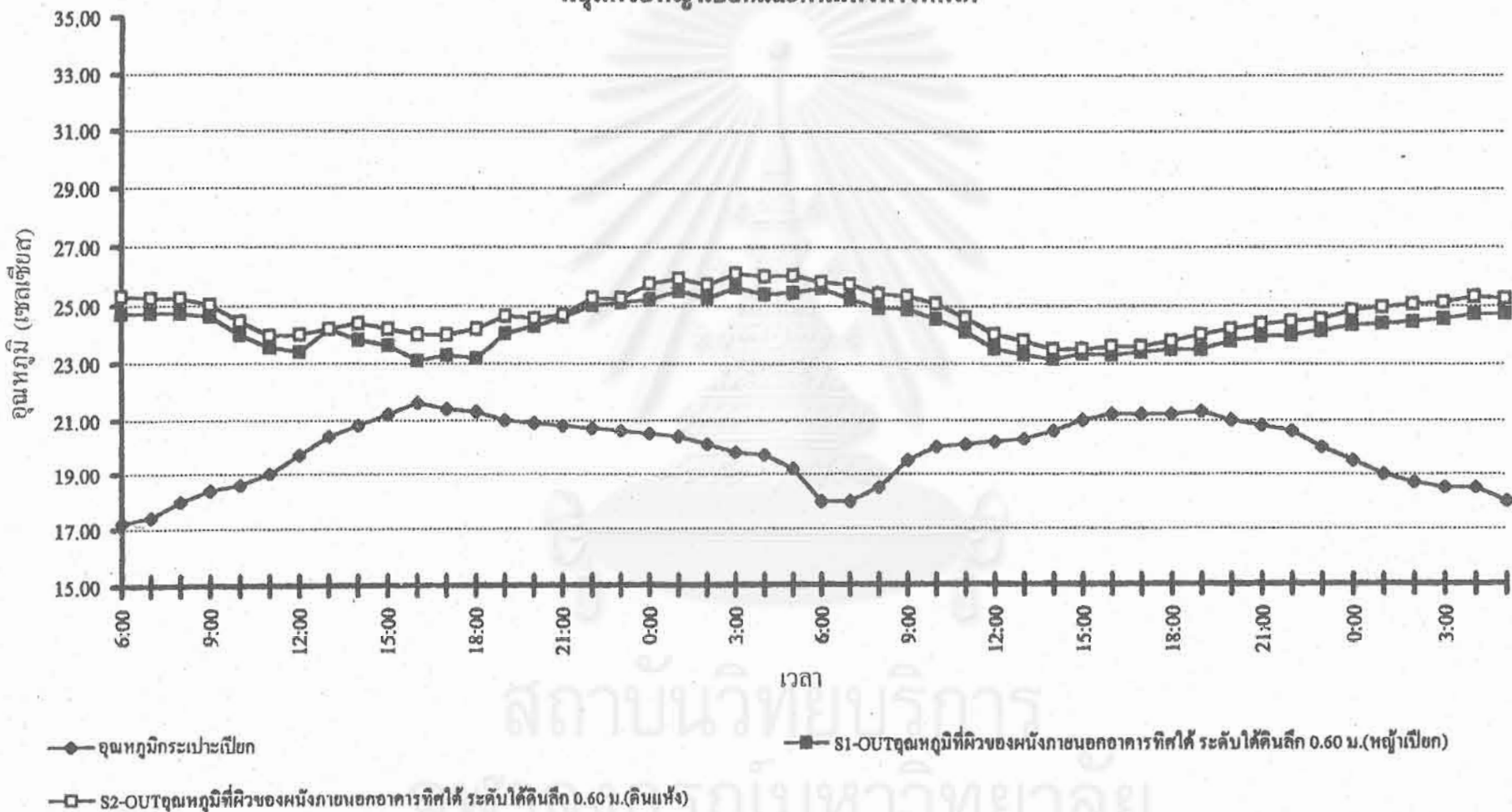
จากการทดสอบการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมงนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 2-55 ถึง 2-56 และตารางค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกได้ดิน ลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เป็นหญ้าเปียกและดินแห้ง

ตารางที่ 2-7 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุดและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียกและดินเปียก

ตำแหน่ง	สภาพผิวดิน	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
		MAX	TIME	MIN	TIME		
ทิศเหนือ	หญ้าเปียก	24.60	06.00	22.32	12.00	2.28	23.28
	ดินแห้ง	25.38	06.00	22.66	12.00	2.72	23.75
ทิศใต้	หญ้าเปียก	25.60	03.00	23.10	16.00	2.50	24.29
	ดินแห้ง	26.10	03.00	23.50	16.00	2.60	24.75
ทิศตะวันออก	หญ้าเปียก	25.10	05.00	22.16	16.00	2.94	23.50
	ดินแห้ง	25.70	05.00	22.44	15.00	3.26	23.79
ทิศตะวันตก	หญ้าเปียก	25.31	04.00	23.11	16.00	2.20	23.98
	ดินแห้ง	26.00	06.00	23.56	17.00	2.44	24.46

รูปที่ 2-55 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวผนังใต้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้งทางทิศใต้

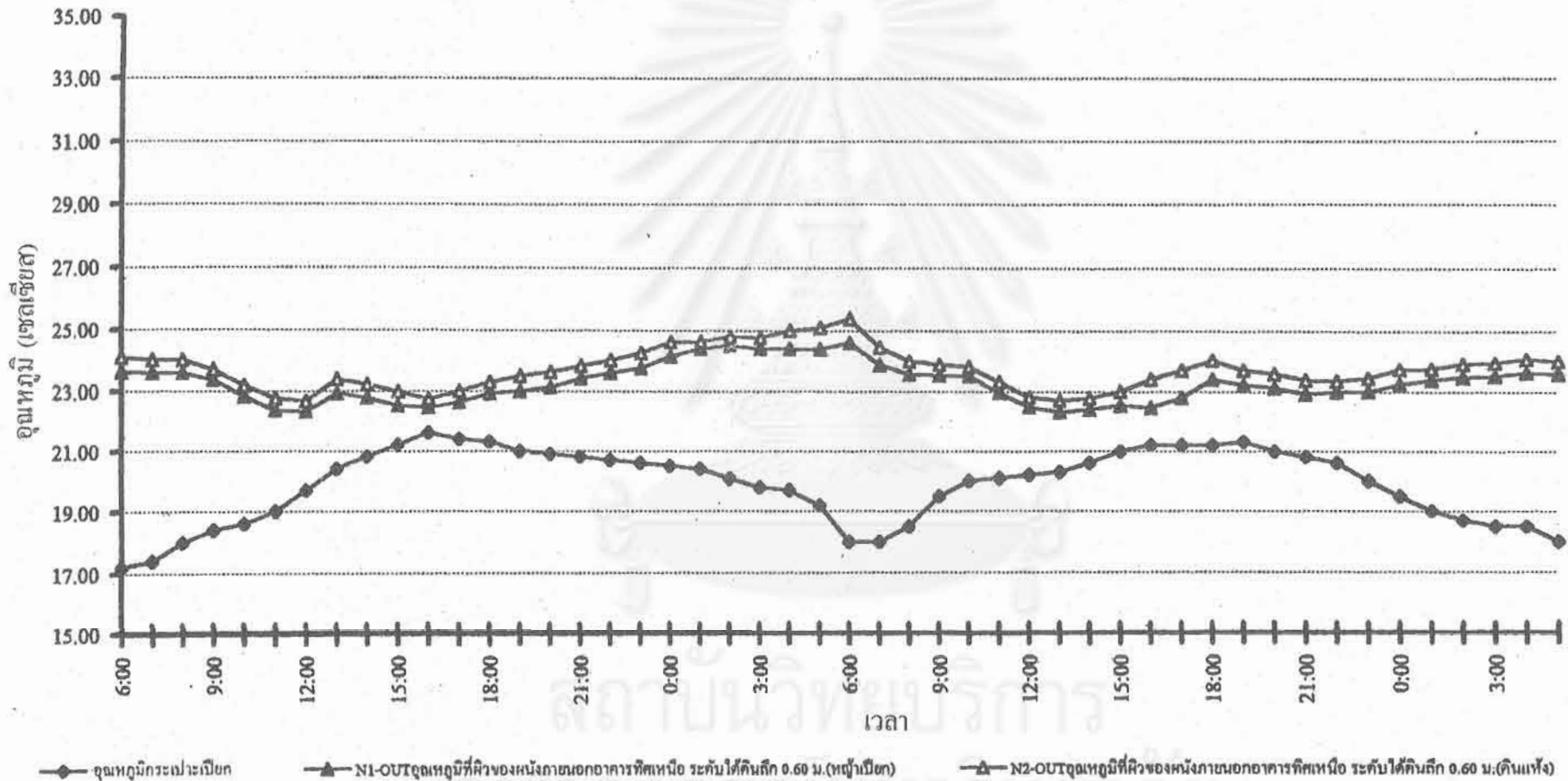
2-80



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-56 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดิน ลึก 0.60 ม.ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง



2-81

จากการทดสอบอุณหภูมิได้ผิวหน้าเปียกและดินเปียกสรุปได้ดังนี้

ทิศเหนือ อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกอาคารใต้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกจะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกใต้ดินเปียก  $0.37^{\circ}\text{C}$

ทิศใต้ อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของดินเปียก  $0.46^{\circ}\text{C}$   
ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิดินเปียก  $0.46^{\circ}\text{C}$

ทิศตะวันออก อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของดินเปียก  $0.29^{\circ}\text{C}$   
ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิดินเปียก  $0.5-1^{\circ}\text{C}$

ทิศตะวันตก อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะต่ำกว่าอุณหภูมิของดินเปียก  $0.48^{\circ}\text{C}$   
ในขณะที่อุณหภูมิโดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกต่ำกว่าอุณหภูมิดินเปียก  $0.5-1^{\circ}\text{C}$

สรุปได้ว่าอุณหภูมิระหว่างหญ้าเปียกและดินเปียก มีความแตกต่างกัน  $0.5-1.0^{\circ}\text{C}$  จะมีความแตกต่างกันในด้านทิศได้มากที่สุด

จากรูปที่ 2-55 ถึง 2-58 มีสาระสำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ทิศใต้ - ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 00.00-09.00 น. โดยมีค่าระหว่าง  $25-26^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $1^{\circ}\text{C}$  และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอยู่  $4^{\circ}\text{C}$
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในอากาศ ในช่วงเวลา 09.00-20.00 น. โดยมีค่าระหว่าง  $23.5-24.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $1^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $7-8^{\circ}\text{C}$

- ทิศเหนือ - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 24.00-08.00 น. โดยมีค่าประมาณ  $24^{\circ}\text{C}$  จะอยู่ในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $1^{\circ}\text{C}$
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 08.00 น. - 24.00 น. โดยมีค่าระหว่าง  $22.5-23^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ภายนอก  $9^{\circ}\text{C}$

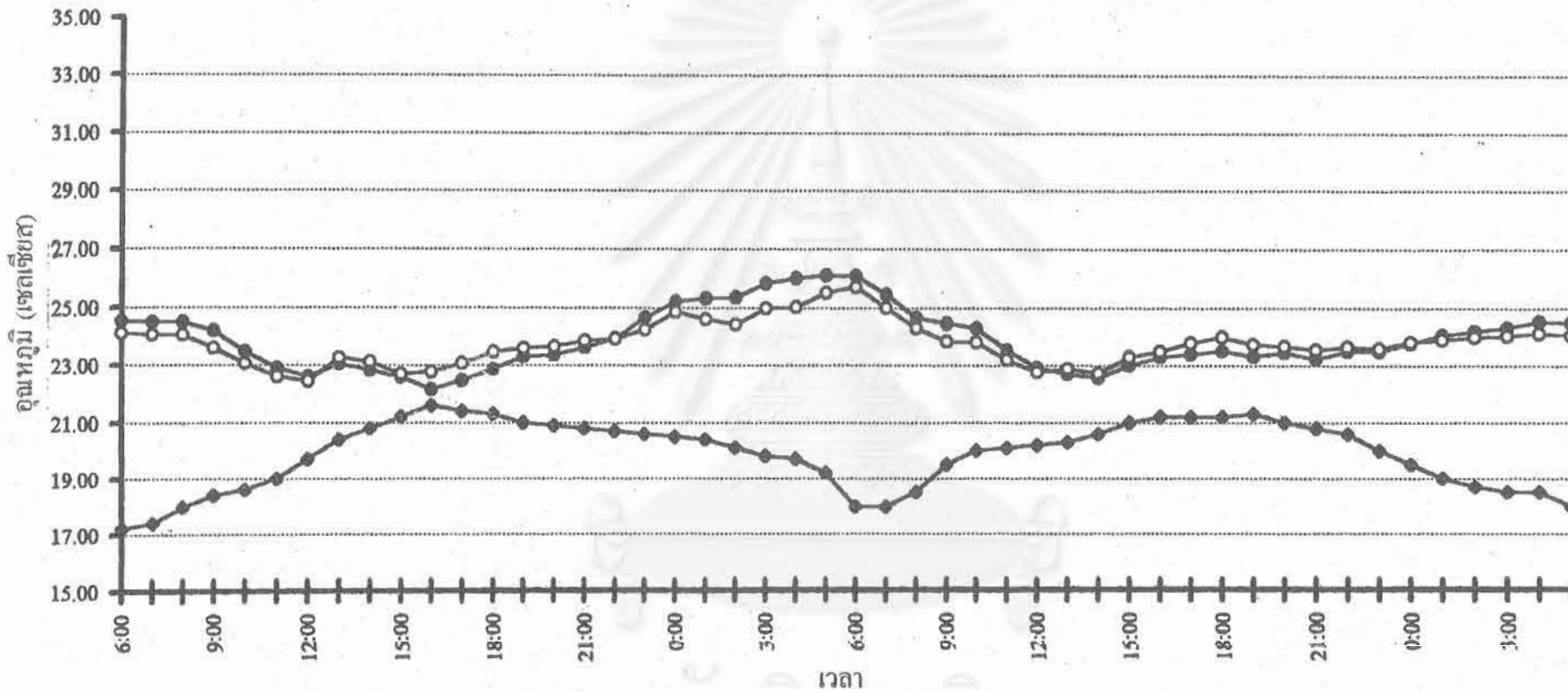
- ทิศตะวันออก - दिनมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 23.00-09.00 น.ของ  
วันถัดไปโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ  $26^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิห้อง  
 $1-1.5^{\circ}\text{C}$  และจะอยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ  $4^{\circ}\text{C}$
- दिनมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 23.00 น.- 09.00 น.ของ  
วันถัดไปโดยมีค่าต่ำสุดประมาณ  $22.5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ  
ภายในห้อง  $0.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $9^{\circ}\text{C}$



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-57 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระเปาะเปียกและ อุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดิน ลึก 0.60 ม.ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง

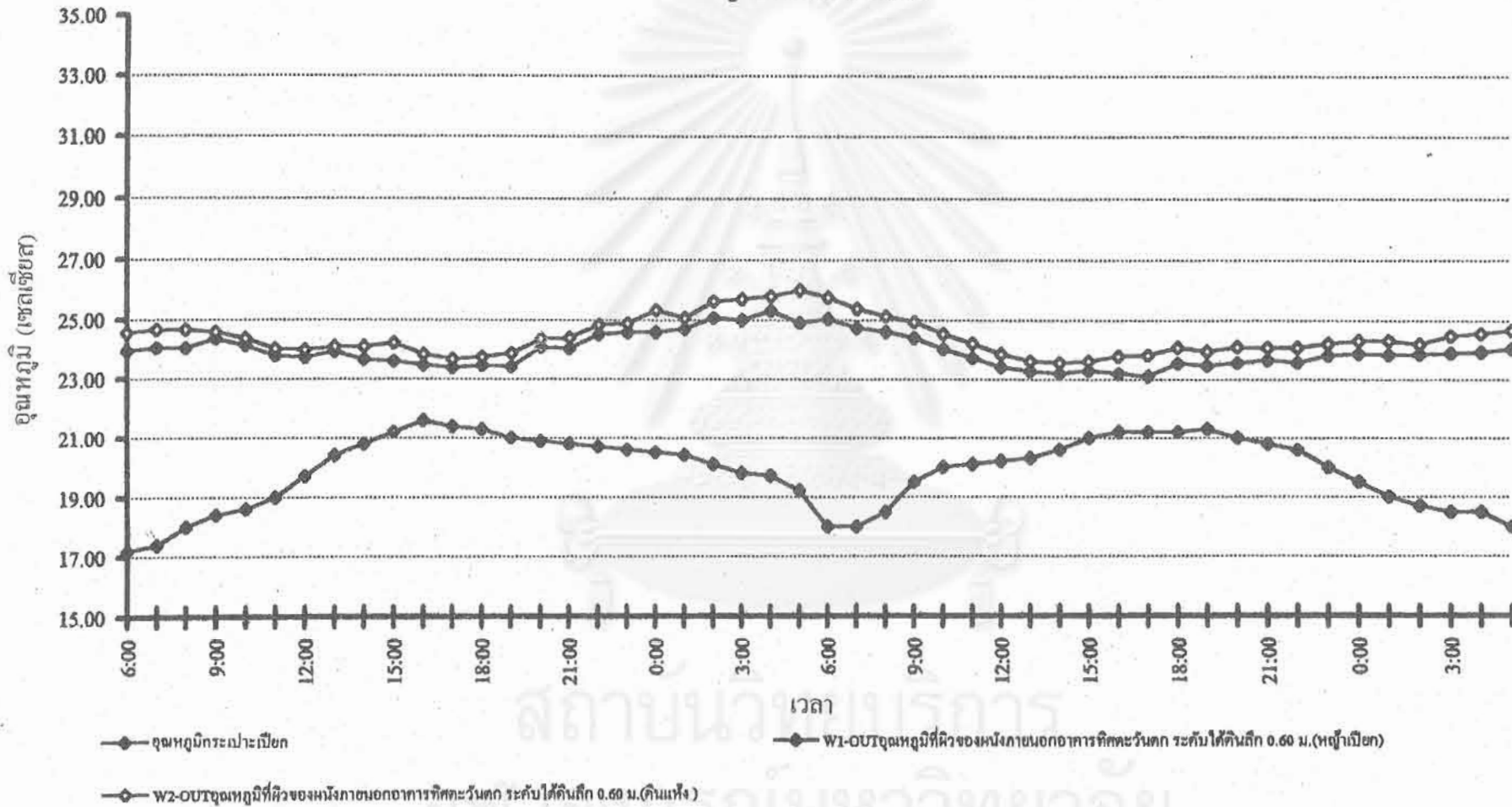
2-84



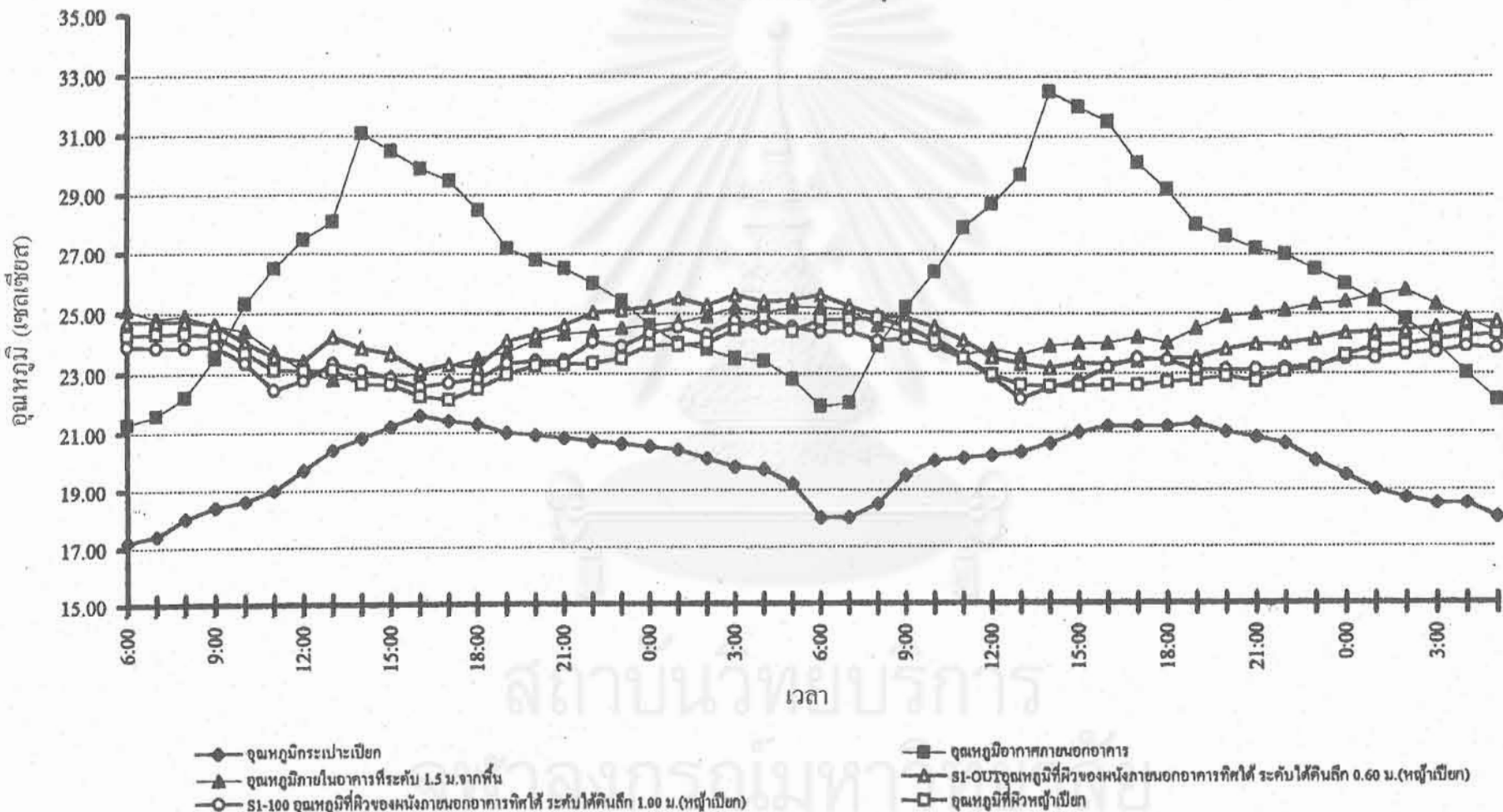
- อุณหภูมิระเปาะเปียก
- E1-OUT อุณหภูมิผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม. (หญ้าเปียก)
- E2-OUT อุณหภูมิผิวของผนังภายนอกอาคารทิศตะวันออก ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม. (ดินแห้ง)

สถาบันวิจัยบริการ  
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-58 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตก ระหว่างหน้าเปียกและดินแห้ง



รูปที่ 2-59 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิได้ดิน  
ทางทิศใต้ ที่ระดับต่างๆ



ทิศตะวันตก - ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 00.00-09.00 น. โดยมีค่าสูงสุดประมาณ  $25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.5-1^{\circ}\text{C}$  และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $4^{\circ}\text{C}$

- มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 09.00-24.00 น. โดยมีค่าต่ำสุดประมาณ  $23.5^{\circ}\text{C}$  โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในห้อง  $0.5^{\circ}\text{C}$  และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก  $7^{\circ}\text{C}$

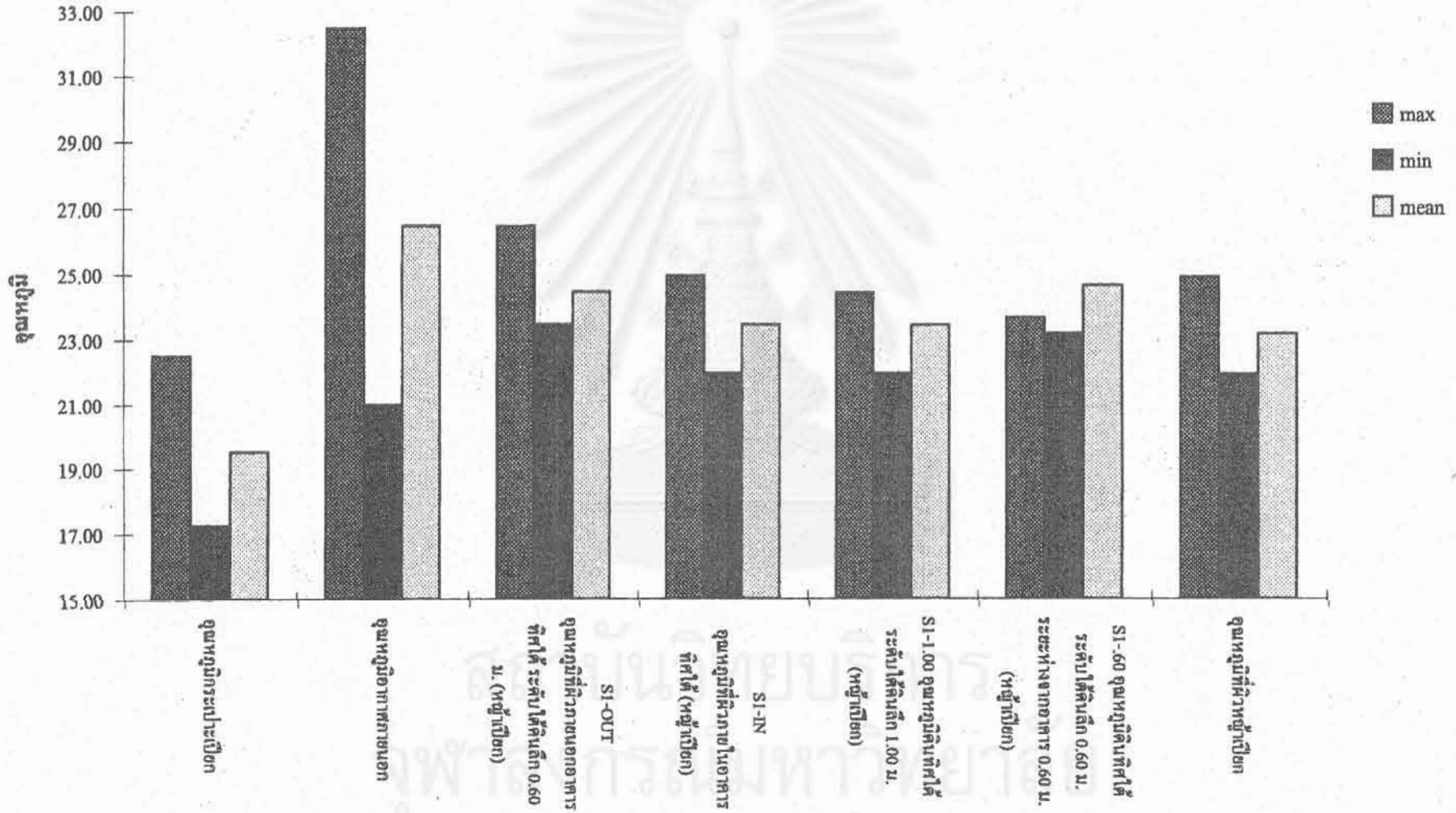
#### ผลการวิเคราะห์อิทธิพลจากความลึกของดิน

การทดลองทำการฝังสายสัญญาณที่ได้ดินลึกระดับ 1.00 ม. และ 0.60 ม. พบว่าอุณหภูมิที่ระดับ 1.00 ม. จะมีอุณหภูมิก่อนข้างจะคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิที่ระดับ 0.60 ม. ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  ดังแสดงในรูปที่ 2-59 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินที่ความลึกมากขึ้น จะมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ตลอดเวลา
2. ดินที่ระดับความลึกมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าระดับที่สูงกว่า

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-60 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ





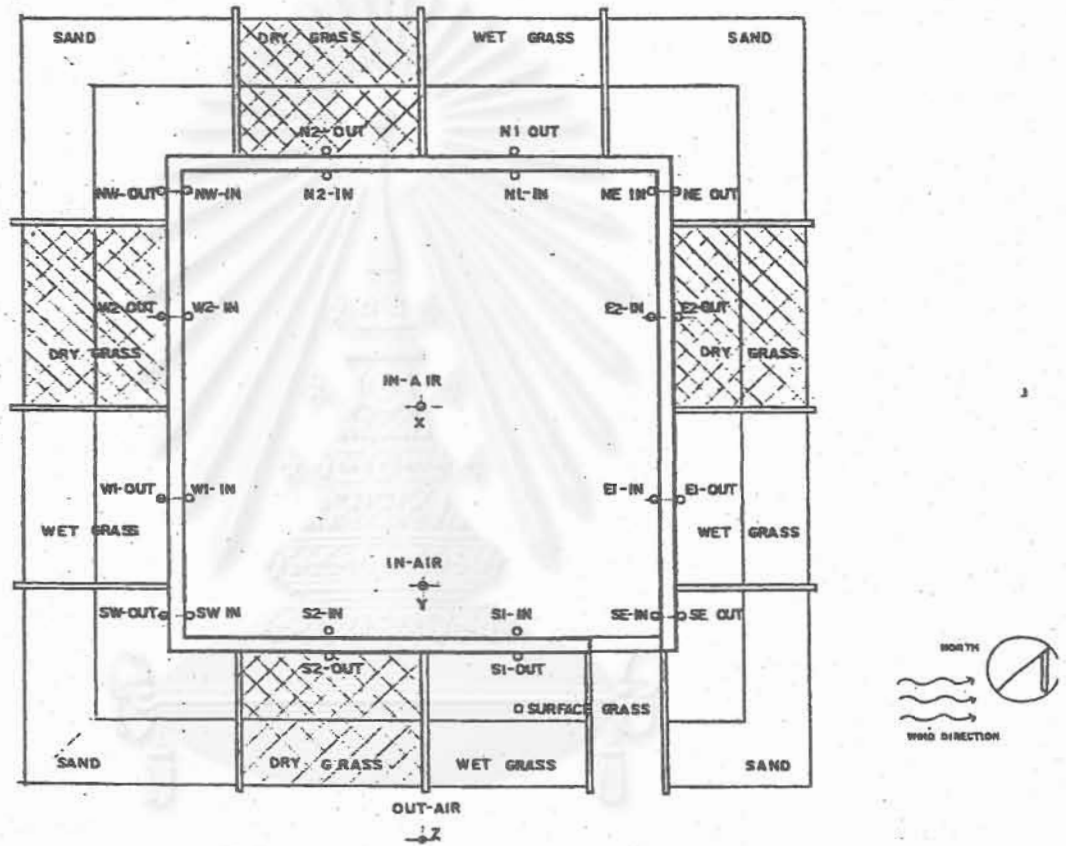
### 2.3.5 การวิจัยทดสอบดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน ตลอด 48 ชั่วโมง

วันเวลาที่เก็บข้อมูล 06.00 น. วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2539  
ถึง 06.00 น. วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2539

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผิวหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน การวิจัยได้เลือกใช้  
ต้นไม้คลุมดินที่มีความสูงจากพื้น 15 ซม. ทำการปลูกในวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2539 และทิ้งระยะ  
เวลาไว้ 2 สัปดาห์ จึงทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงต่อเนื่อง แล้วจึงนำมา  
วิเคราะห์โดยการสร้างกราฟเส้นและกราฟแท่ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่ 2. การวิจัยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินและอุณหภูมิดินที่มีพืชปกคลุม รดน้ำทุก 2 ชั่วโมงระหว่างบริเวณที่มีร่มเงาและปราศจากร่มเงา ตลอดระยะเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 2-61 แสดงผังการทดสอบผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและที่รกรกดิน 48 ชั่วโมง

## ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในอาคาร

### 1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก มีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2-62

- อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่  $35^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 14.00 น.
- อุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่  $23^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะอยู่ระหว่าง  $19.22^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุดที่  $22^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่  $19^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.

กราฟอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกเช่นเดียวกับการทดลองทั้ง 4 ครั้งที่ผ่านมาถึงแม้การทดลองในครั้งที่ 5 อากาศภายนอกเริ่มร้อนมากขึ้นจากครั้งที่ 1 ประมาณ  $4^{\circ}\text{C}$

### 1.2 อุณหภูมิภายในอาคาร

อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ  $11^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 08.00 น. - 02.00 น. ของวันถัดไป

อากาศภายในอาคารที่ 1.5 ม. จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกอาคารประมาณ  $3^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 02.00 น. - 08.00 น.

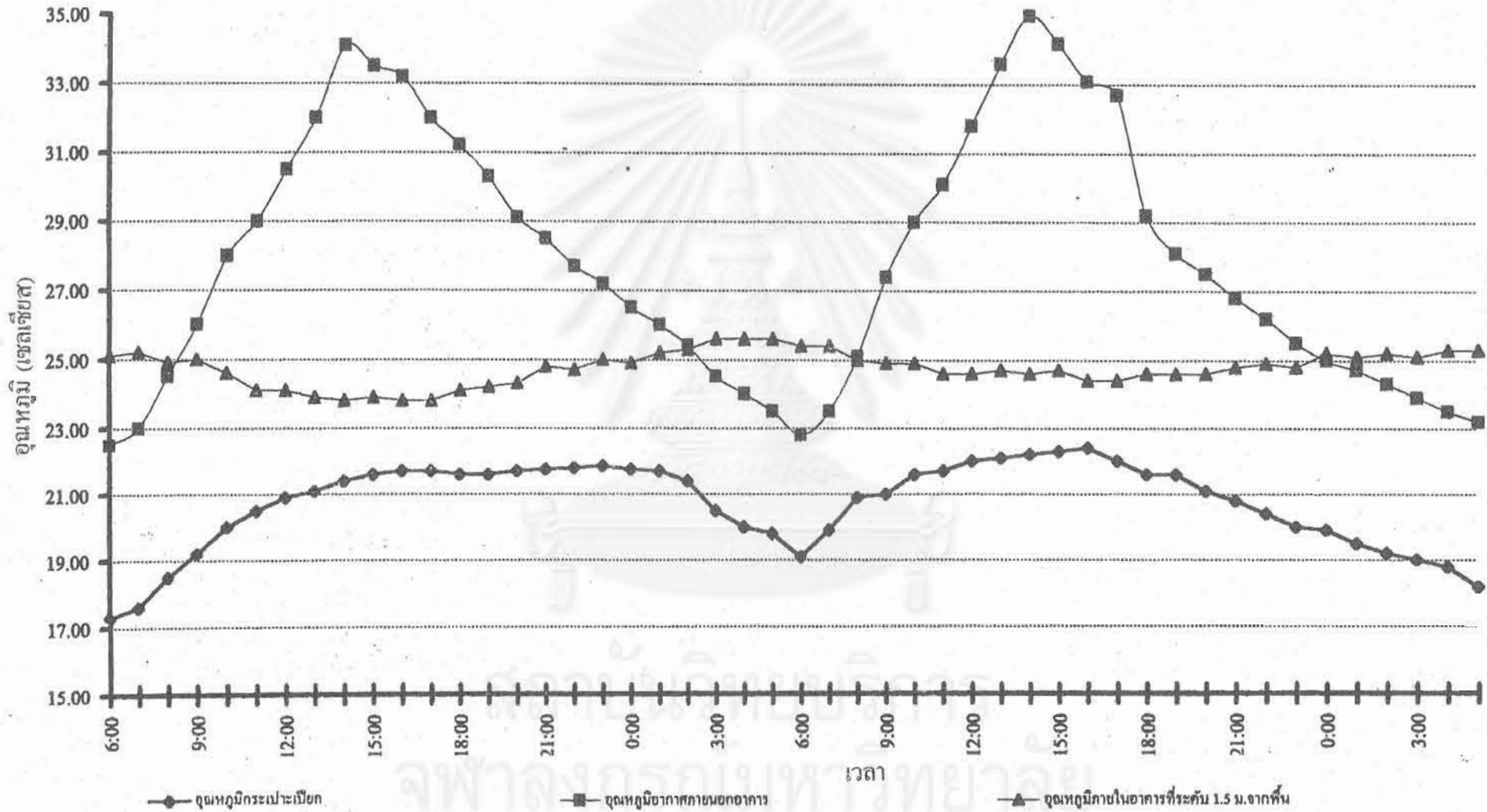
### ตารางที่ 2-8 แสดงอุณหภูมิสูงสุด,ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยภายในอาคาร

	D.B. TEMPERATURE		
	MAX	MIN	MEAN
อุณหภูมิอากาศ	35.00	22.50	27.88
อุณหภูมิภายในที่ 0.80 ม.ห่างจากทิศใต้ 1.00 ม.	26.00	23.60	24.66
อุณหภูมิภายในที่ 1.50 ม.	25.60	23.80	24.76
อุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดาน	29.50	26.50	27.59

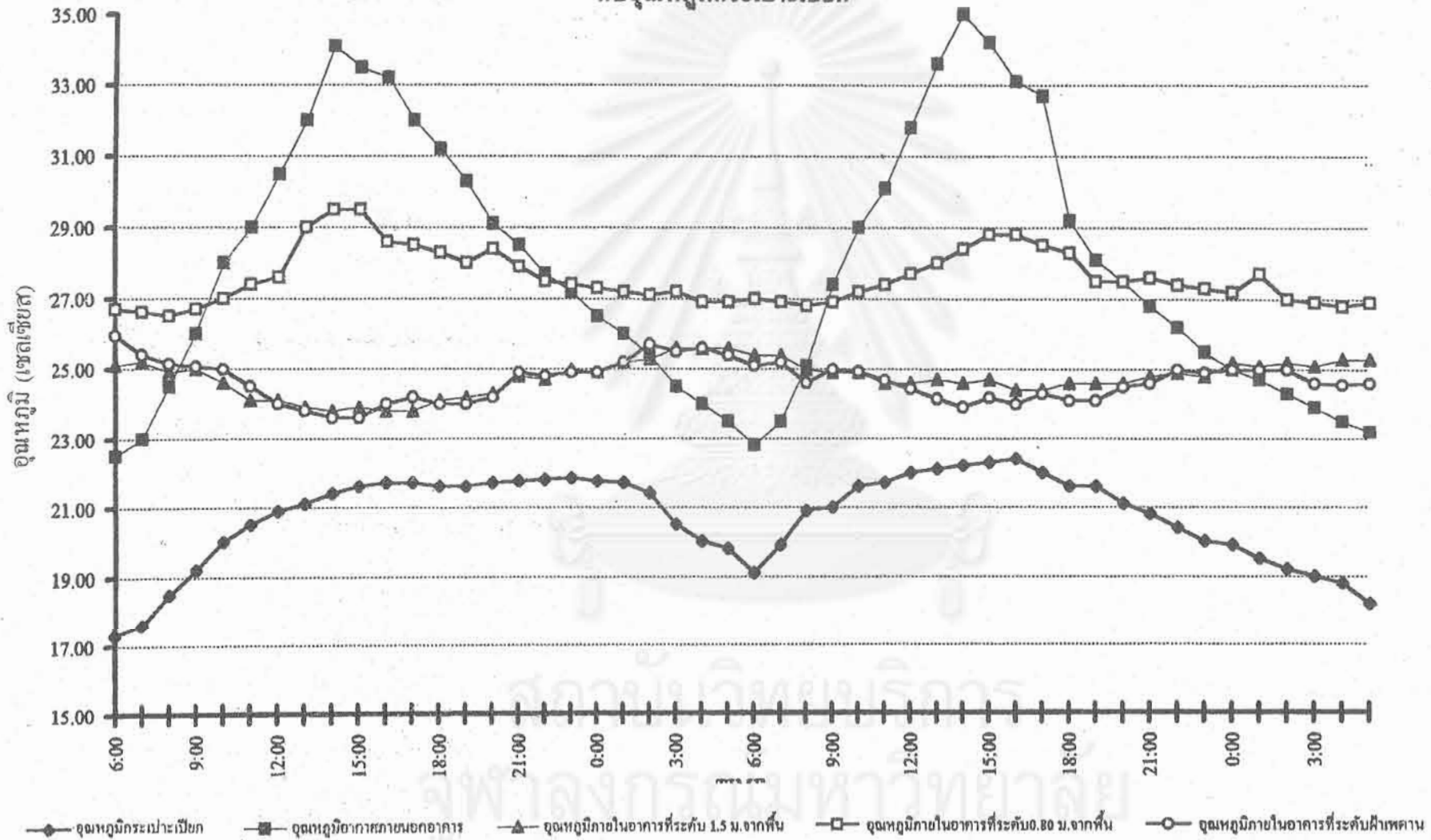
จากตารางที่ 2-8 และกราฟในรูปที่ 2-64 พบว่าอุณหภูมิที่เหนือฝ้าเพดานจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 48 ชั่วโมงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในอาคารโดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ย

รูปที่ 2-82 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก

2-92

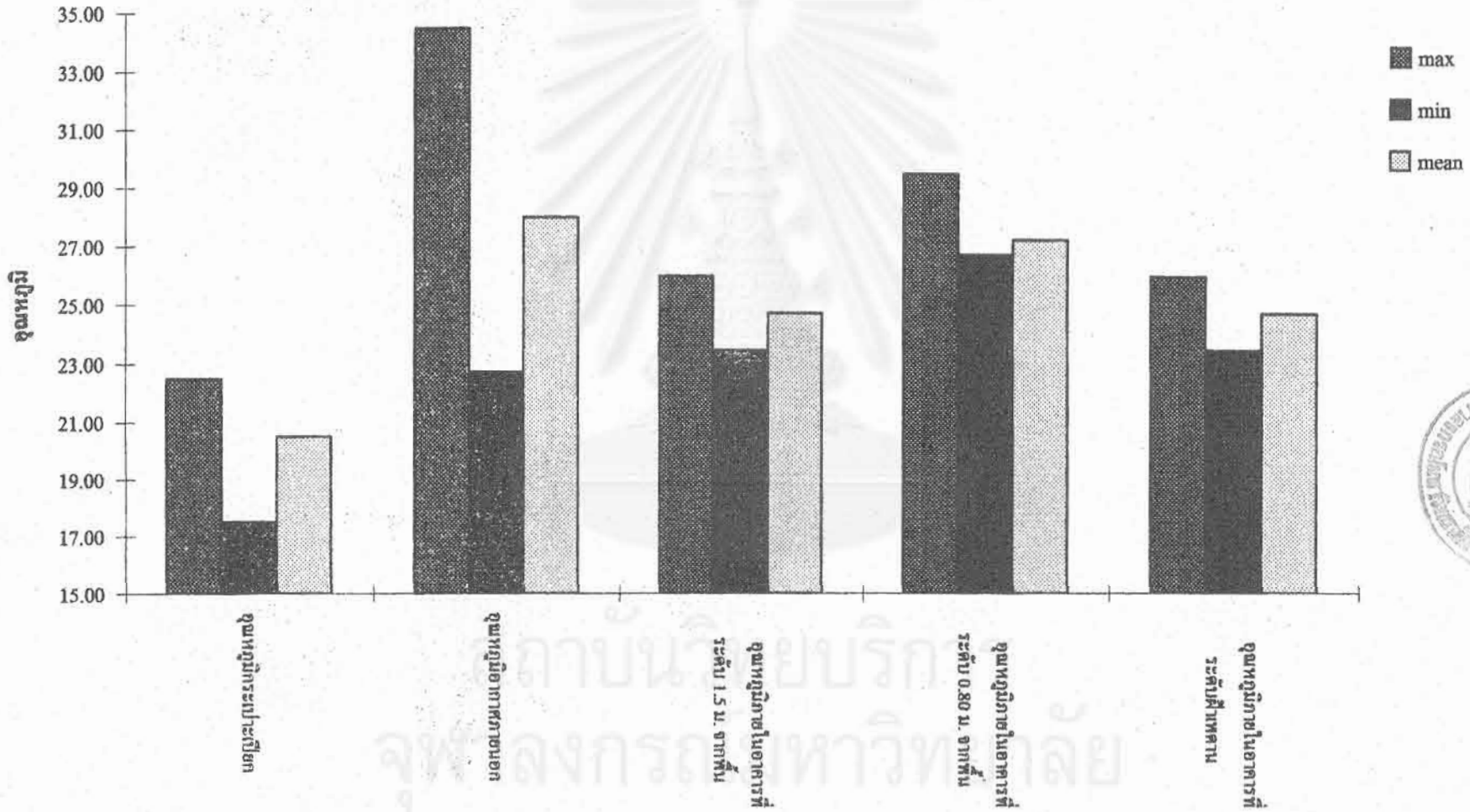


รูปที่ 2-63 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับแตกต่างกัน  
กับอุณหภูมิระเปาะเปียก



2-93

รูปที่ 2-64 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคาร



### ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน

การวิจัยทำการรดน้ำผิวหญ้าให้เปียกชุ่มทุก 2 ชั่วโมง และรดน้ำให้พืชคลุมดินช่วงเช้า และเย็น ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 2-65 และ 2-66

พฤติกรรมของอุณหภูมิดินทั่วไป (ดินที่ระดับลึก 0.60 ม.) จากรูปที่ 2-65 และ 2-66 พบว่าในช่วงกลางวันดินมีอุณหภูมิลดลง และในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา

- ดินมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 23-24°C ที่เวลา 15.00 น. และมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วง 09.00-02.00 น. ของวันถัดไป โดยมีค่าต่ำกว่าประมาณ 10 °C

- ดินมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 25-26°C ที่เวลา 06.00 น. และมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วง 02.00 น. โดยมีค่าสูงกว่าประมาณ 3°C

จากการทดลองพบว่าดินมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ และมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ จากรูปที่ 2-65 และ 2-66 สามารถนำมาสร้างกราฟในรูปที่ 2-69 และวิเคราะห์ได้ดังนี้

- พฤติกรรมของดินจะแตกต่างตามทิศทาง โดยดินทางทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงกว่าดินทางทิศอื่น และดินทางทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินทางทิศอื่น โดยมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของดินทางทิศใต้และดินทางทิศเหนือประมาณ 2°C

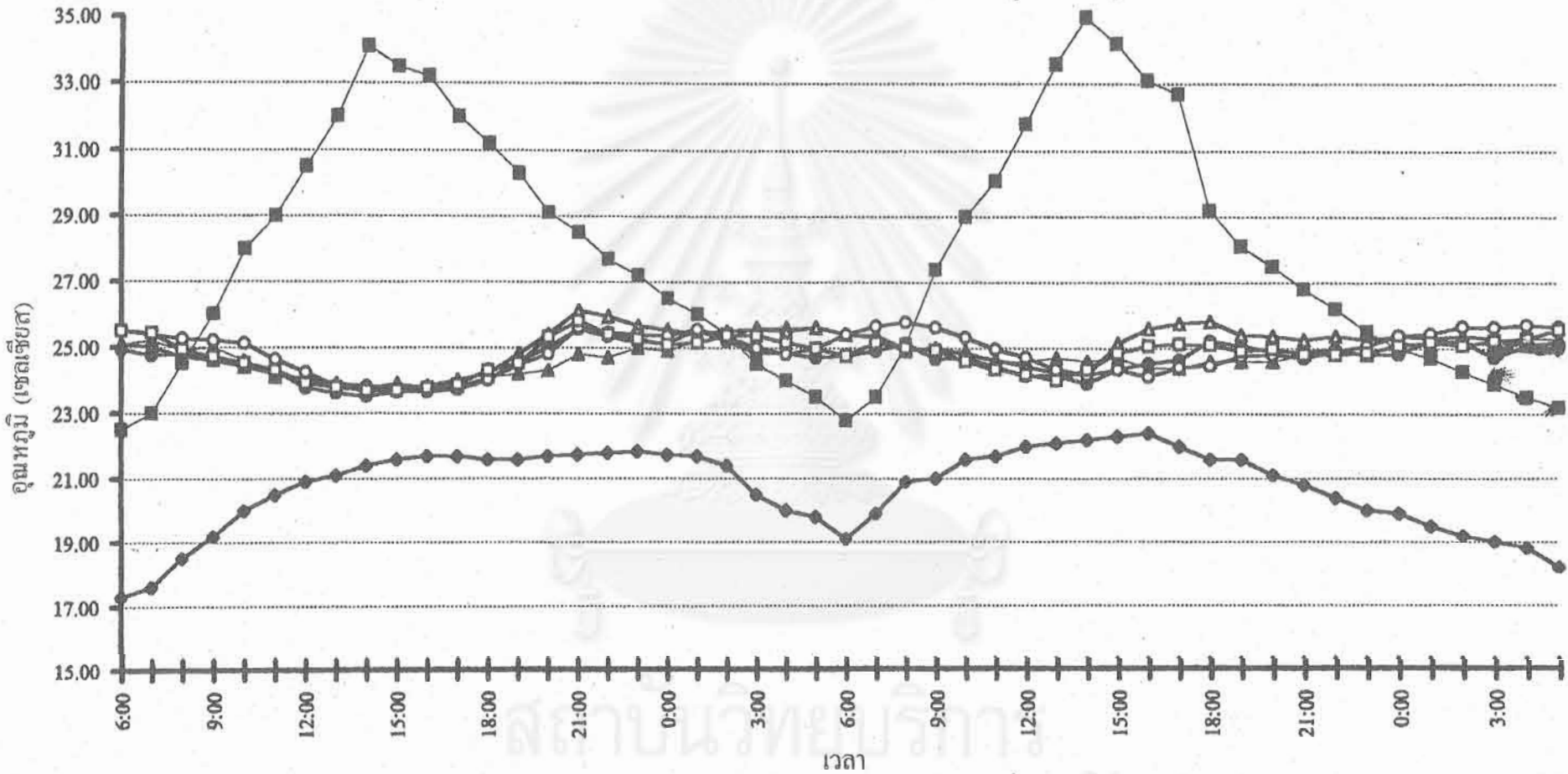
### การวิเคราะห์เปรียบเทียบหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน

จากการทดสอบการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมงนำมาสร้างกราฟ ในรูปที่ 2-65 ถึง 2-69 และตารางค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกได้ดิน ลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่เป็นหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน

ตารางที่ 2-9 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 ม. ของหญ้าเปียก และดินเปียก

ตำแหน่ง	สภาพผิวดิน	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
		MAX	TIME	MIN	TIME		
ทิศเหนือ	หญ้าเปียก	25.40	01.00	23.27	15.00	2.13	24.55
	พืชคลุมดิน	25.10	02.00	22.82	16.00	2.28	24.11
ทิศใต้	หญ้าเปียก	25.90	22.00	23.50	15.00	2.40	25.09
	พืชคลุมดิน	24.50	21.00	22.20	15.00	2.30	23.52
ทิศตะวันออก	หญ้าเปียก	25.70	21.00	23.44	15.00	2.26	24.73
	พืชคลุมดิน	24.90	21.00	22.30	15.00	2.60	23.71
ทิศตะวันตก	หญ้าเปียก	25.50	01.00	23.60	15.00	1.90	24.65
	พืชคลุมดิน	24.60	01.00	22.90	15.00	1.70	23.95

รูปที่ 2-85 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับอุณหภูมิมิวผนัง  
ภายในอาคารที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้น ที่วัดดินภายนอกปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

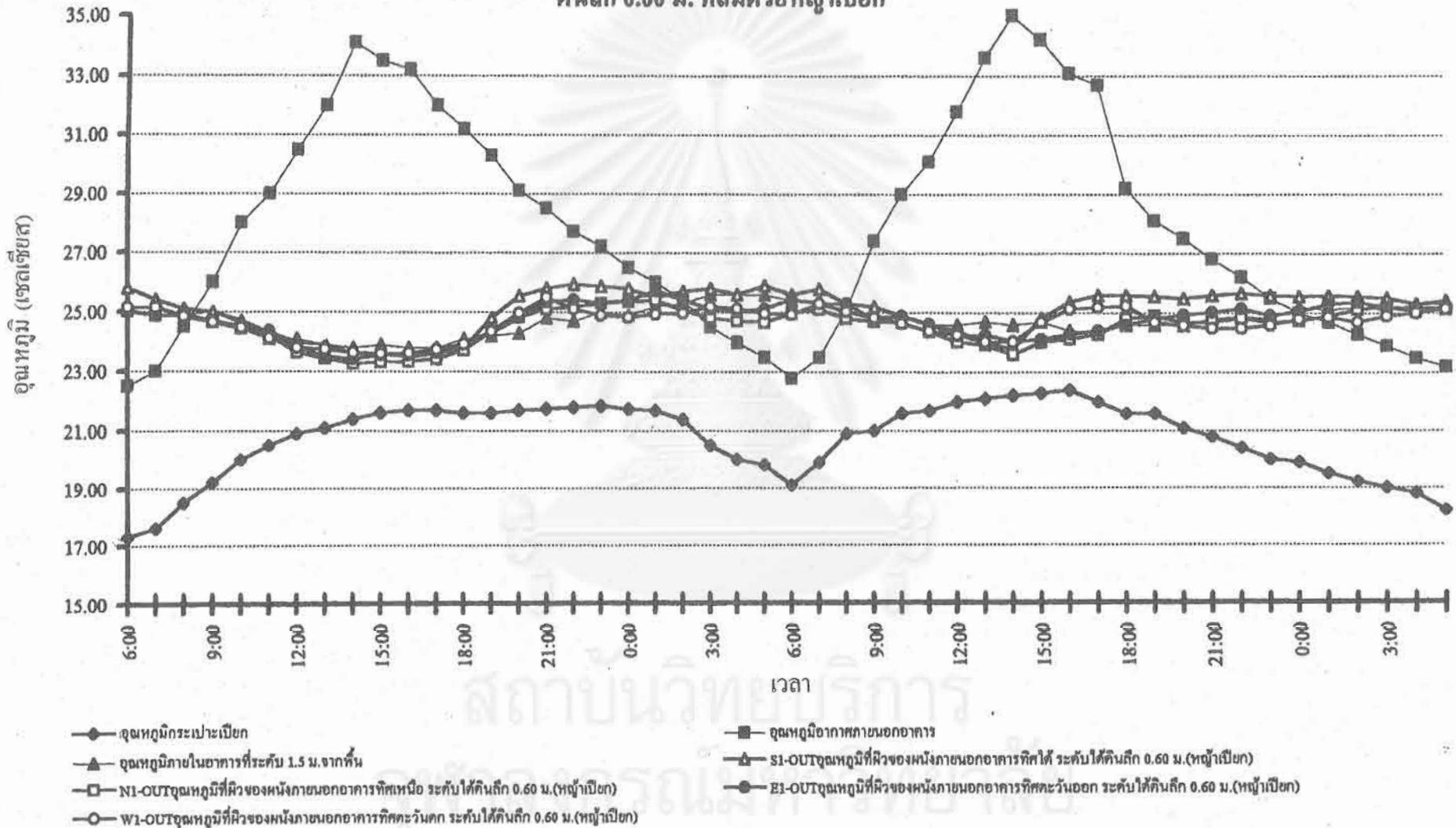


- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- ▲ SI-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (หญ้าเปียก)
- NI-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(หญ้าเปียก)
- E1-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก (หญ้าเปียก)
- WI-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(หญ้าเปียก)



รูปที่ 2-88 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระเปาะเป็ยก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก และอุณหภูมิผิวผนังภายในที่ได้

ดินลึก 0.60 ม. ที่ถมด้วยหญ้าเป็ยก



ตารางที่ 2-10 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินมีความลึก 0.60 ม. ของหญ้า  
เปียกและดินเปียก

ตำแหน่ง	สภาพผิวดิน	MAX	MIN	$\Delta T$	MEAN
ทิศเหนือ	ดินเปียก หญ้าเปียก	25.5	21.0	4.5	23.0
ทิศใต้	ดินเปียก หญ้าเปียก	26.0	23.5	2.5	24.0
ทิศตะวันออก	ดินเปียก หญ้าเปียก	25.75	22.0	3.75	23.0
ทิศตะวันตก	ดินเปียก หญ้าเปียก	25.25	21.0	4.25	22.75

ตารางที่ 2-10 แสดงค่าสูงสุดต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินที่ความลึก 0.60 ม. ของ  
หญ้าเปียกและดินเปียก จากการทดสอบอุณหภูมิได้ผิวดินหญ้าเปียกและดินเปียกสรุปได้ดังนี้

ทิศเหนือ อุณหภูมิที่ผิวนิ่งภายนอกอาคาร ได้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกจะมีค่าเฉลี่ย  
สูงกว่าอุณหภูมิผิวนิ่งภายนอกได้ดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  $0.44^{\circ}\text{C}$

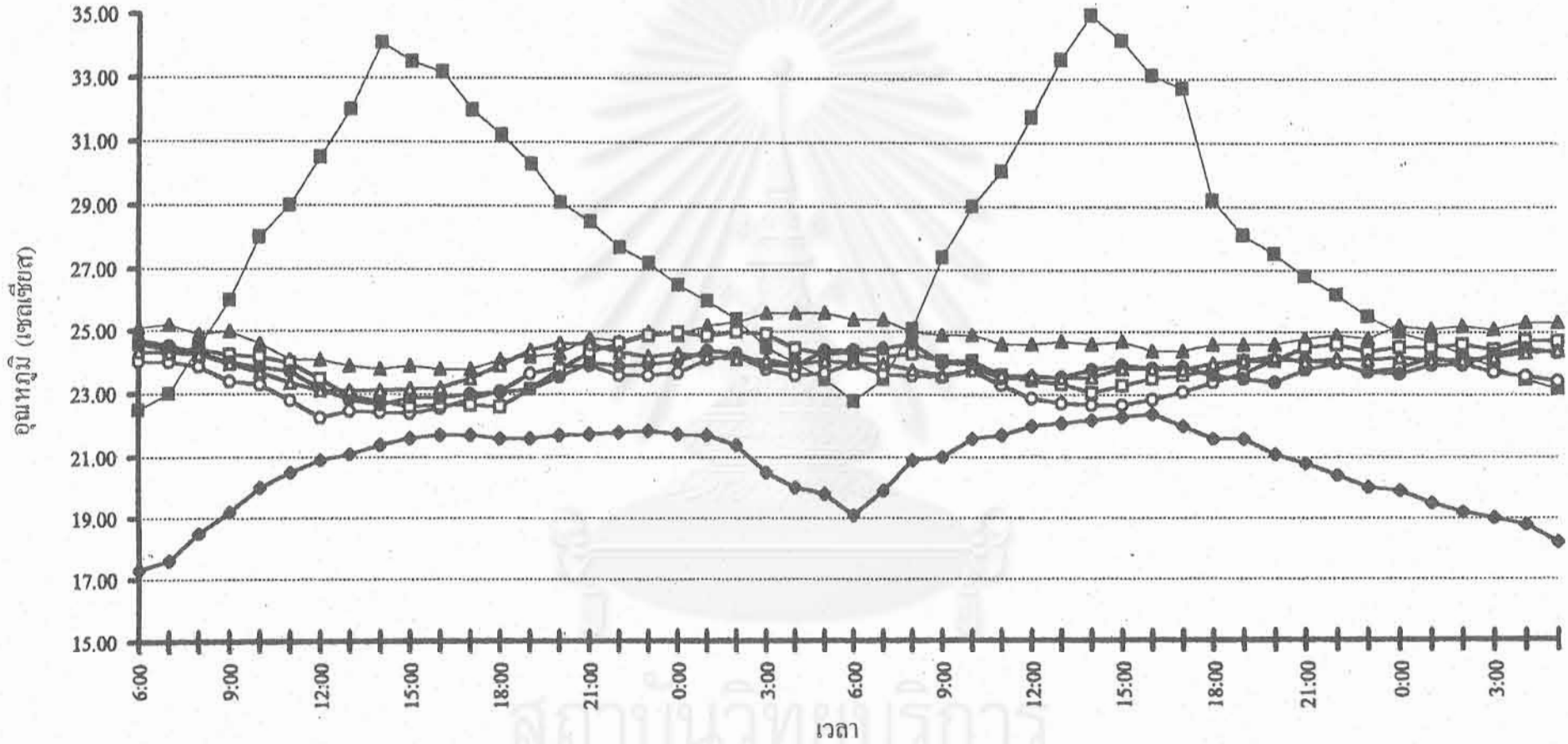
ทิศใต้ อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะสูงกว่าอุณหภูมิของดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดินเปียก  
 $1.57^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่โดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  $1.50-$   
 $2.00^{\circ}\text{C}$

ทิศตะวันออก อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะสูงกว่าอุณหภูมิของดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  
 $1.02^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่โดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกสูงกว่าอุณหภูมิดิน ที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  $1-$   
 $1.5^{\circ}\text{C}$

ทิศตะวันตก อุณหภูมิของหญ้าเปียกจะสูงกว่าอุณหภูมิของดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  
 $0.70^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่โดยทั่วไป อุณหภูมิหญ้าเปียกสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  
 $0.5-1^{\circ}\text{C}$

สรุปได้ว่าอุณหภูมิระหว่างหญ้าเปียกและดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดินมีความแตกต่าง  
กัน  $1.5-2.0^{\circ}\text{C}$  จะมีความแตกต่างกันในด้านทิศได้มากที่สุด

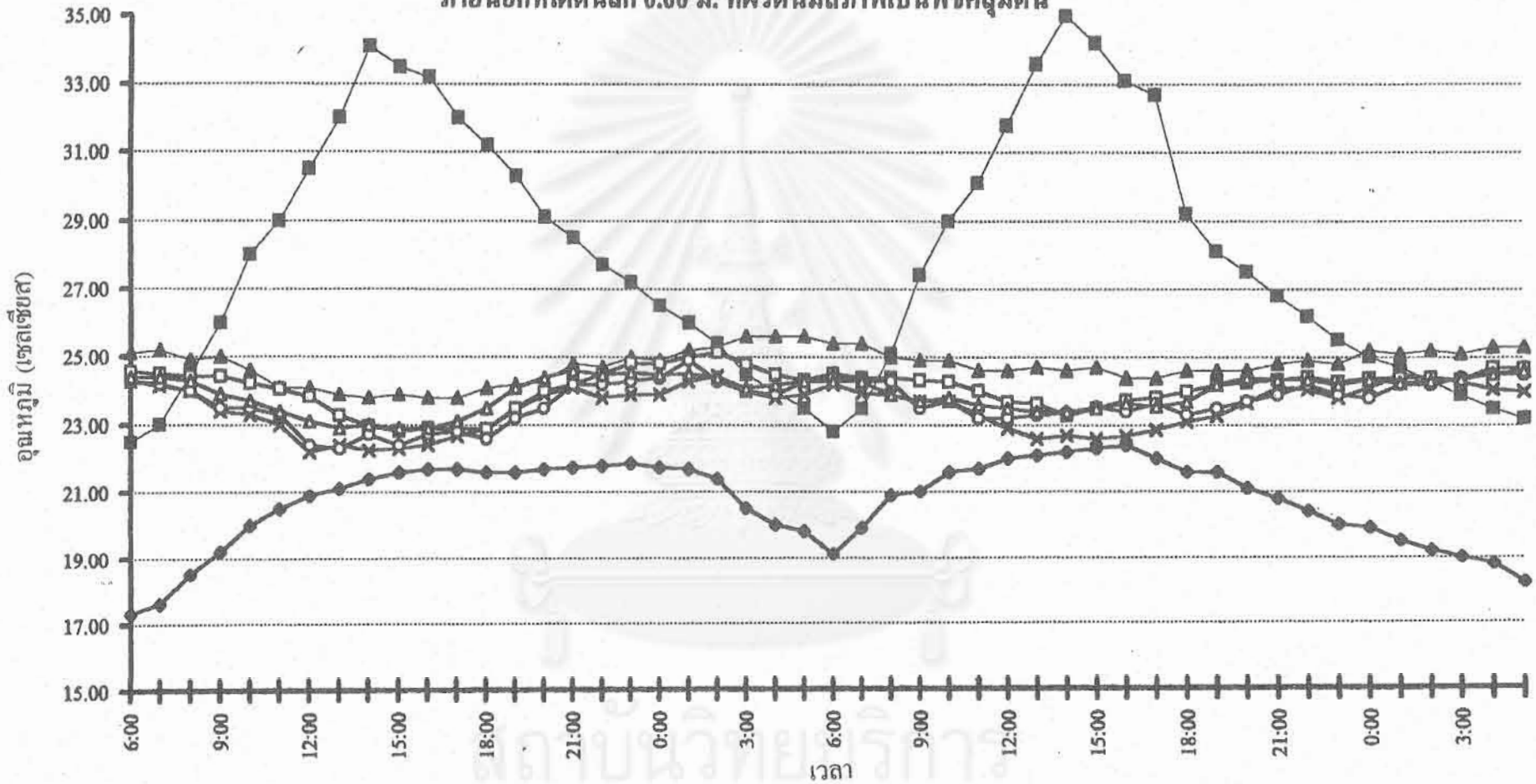
รูปที่ 2-87 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร และอุณหภูมิผิวผนัง  
ภายในอาคารที่สูง 0.40ม. จากพื้น ที่ผิวดินภายนอกเป็นพีชคลุมดิน



- ◆ อุณหภูมิกระเปาะเปียก
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- S2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศใต้ (ด้านไม้คลุมดิน)
- N2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศเหนือ(ด้านไม้คลุมดิน)
- E2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันออก(ด้านไม้คลุมดิน)
- ▲ W2-IN อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายในอาคาร ทิศตะวันตก(ด้านไม้คลุมดิน)

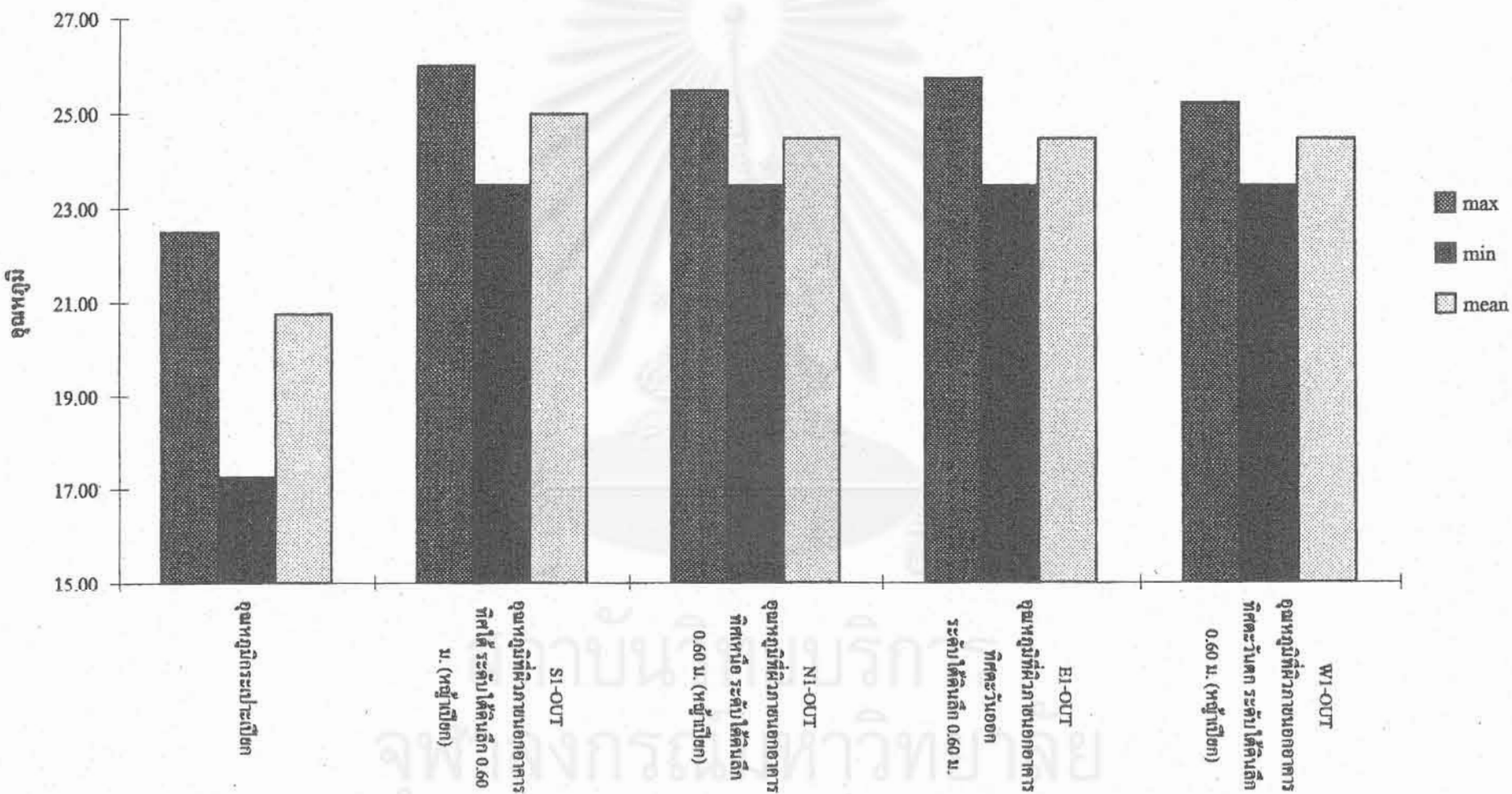
รูปที่ 2-88 แสดงการเปรียบเทียบจุดหมึกกระเปาะเป็ยก จุดหมึกอากาศภายในและภายนอกอาคาร และจุดหมึกผิวผนัง  
ภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 ม. ที่ผิวดินมีสภาพเป็นพีชคลุมดิน

2-100



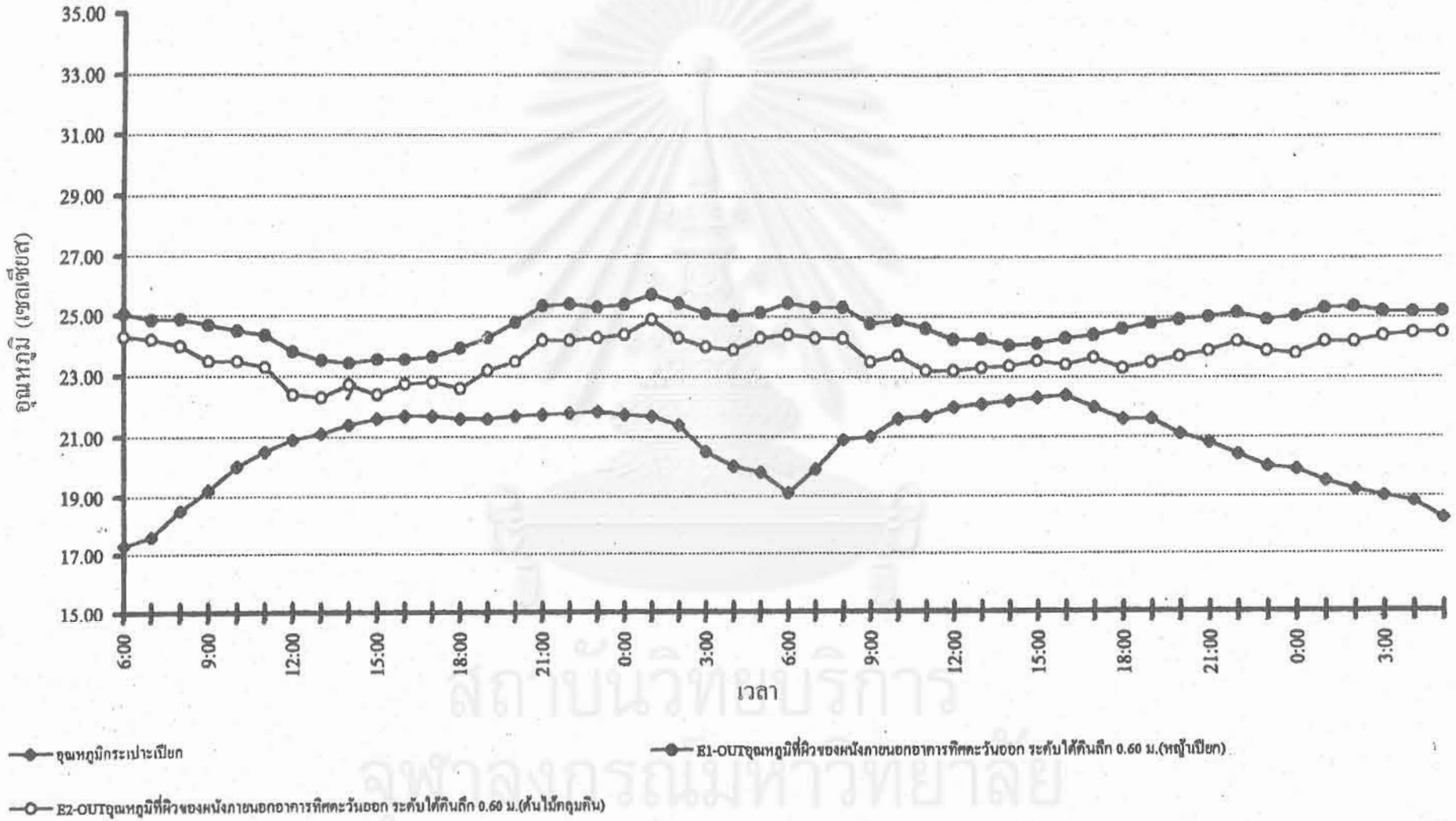
- ◆ จุดหมึกกระเปาะเป็ยก
- จุดหมึกอากาศภายนอกอาคาร
- ▲ จุดหมึกภายในอาคารที่ระดับ 1.5 ม. จากพื้น
- × S2-OUTจุดหมึกที่ผิวของผนังภายนอกอาคารที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. (ต้นไม้คลุมดิน)
- N2-OUTจุดหมึกที่ผิวของผนังภายนอกอาคารที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. (ต้นไม้คลุมดิน)
- E2-OUTจุดหมึกที่ผิวของผนังภายนอกอาคารที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. (ต้นไม้คลุมดิน)
- △ W2-OUTจุดหมึกที่ผิวของผนังภายนอกอาคารที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม. (ต้นไม้คลุมดิน)

รูปที่ 2-69 แสดงอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินที่ผิวดินเป็นหญ้าเปือกทั้ง 4 ทิศ



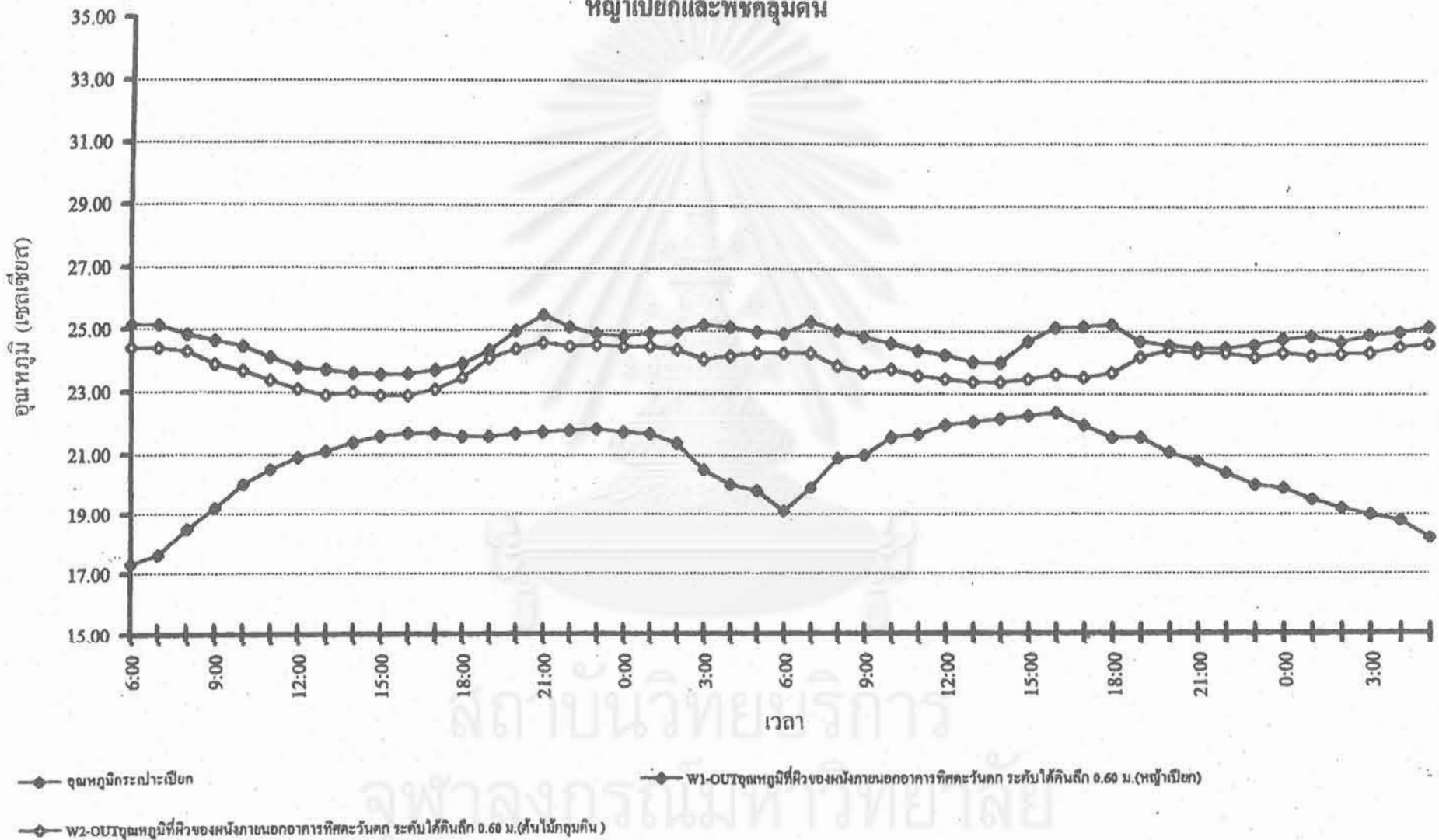
รูปที่ 2-70 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและ อุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดิน ลึก 0.60 ม.ด้านทิศตะวันออก ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน

2-102

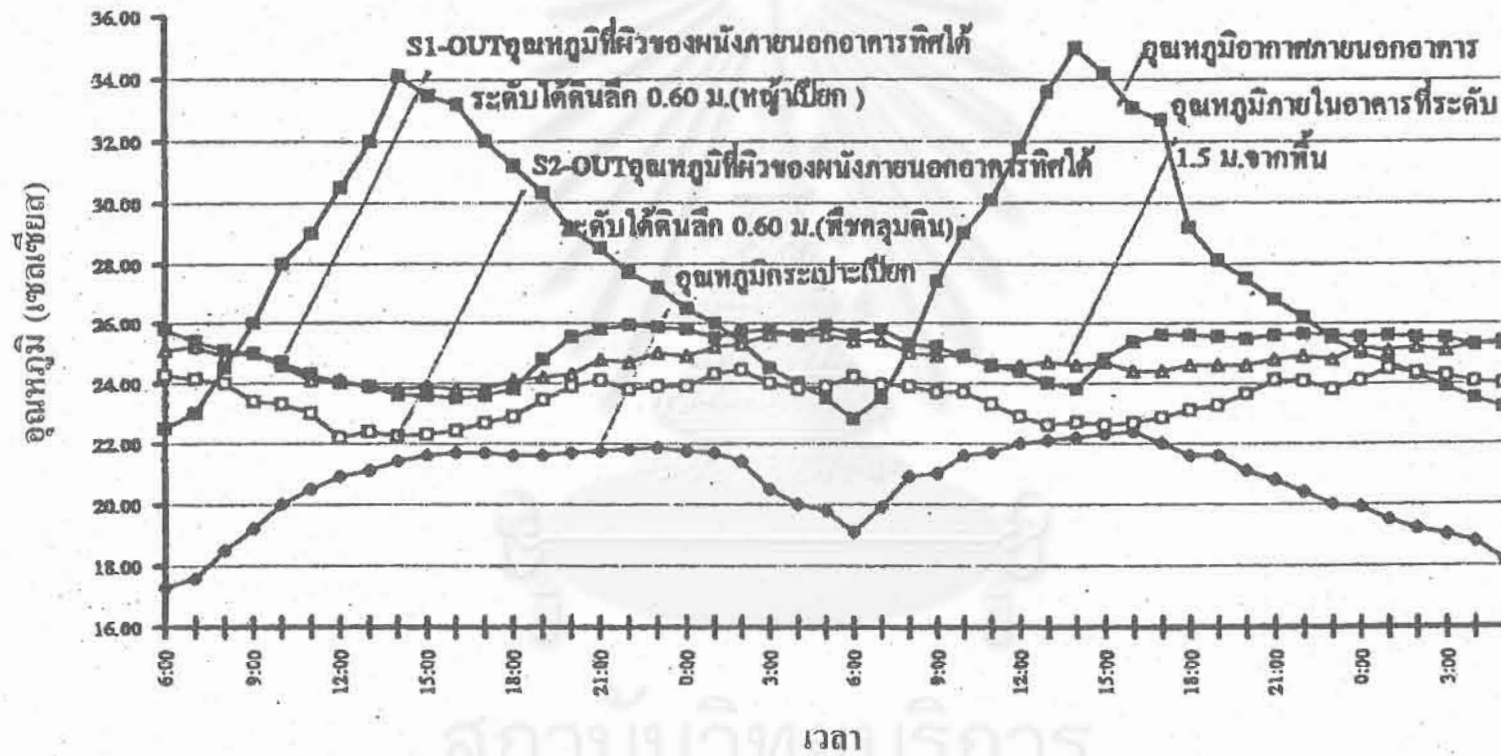


รูปที่ 2-71 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิผิวผนังที่ได้ดินลึก 0.60ม. ทางทิศตะวันตก ระหว่าง

หน้าเปียกและที่หกลมดิน



รูปที่ 2-72 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับได้ดินลึก 0.60 ม.  
 ด้านทิศใต้ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน



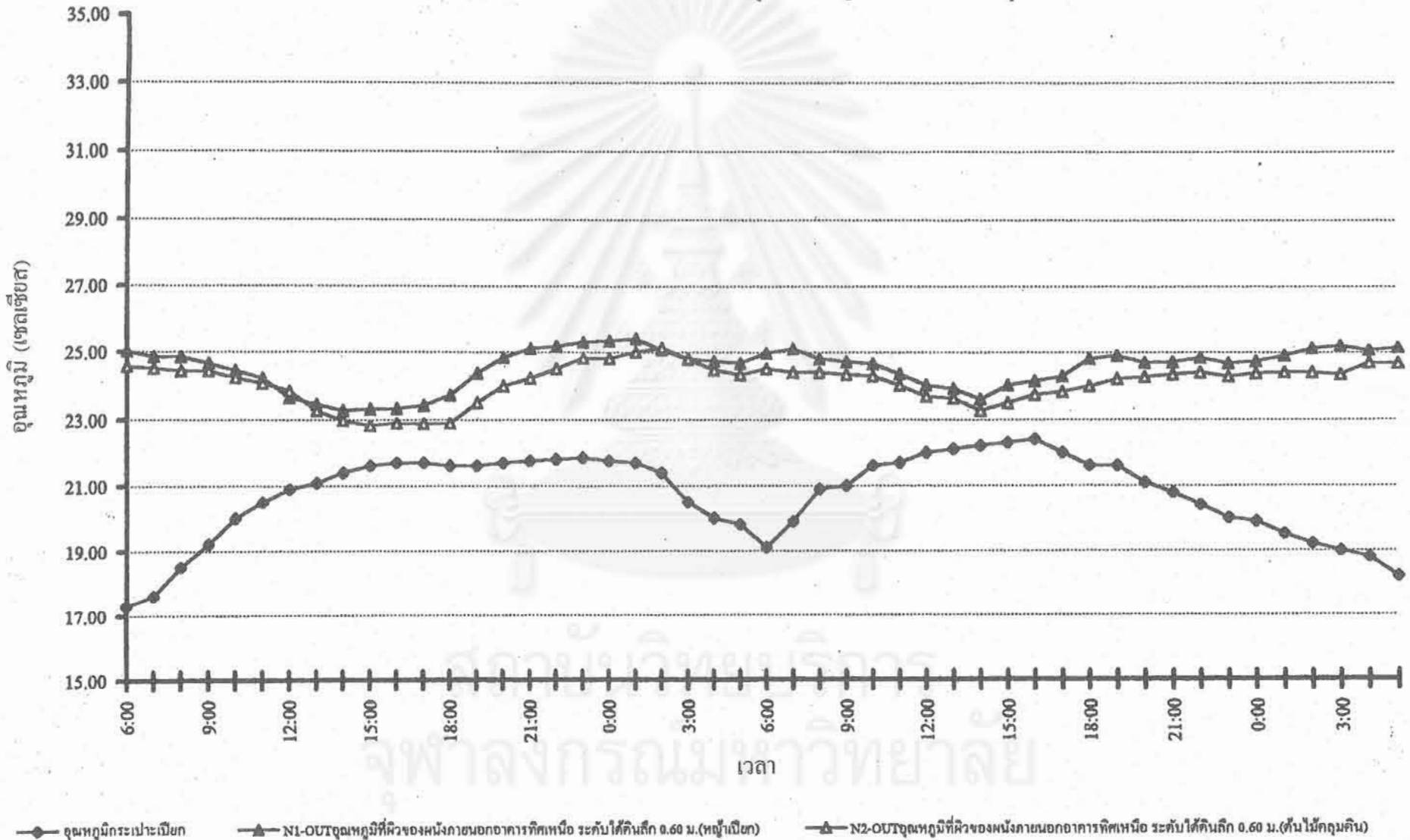
2-104

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

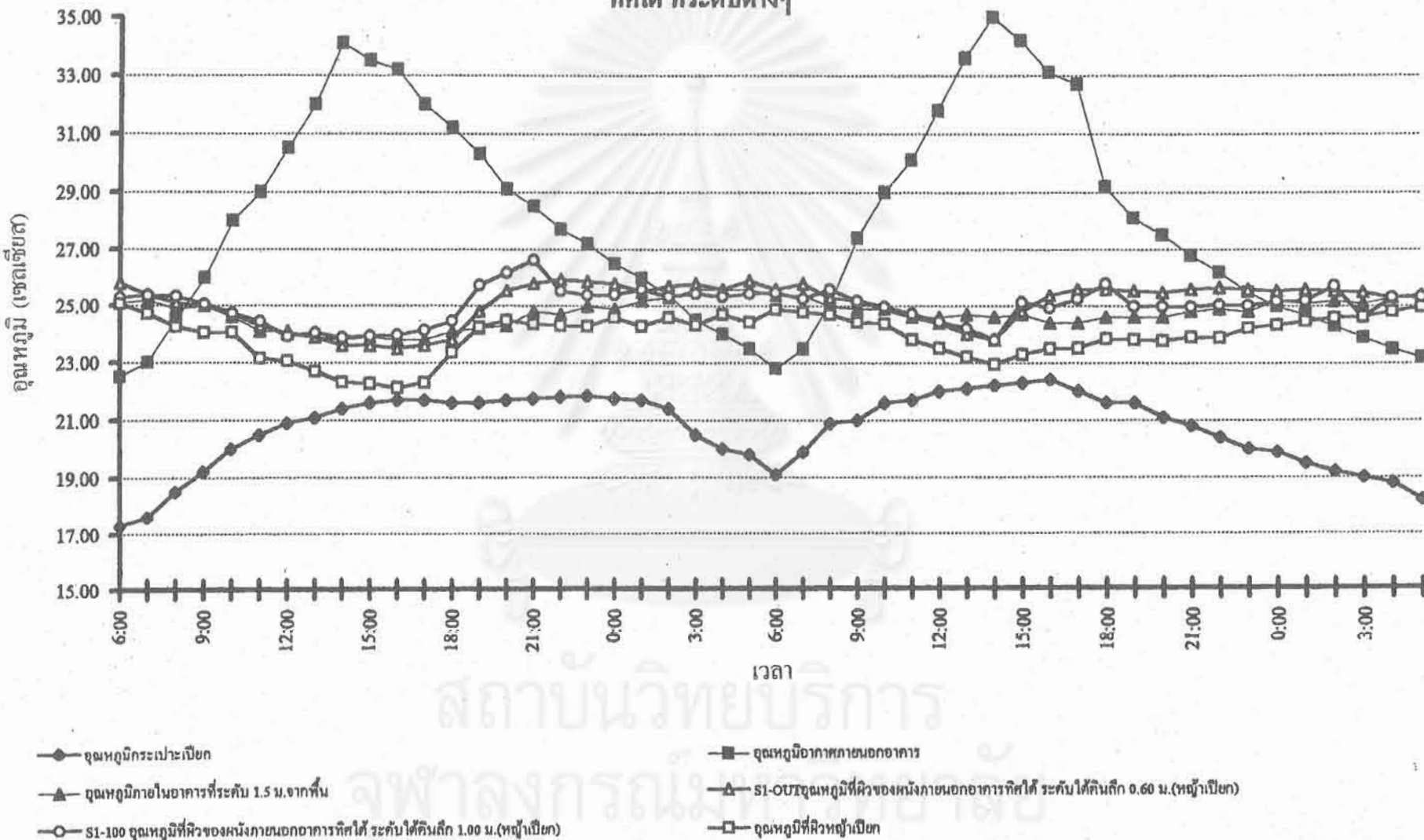


รูปที่ 2-78 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก กับอุณหภูมิผิวผนังภายนอกที่ระดับใต้ดิน ลึก 0.60 ม.ด้านทิศเหนือ ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและที่ขคลุมดิน

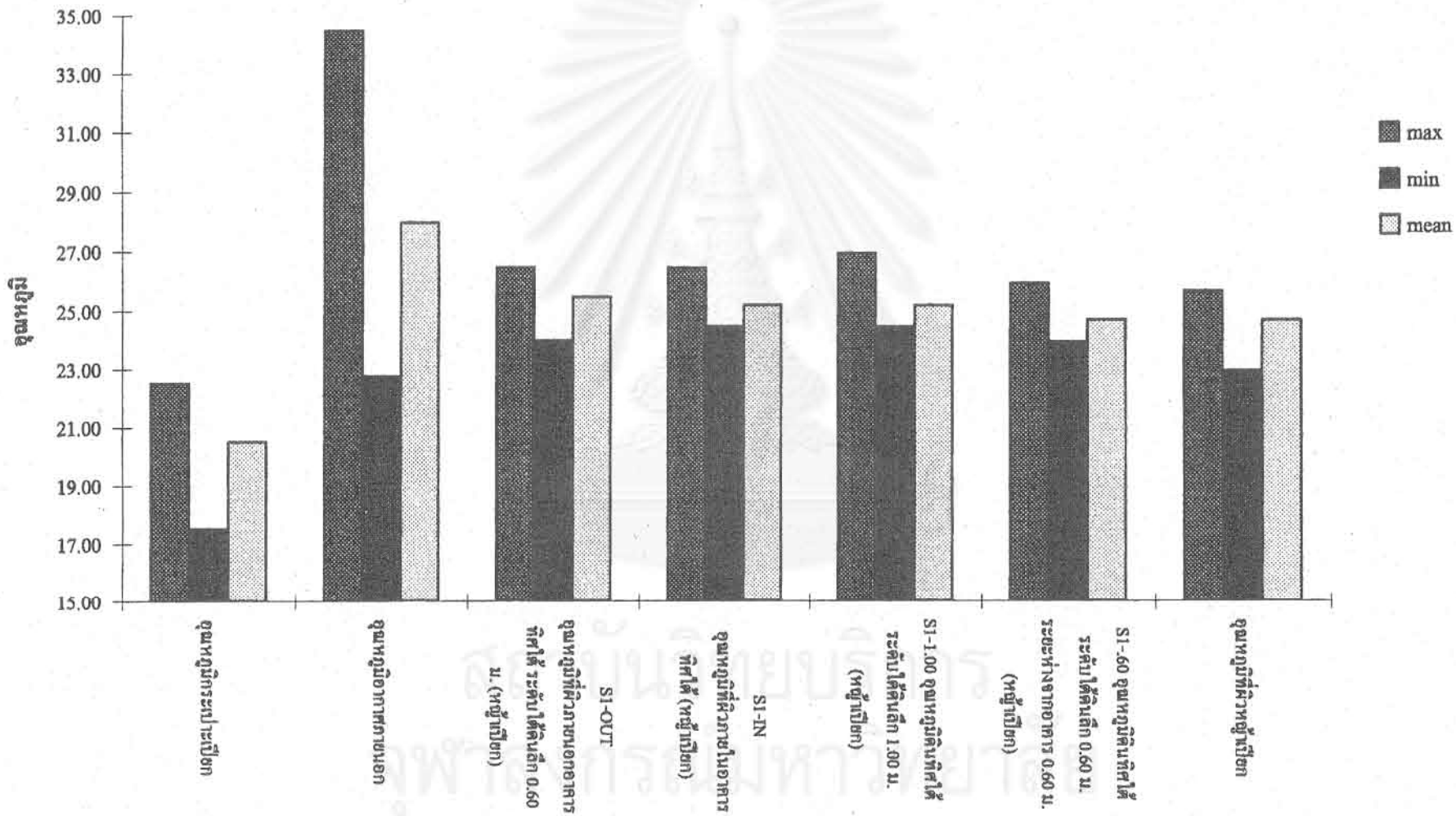
2-105



รูปที่ 2-74 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิตัดดินทาง  
ทิศใต้ ที่ระดับต่างๆ



รูปที่ 2-75 แสดงอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของดินทางทิศใต้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ



### ผลการวิเคราะห์อิทธิพลจากความลึกของดิน

การทดลองทำการฝังสายสัญญาณที่ได้ดินลึกระดับ 1.00 ม. และ 0.60 ม. พบว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1.00 ม. จะมีค่าค่อนข้างคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0.60 ม. ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$  ดังกราฟในรูปที่ 2-74

พบว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1.00 ม. จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0.60 ม. สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินที่ความลึกมากขึ้น จะมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่มากขึ้น ตลอดเวลา
2. ดินที่ระดับความลึกมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินที่ระดับความลึกที่สูงกว่า

จากการทดลองทั้ง 5 ครั้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิดินจะลดลงในช่วงกลางวันและจะเพิ่มขึ้นในช่วงกลางคืน โดยจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วง 09.00-24.00 น. ประมาณ  $8-10^{\circ}\text{C}$  และจะมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกในช่วงเวลา 24.00-09.00 น. ในวันถัดไปประมาณ  $3-5^{\circ}\text{C}$  ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก

2. อุณหภูมิดินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0.60 ม. ลงไปมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง  $23-26^{\circ}\text{C}$  มีช่วงความแตกต่าง ( $\Delta T$ ) ประมาณ  $3^{\circ}\text{C}$

3. ทิศทางมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของดินโดยทิศใต้จะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก เนื่องจากได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงอยู่เกือบตลอดเวลากลางวัน ในขณะที่ดินในทิศเหนืออุณหภูมิก่อนข้างคงที่ ส่วนดินในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่างอุณหภูมิของดินในทิศใต้และทิศเหนือ

4. ผิวของดินที่แตกต่างกันจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิของดิน ในทิศทางที่แตกต่างกันโดยลำดับดังนี้

พืชคลุมดิน	จะทำให้ดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าหญ้าเปียก	$1.50-2^{\circ}\text{C}$
หญ้าแห้ง	จะทำให้ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าหญ้าเปียก	$0.50-1.00^{\circ}\text{C}$
ดินเปียก	จะทำให้ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าหญ้าเปียก	$1.00^{\circ}\text{C}$
ดินแห้ง	จะทำให้ดินมีอุณหภูมิสูงกว่าหญ้าเปียก	$1.00-1.50^{\circ}\text{C}$

จากการทดลองพบว่าสามารถลดอุณหภูมิห้องให้เหลือเพียง  $23 - 26^{\circ}\text{C}$  ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิดิน และในขณะที่ดินเองยังมีความชุ่มชื้นมากก็ยังมีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิกระเปาะเปียก มากขึ้น ช่วยลดอุณหภูมิในอาคารทำให้ผู้อยู่ในเขตสบาย (COMFORT ZONE)

### 2.3.6 การวิจัยทดสอบหญ้าเปียก และทราย 48 ชม.

ทำการทดสอบผิวหญ้าเปียก พีชคลุมดินและทรายในทิศต่างๆ ดังรูป 2-76 เก็บค่าการทดลองทุกๆ 1 ชม. เป็นระยะเวลา 48 ชม. ได้ผลการทดสอบดังนี้

อุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ระหว่าง  $22-34^{\circ}\text{C}$

อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด  $35^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 14.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุด  $23^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 น.

อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงสุด  $22.5^{\circ}\text{C}$  เวลา 15.00 น.

อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุด  $19^{\circ}\text{C}$  เวลา 06.00 น.

จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิทรายมีทิศทางการเคลื่อนตัวของกราฟทิศทางเดียวกับดิน โดยอุณหภูมิทรายจะอยู่ระหว่าง  $24-26.5^{\circ}\text{C}$  ( จากกราฟในรูป 2-76 )

ทรายมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $26.5^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 12.00 น.

ทรายมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ  $24.0^{\circ}\text{C}$  ในช่วงเวลา 13.00 น.

#### เปรียบเทียบอิทธิพลของทิศทางอาคารต่ออุณหภูมิทราย

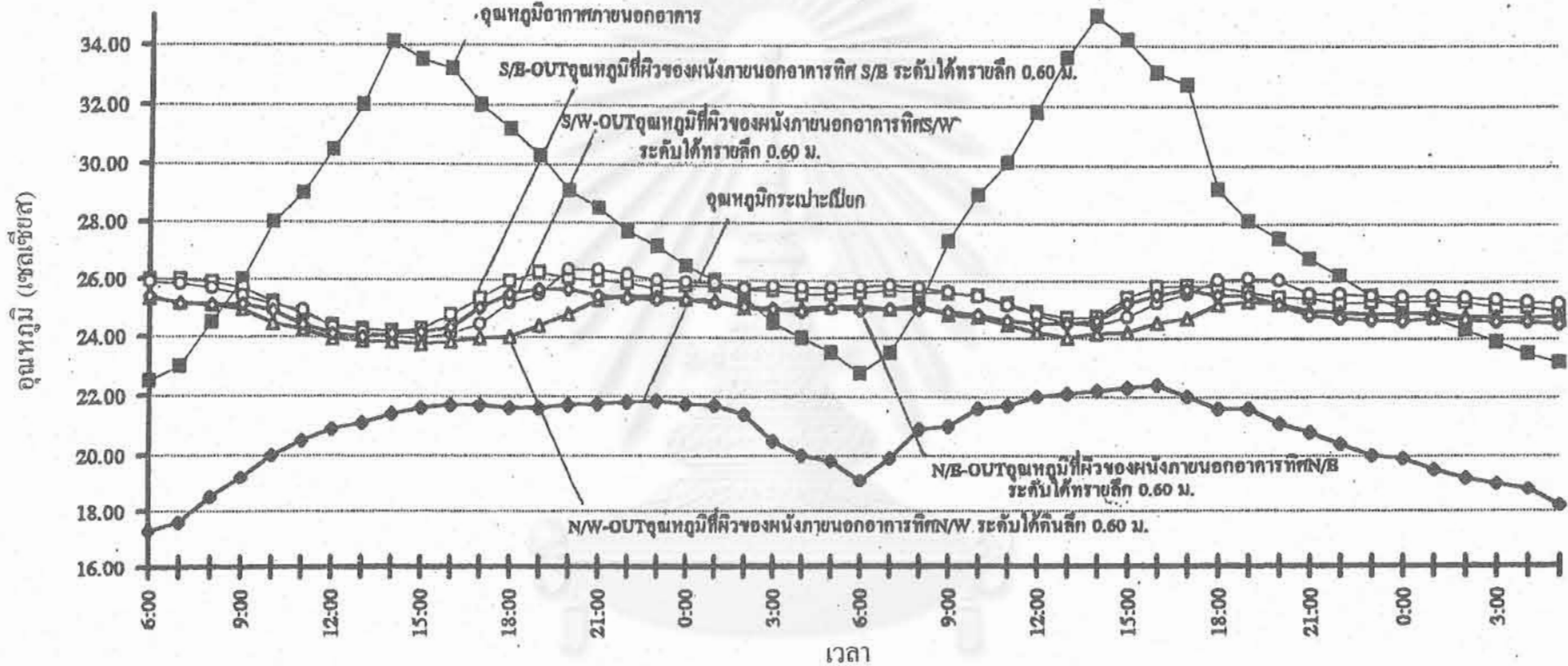
อุณหภูมิทรายทั้ง 4 ทิศ มีทิศทางการเคลื่อนที่ของกราฟในทิศทางเดียวกัน

โดยทรายจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วง 01.00น. - 08.00น. ประมาณ  $3.5^{\circ}\text{C}$  และจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วง 08.00น. - 01.00น. ประมาณ  $10^{\circ}\text{C}$

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

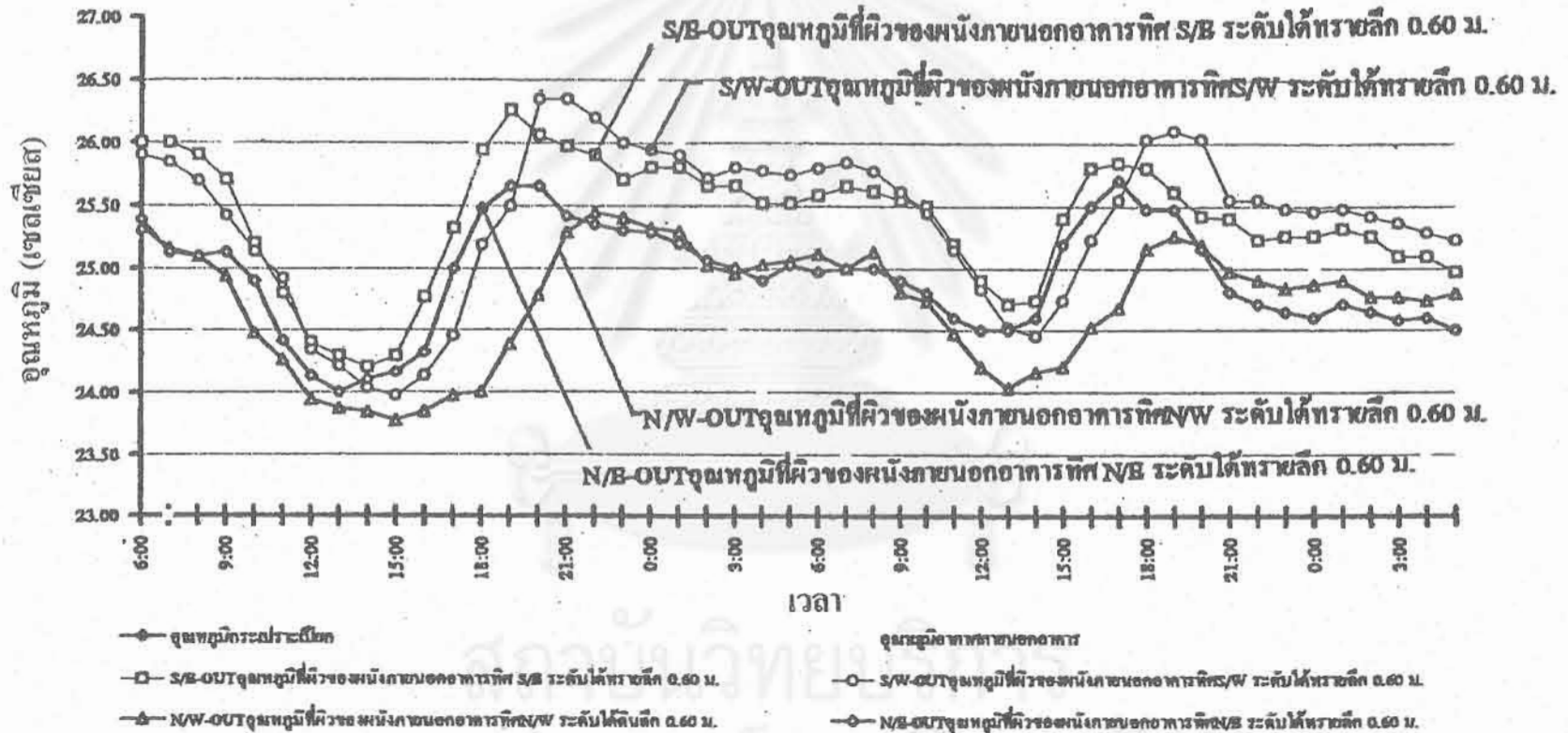
รูปที่ 2-76 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระเปาะเปียก, อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกใต้ดิน

ลึก 0.60 ม.กับ N/W,N/E,S/W,S/E



- ◆ อุณหภูมิระเปาะเปียก
- S/B-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศ S/B ระดับใต้ทรายนึก 0.60 ม.
- △ N/W-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศ N/W ระดับใต้ดินลึก 0.60 ม.
- อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
- S/W-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศ S/W ระดับใต้ทรายนึก 0.60 ม.
- N/B-OBT อุณหภูมิที่ผิวของผนังภายนอกอาคารทิศ N/B ระดับใต้ทรายนึก 0.60 ม.

รูปที่ 2-77 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกใต้ดินลึก 0.60 ม. กับ N/W, N/E, S/W, S/E



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟในรูปที่ 2-77 เปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 4 ทิศ นำมาสร้างตารางดังรูปที่ 2-78 ได้ดังนี้ ตารางที่ 2-11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 4 ทิศ

ทิศของทราย	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		
	MAX	TIME	MIN	TIME	$\Delta T$
ทิศ N/S	25.70	19.00	24.00	13.00	1.70
ทิศ N/W	25.45	21.00	23.80	15.00	1.65
ทิศ S/E	26.25	24.25	24.25	14.00	2
ทิศ S/W	26.35	24.00	24.00	15.00	2.35

จากกราฟในรูปที่ 2-77 และตารางที่ 2-11 พบว่า

อุณหภูมิทรายทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะมีค่าสูงที่สุด และมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด  $2-3.5^{\circ}\text{C}$  มากกว่าทิศอื่น โดยทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความแตกต่างของอุณหภูมิประมาณ  $2^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่ความแตกต่างอุณหภูมิทรายของทิศตะวันออกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ที่  $1.70^{\circ}\text{C}$  และ  $1.65^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิทรายทางทิศใต้ ได้รับความร้อนมากกว่าทิศเหนือ

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่อุณหภูมิทรายขึ้นสูงสุดกับอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่าอุณหภูมิทรายจะมีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 19.00 - 21.00น. ในขณะที่อุณหภูมิอากาศจะมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 14.00 น. ทรายจึงมีระยะเวลาในการหน่วงความร้อนประมาณ 5 ชม.

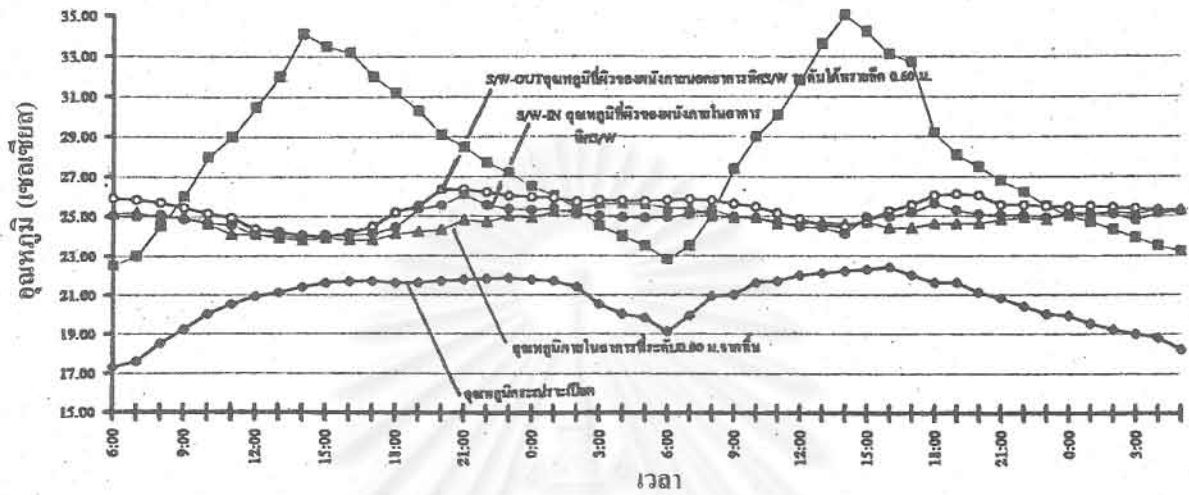
เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวดินภายในและภายนอก ได้ผิวทราย 0.60 ม.

จากกราฟในรูปที่ 2-78 อุณหภูมิทิศตะวันตกเฉียงใต้จะมีอุณหภูมิที่ผิวภายในต่ำกว่าภายนอก  $0.05^{\circ}\text{C}$  โดยอุณหภูมิผนังภายในจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในอาคารตลอด ยกเว้น เฉพาะช่วง เวลา 02.00-08.00น. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง  $0.3^{\circ}\text{C}$

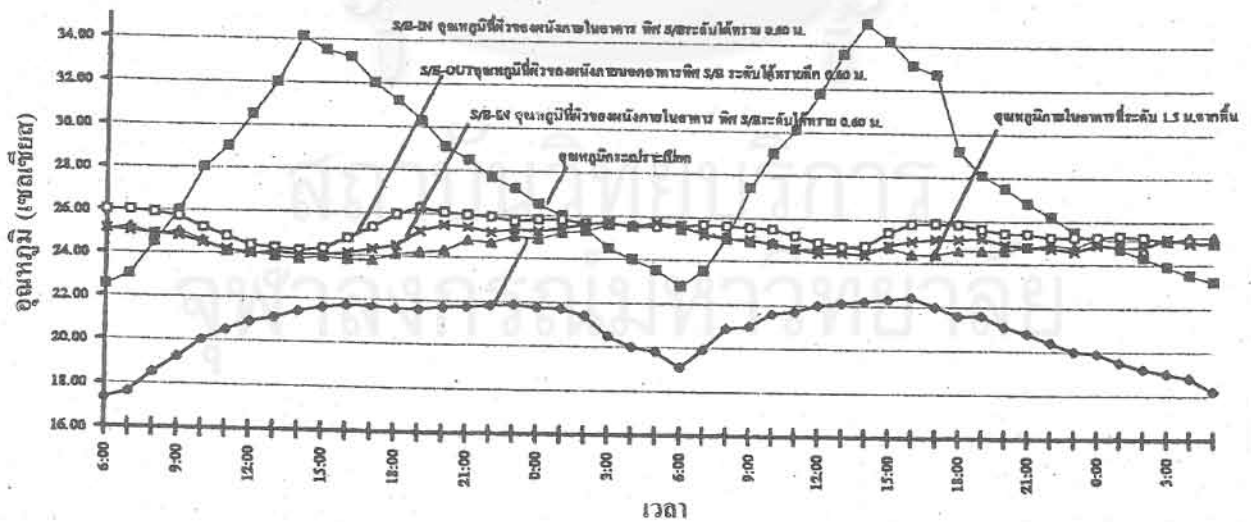
จากกราฟในรูปที่ 2-79 อุณหภูมิทิศตะวันออกเฉียงใต้ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายใน  $0-0.5^{\circ}\text{C}$  ตลอด 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิผนังภายในจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องตลอด 48 ชั่วโมง เช่นกัน



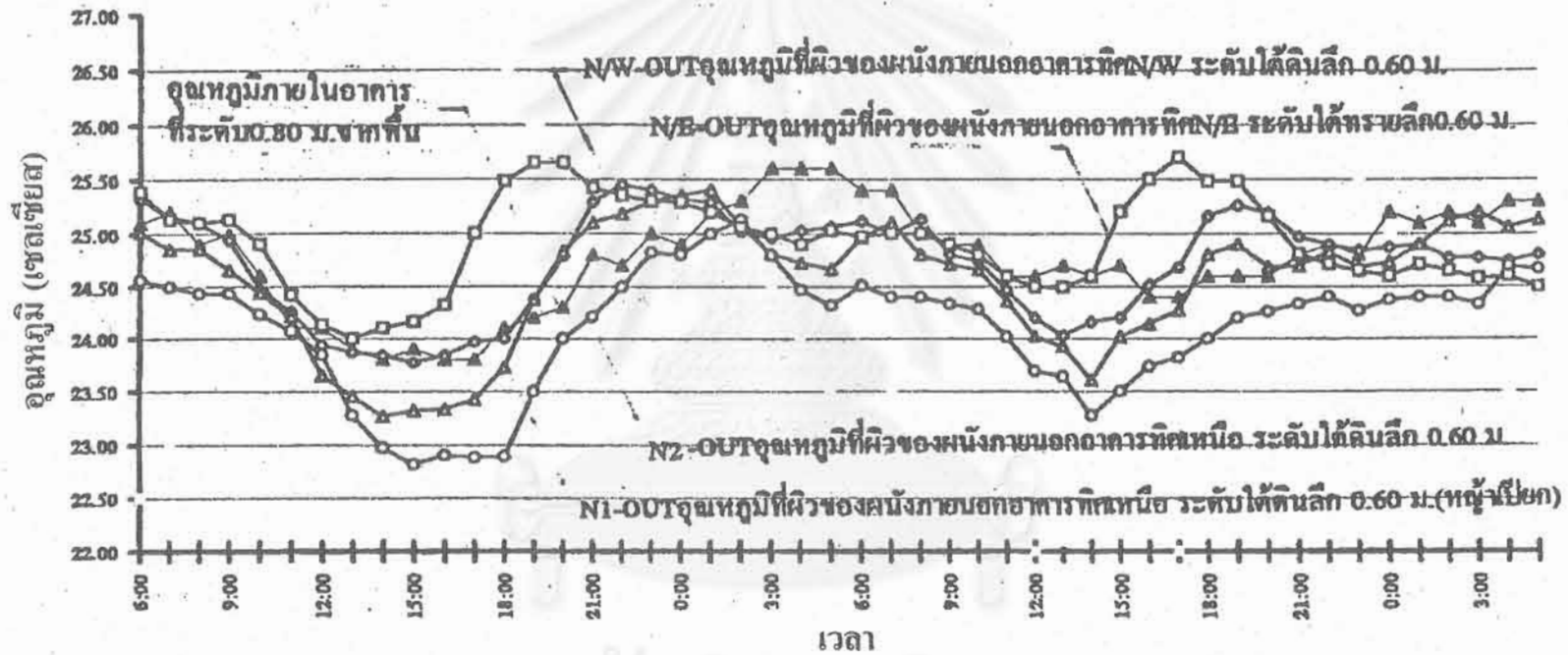
รูปที่ 2-78 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก, อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับ อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในและภายนอกอาคารได้ทรายลึก 0.60 ท. ทางทิศ S/W



รูปที่ 2-79 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก, อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารกับ อุณหภูมิที่ผิวภายในและภายนอกอาคารได้ทรายลึก 0.60 ม. ทางทิศ S/E



รูปที่ 2-80 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศเหนือที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกายนอกใต้ผิวหนังและดินที่ปกคลุมหญ้าเปียก ทิศเหนือ

จากการเก็บข้อมูล อุณหภูมิทราย และดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมงนำมาสร้างเป็นกราฟ ดังรูปที่ 2-80

จากกราฟในรูปที่ 2-80 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางทิศเหนือ นำมาสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิทรายและดิน ดังตารางที่ 2-12

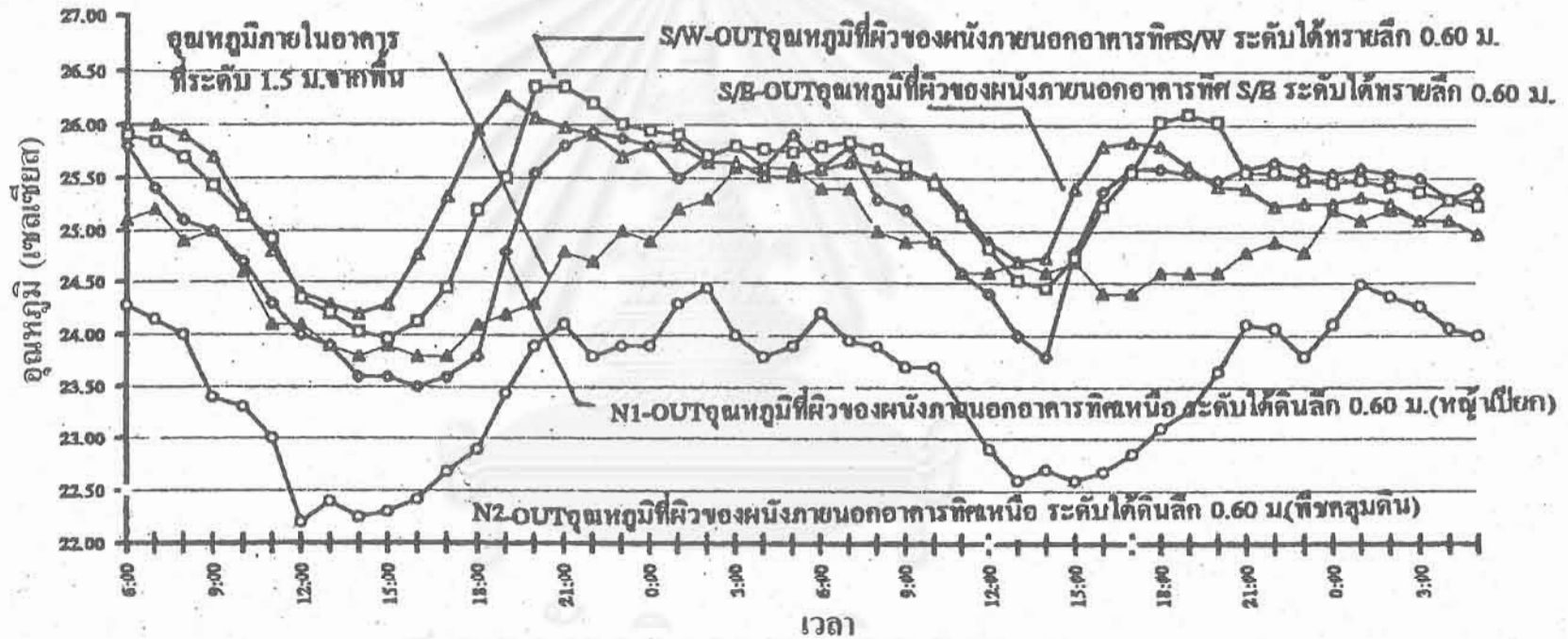
ตารางที่ 2-12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผิวกายนอก ความลึก 0.60 ม. ทางทิศเหนือที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน

ตำแหน่งติดตั้งสายสัญญาณ	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
	MAX	TIME	MIN	TIME		
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	25.40	1.00	23.25	14.00	2.15	22.87
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน	25.10	2.00	22.80	15.00	2.30	22.87
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ N/E	25.70	19.00	24.00	13.00	1.70	23.96
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ N/W	25.50	21.00	23.60	15.00	1.90	22.74

จากกราฟในรูปที่ 2-80 พบว่าอุณหภูมิทรายทางทิศเหนือจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์จากตารางที่ 2-12 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผิวกายนอกใต้ทราย จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน  $1.13^{\circ}\text{C}$
2. อุณหภูมิทราย จะมีค่าสูงสุดที่เวลา 19.00-21.00 น. ในขณะที่อุณหภูมิดินจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 01.00-02.00 น. ของวันถัดไป โดยมีระยะเวลาแตกต่างกัน 6-7 ชม.

รูปที่ 2-81 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิ  
ที่ผิวผนังภายนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศใต้



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำภายนอกใต้ผิวทรายและดินที่ปกคลุมหญ้าเปียก ทางทิศใต้

จากการเก็บข้อมูล อุณหภูมิทราย และดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมงนำมาสร้างเป็นกราฟ ดังรูปที่ 2-81

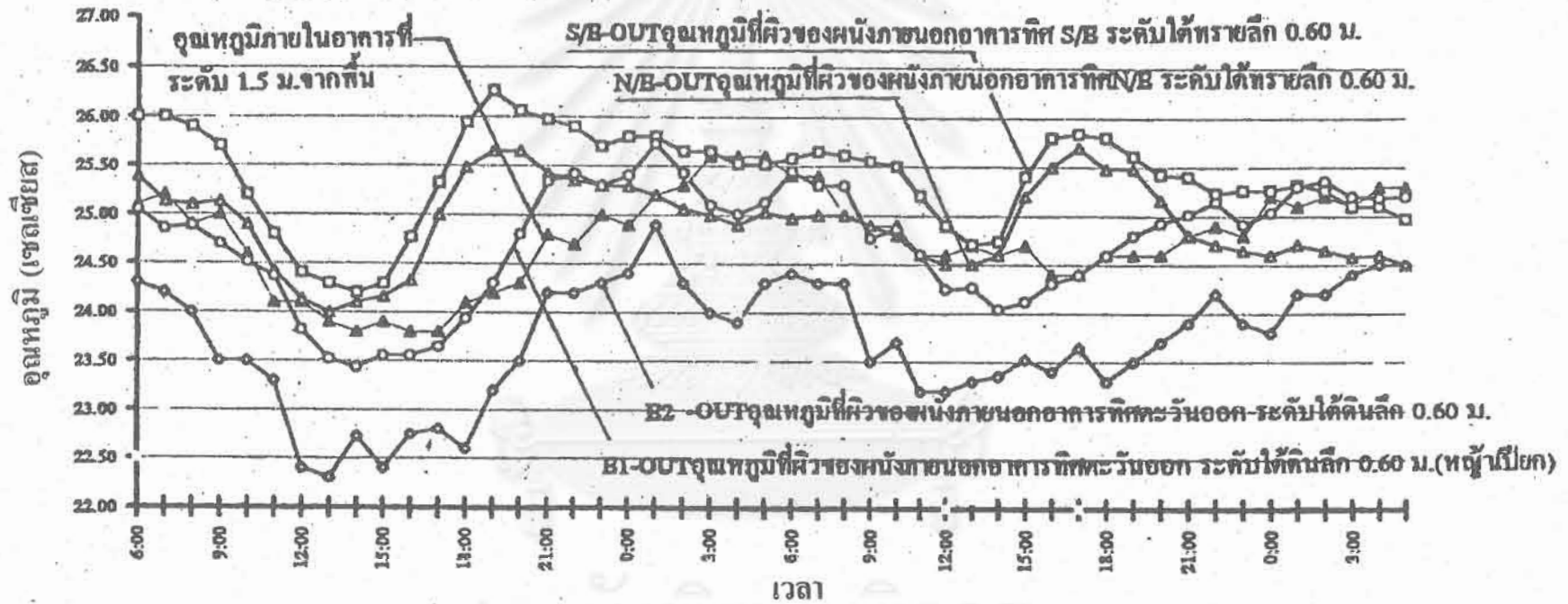
จากกราฟในรูปที่ 2-81 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางทิศใต้ นำมาสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิทรายและดินดังตารางที่ 2-13 ตารางที่ 2-13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิทรายและดิน

ตำแหน่งติดตั้งสายสัญญาณ	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
	MAX	TIME	MIN	TIME		
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	26.00	22.00	23.50	16.00	2.50	25.09
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน	24.50	2.00	22.25	12.00	2.25	23.52
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ S/W	26.40	20.00	24.00	15.00	2.40	25.38
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ S/E	26.30	19.00	24.20	14.00	2.10	25.39

จากกราฟในรูปที่ 2-81 พบว่าอุณหภูมิทรายทางทิศตะวันตกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก เมื่อวิเคราะห์จากตารางที่ 2-13 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวน้ำภายนอกใต้ทราย จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก  $0.30^{\circ}\text{C}$  และมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน  $1.87^{\circ}\text{C}$
2. อุณหภูมิทราย จะมีค่าสูงสุดที่เวลา 19.00-20.00 น. อุณหภูมิดินจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 22.00-02.00 น.

รูปที่ 2-82 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันออกที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำนอกใต้ผิวทรายและดินที่ปกคลุมหญ้าเปียก ทิศตะวันออก

จากการเก็บข้อมูล อุณหภูมิทราย และดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมงนำมาสร้างเป็นกราฟ ดังรูปที่ 2-82

จากกราฟในรูปที่ 2-82 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางทิศตะวันออก นำมาสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิทรายและดินดังตารางที่ 2-14

ตารางที่ 2-14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผิวน้ำนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันออกที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน

ตำแหน่งติดตั้งสายสัญญาณ	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
	MAX	TIME	MIN	TIME		
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก	25.75	2.00	23.50	14.00	2.25	23.04
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน	24.90	2.00	22.30	13.00	2.60	23.04
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ S/E	26.30	19.00	24.20	14.00	2.10	25.39
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ N/E	25.70	19.00	24.00	13.00	1.70	23.96

จากกราฟในรูปที่ 2-82 พบว่าอุณหภูมิทรายทางทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก เมื่อวิเคราะห์จากตารางที่ 2-14 สามารถสรุปได้ดังนี้

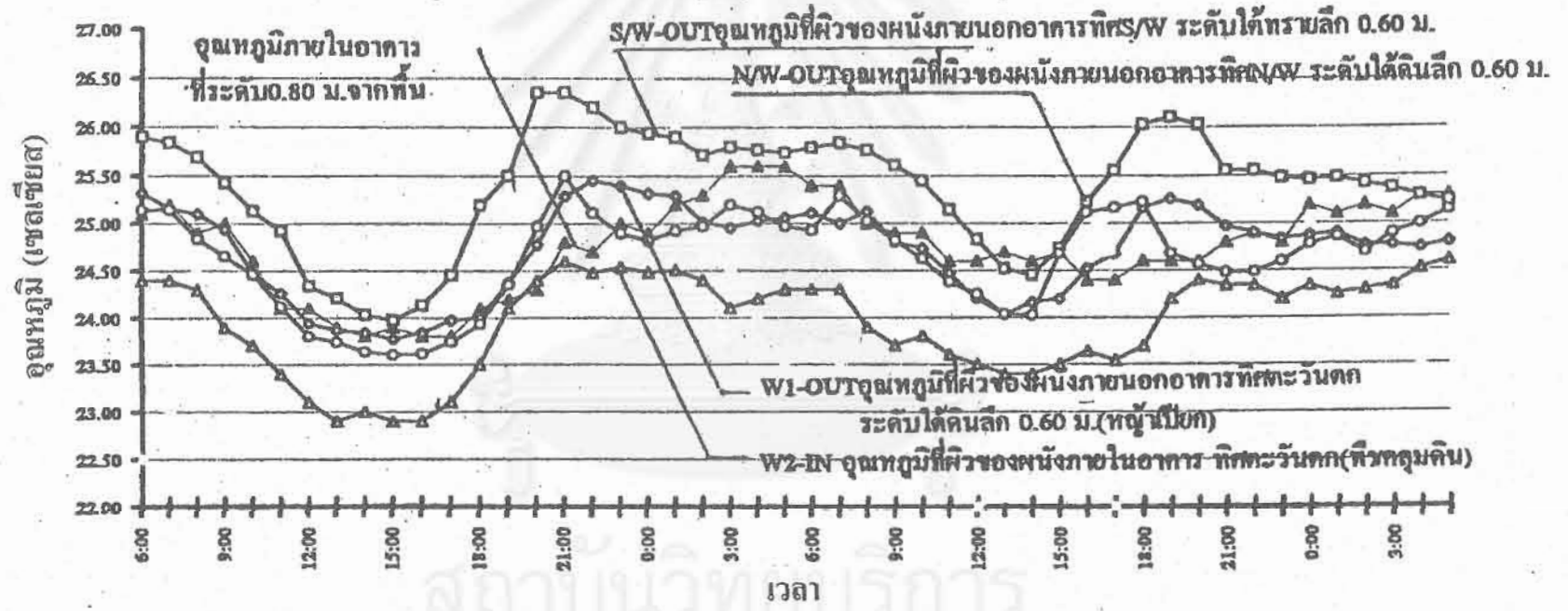
1. อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผิวน้ำนอกใต้ทราย จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน  $2.35^{\circ}\text{C}$

2. ทราย จะมีอุณหภูมิสูงเร็วกว่าดิน โดยอุณหภูมิทรายจะร้อนสูงสุดที่เวลา 19.00 น. ในขณะที่อุณหภูมิดินจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 02.00 น.แตกต่างกัน 6 ชม.

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำนอกใต้ผิวทรายและดินที่ปกคลุมหญ้าเปียก ทางทิศตะวันตก

จากการเก็บข้อมูล อุณหภูมิทราย และดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก 48 ชั่วโมงนำมาสร้างเป็นกราฟ ดังรูปที่ 2-83

รูปที่ 2-83 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศตะวันตกที่ถมด้วยดินที่ต่างกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จากกราฟในรูปที่ 2-83 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางทิศตะวันตก นำมาสร้างเป็นตาราง  
เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิทรายและดินได้ดังตารางที่ 2-15

ตารางที่ 2-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกความลึก 0.60 ม. ทางทิศ  
ตะวันตกที่ถมด้วยดินต่างชนิดกัน

ตำแหน่งติดตั้งสายสัญญาณ	อุณหภูมิสูงสุด		อุณหภูมิต่ำสุด		$\Delta T$	MEAN
	MAX	TIME	MIN	TIME		
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วย หญ้าเปียก	25.45	22.00	23.80	15.00	1.65	22.75
อุณหภูมิใต้ดินที่ปกคลุมด้วยพืช คลุมดิน	24.60	21.00	22.90	15.00	1.70	22.75
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ N/W	25.50	21.00	23.60	15.00	1.90	22.74
อุณหภูมิใต้ผิวทรายทิศ S/W	26.40	20.00	24.00	15.00	2.40	25.38

จากกราฟในรูปที่ 2-83 พบว่าอุณหภูมิทรายทางทิศตะวันตกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่  
ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก เมื่อวิเคราะห์จากตารางที่ 2-15 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผนังภายนอกได้ทราย จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่ปกคลุม  
ด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน  $2.63^{\circ}\text{C}$

2. ทราย จะมีอุณหภูมิสูงเร็วกว่าดิน โดยอุณหภูมิทรายจะมีค่าสูงสุดที่เวลา  
20.00-21.00 น. อุณหภูมิดินจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 22.00 น.แตกต่างกัน 1 ชม.

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากผิวผนังภายนอกได้ทรายและดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและ  
พืชคลุมดินสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิทรายจะมีค่าสูงขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิดิน 6-7 ชั่วโมง โดยทรายจะมี  
อุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 19.00-20.00 น. และจะมีอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลา 15.00 น. (ดินมี  
อุณหภูมิต่ำสุดในเวลาเดียวกับทราย)

2. ทรายจะมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด  $2-2.5^{\circ}\text{C}$

3. ทรายเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก ทรายจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย  
สูงกว่าดิน  $1^{\circ}\text{C}$

4. ทิศใต้จะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด มากที่สุด  $2.5^{\circ}\text{C}$  ใน  
ขณะที่ทิศเหนือมีค่าความแตกต่างน้อยที่สุดเพียง  $1.70^{\circ}\text{C}$

## 2.4 สรุปผลการทดลองและการประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ

### 2.4.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยโดยอาศัยการทดลองโดยการจำลองอาคารทดสอบ (Experimental Research or Model Simulation) เพื่อหาแนวทางการนำความชื้นจากผิวสัมผัสพื้นดินมาใช้ในอาคารซึ่งเป็นการศึกษาสภาพผิวดินที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาการนำมาทดสอบจากสภาพที่พบเห็นโดยทั่วไปประกอบด้วย

1. สภาพดินทราย
2. สภาพดินแห้ง
3. สภาพดินเปียก
4. สภาพหญ้าแห้ง
5. สภาพหญ้าเปียก
6. สภาพผิวดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน

ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิดินมีค่าค่อนข้างจะคงที่กว่าอุณหภูมิอากาศและมีอุณหภูมิในช่วงที่ต่ำที่สุดใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งตามสมมติฐานของงานวิจัยที่ตั้งไว้ว่าอุณหภูมิดินมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก และสามารถนำอิทธิพลของอุณหภูมิดินดังกล่าวมาลดภาระการทำความชื้นในอาคารได้ซึ่งผลของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิดินโดยทั่วไปมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วง 09.00-24.00 น. โดยอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ  $22.5^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วง 00.00-09.00 น. ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $26^{\circ}\text{C}$  โดยเฉลี่ยอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง  $22.5-26.0^{\circ}\text{C}$
2. อุณหภูมิดินมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะสูงขึ้นในช่วงกลางคืนโดยเริ่มสูงขึ้นในช่วง 11.00 น. และมีค่าสูงสุดในช่วง 03.00 น. และมีอุณหภูมิลดลงในช่วงกลางวัน ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับอุณหภูมิอากาศ ทำให้สรุปได้ว่าสามารถนำอิทธิพลของอุณหภูมิดินดังกล่าวไปใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบอาคารได้
3. ทิศทางของเนินดินมีผลต่ออุณหภูมิดินแตกต่างกัน โดยทางทิศใต้จะมีอุณหภูมิดินสูงที่สุดและทางทิศเหนือจะมีอุณหภูมิดินต่ำที่สุดโดยผลต่างของอุณหภูมิดินของทิศทั้งสองทิศจะอยู่ระหว่าง  $2 - 3^{\circ}\text{C}$  โดยดินทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิในช่วงกลางระหว่างอุณหภูมิดินทางทิศเหนือและทิศใต้

4. สภาพผิวดินที่แตกต่างกันทำให้เกิดการสะสมความร้อนในดินในปริมาณไม่เท่ากันดังนี้
  - อุณหภูมิดินที่มีพืชปกคลุมดินจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปือก  $2^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากดินที่มีพืชปกคลุมจะไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพผิวดินที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรง
  - อุณหภูมิดินที่มีหญ้าแห้งปกคลุมผิวดินจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่มีหญ้าเปือกปกคลุม  $0.5^{\circ}\text{C}$
  - อุณหภูมิดินที่มีดินเปือกปกคลุมผิวดิน จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่มีหญ้าเปือกปกคลุม  $0.5-1^{\circ}\text{C}$
  - อุณหภูมิดินที่มีดินแห้งปกคลุมผิวดินจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่มีหญ้าเปือกปกคลุม  $1-2^{\circ}\text{C}$
5. อุณหภูมิของทรายจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิดินที่มีหญ้าเปือกปกคลุมผิวดินอยู่ประมาณ  $1-2^{\circ}\text{C}$
6. จากข้อ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้
  - อิทธิพลของแสงแดดที่กระทบผิวดินมีผลต่ออุณหภูมิของดิน โดยดินที่ได้รับแสงแดดโดยตรงจะมีอุณหภูมิสูงกว่าดินที่ไม่ได้รับแสงแดด
  - สภาพความชื้นในดินมีผลต่ออุณหภูมิของดิน โดยดินที่มีอุณหภูมิมำเสมอจะมีความชื้นที่ต่ำกว่าดินที่มีความชื้นมาก
  - ทิศทางของเนินดินมีผลต่ออุณหภูมิในดิน โดยทิศเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดและทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงกว่าทิศเหนือประมาณ  $2-3^{\circ}\text{C}$
  - จากการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพผิวดินมีผลกระทบในแต่ละทิศไม่เท่ากัน โดยพบว่าทิศเหนือได้รับผลกระทบน้อย ทิศใต้ได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก โดยอุณหภูมิต่ำสุดของทิศที่นำมาทดสอบพบว่าไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปือก

อุณหภูมิดินทางทิศใต้สามารถมีค่าต่ำลงได้ตามสมมติฐาน โดยการใช้พืชคลุมดินป้องกันแสงแดดที่ตกกระทบผิวดินโดยตรง เป็นการรักษาความชุ่มชื้นในดินให้คงที่ส่งผลให้ดินมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปือก

ดินในทิศเหนือมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ เนื่องจากเป็นทิศที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง ปริมาณความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ การรักษาปริมาณความชื้นในดินกระทำได้โดยใช้หญ้าปกคลุมผิวดิน

คืนในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงในช่วง 10.00-15.00 น. และสามารถรักษาปริมาณความชื้นได้โดยปกคลุมผิวดินด้วยหญ้าและร่นน้ำในช่วงเช้า เนื่องจากคืนมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ประมาณ 4-6 ชั่วโมง

คืนในทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงบ่ายประมาณ 15.00-19.00 น. และสามารถรักษาปริมาณความชื้นในดินให้คงที่ได้โดยปกคลุมผิวดินด้วยหญ้าและร่นน้ำในช่วง 10.00-14.00 น. เนื่องจากคืนมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ประมาณ 4-6 ชั่วโมง

จากการวิจัยสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับงานออกแบบอาคารเพื่อลดระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศและขนาดของเครื่องปรับอากาศลงได้

ตารางที่ 2-16 แสดงอุณหภูมิสูงสุดของอุณหภูมิดั้วผิวดิน 0.60 ม.

ผลการทดลอง	N		S		E		W	
	MAX	TIME	MAX	TIME	MAX	TIME	MAX	TIME
การทดลองครั้งที่ 1	24.30	06.00	26.50	06.00	25.60	05.00	25.30	04.00
การทดลองครั้งที่ 2	25.13	07.00	26.20	07.00	25.58	07.00	25.51	07.00
การทดลองครั้งที่ 3	25.31	06.00	25.60	06.00	25.77	06.00	25.20	06.00
การทดลองครั้งที่ 4	24.60	04.00	25.60	06.00	26.10	06.00	25.31	04.00
การทดลองครั้งที่ 5	24.30	04.00	25.90	05.00	25.60	05.00	25.30	04.00

ตารางที่ 2-17 แสดงอุณหภูมิต่ำสุดของอุณหภูมิดั้วผิวดิน 0.60 ม.

ผลการทดลอง	N		S		E		W	
	MIN	TIME	MIN	TIME	MIN	TIME	MIN	TIME
การทดลองครั้งที่ 1	21.10	18.00	22.20	15.00	21.60	15.00	21.20	15.00
การทดลองครั้งที่ 2	22.82	15.00	23.50	15.00	22.73	15.00	23.45	14.00
การทดลองครั้งที่ 3	23.01	15.00	23.10	15.00	22.42	15.00	23.32	15.00
การทดลองครั้งที่ 4	22.32	16.00	23.10	16.00	22.16	16.00	23.11	16.00
การทดลองครั้งที่ 5	21.10	14.00	23.50	15.00	21.60	15.00	21.10	14.00

ตารางที่ 2-18 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ได้ดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

ผลการทดลอง	MEAN			
	ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก
การทดลองครั้งที่ 1	22.87	23.92	23.04	22.75
การทดลองครั้งที่ 2	24.14	24.88	24.39	24.41
การทดลองครั้งที่ 3	24.34	24.56	24.36	24.61
การทดลองครั้งที่ 4	23.28	24.29	23.90	23.98
การทดลองครั้งที่ 5	22.87	25.09	23.04	22.75
MEAN				

ตารางที่ 2-19 แสดงการสรุปการวิเคราะห์สภาพผิวดินที่แตกต่างกัน

สภาพผิวดินที่เปรียบเทียบ	ผลการทดลอง
พืชคลุมดิน - หญ้าเปียก	- 2°C
หญ้าแห้ง - หญ้าเปียก	+ (0.5°C)
ดินเปียก - หญ้าเปียก	+ (0.5-1°C)
ดินแห้ง - หญ้าเปียก	+ (1-2°C)
ทราย - หญ้าเปียก	+ (1-2°C)

ตารางที่ 2-20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและอุณหภูมิอากาศ

การทดลอง		ช่วงเวลาที่อุณหภูมิหญ้า			ช่วงเวลาที่อุณหภูมิหญ้าเปียก		
		เปียกสูงกว่าอากาศภายนอก			ต่ำกว่าอากาศภายนอก		
ผลการทดลอง	MEAN	MAX	ΔT	TIME	MIN	ΔT	TIME
การทดลองครั้งที่ 1	23.92	26.50	+4	04.00	22.20	-10	15.00
การทดลองครั้งที่ 2	24.88	26.30	+2.50	03.00	23.50	-10	15.00
การทดลองครั้งที่ 3	24.56	25.60	+2	03.00	23.10	-9.5	15.00
การทดลองครั้งที่ 4	24.29	25.60	+2.50	03.00	23.10	-8	15.00
การทดลองครั้งที่ 5	25.09	25.90	+2	04.00	23.50	-10	14.00

## 2.4.2 การประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการออกแบบได้ดังนี้ คือ

### 1. การนำความเย็นจากดินมาใช้

ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ผนังส่วนใต้ดินให้มีผิวสัมผัสกับดินโดยใช้ผนังซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ต่ำแต่มีความสามารถในการกักความชื้น ผลที่ได้จากการทดลองทำให้ทราบว่า สามารถนำอิทธิพลของอุณหภูมิดินมาช่วยในการลดอุณหภูมิที่ผิวของผนังที่สัมผัสดินได้

### 2. อิทธิพลพืชปกคลุมดิน

จากการทดลองพบว่าวัสดุปกคลุมผิวดินช่วยลดอิทธิพลจากแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุปกคลุมดินจึงมีผลต่อผิวดินที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรง และนอกจากนี้พืชคลุมดินต่างชนิดกันก็จะให้ผลแตกต่างกัน เช่น หญ้าแห้ง หญ้าเปียก พืชคลุมดิน จากการทดลองจะเห็นว่าพืชคลุมดินให้ผลดีที่สุดที่สุด กล่าวคือมีส่วนในการช่วยลดอุณหภูมิและช่วยให้ดินมีอุณหภูมิกว่าที่ทั้งยังจะช่วยให้ผิวสัมผัสของผนังที่สัมผัสดินมีอุณหภูมิลดลงมากที่สุดด้วย ดังนั้นจึงควรเลือกใช้พืชช่วยปกคลุมหน้าดินบริเวณดินส่วนที่ถมผนังใต้ดิน

### 3. อิทธิพลของดินต่างชนิดกัน

จากผลการทดลองจะเห็นว่า ดินต่างชนิดกันจะมีผลต่ออุณหภูมิที่ผิวภายในของผนังที่มีผิวสัมผัสดินต่างกัน โดยดินที่มีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้มากก็จะมีความสามารถในการเก็บน้ำไว้ได้ดีกว่า จึงทำให้อุณหภูมิของดินใกล้เคียงอุณหภูมิกระเปาะเปียกและค่อนข้างคงที่ ดังนั้นในการถมดินที่ผิวสัมผัสของผนังจึงควรเลือกใช้ดินชนิดที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มาก

### 4. เพื่อการวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานในอาคาร

ผลจากการทดลองจะถูกนำมาเป็นข้อมูลในการป้อนสู่โปรแกรมวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์ (DOE 2.1 D) จากผลการวิจัย  $\Delta T$  ที่ผนังใต้ดินมีความแตกต่างน้อยกว่าของผนังปกติทั่วไปใช้ เพราะที่ผนังที่มีผิวสัมผัสดินทำให้ผนังภายนอกมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก

**การวิเคราะห์ผลการทดสอบ**

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคาร ที่มีผนังภายนอกสัมผัสผิวดิน ระหว่างผิวดินเป็นหญ้าเปียก และหญ้าแห้ง ตารางที่ 2-21 แสดงค่าเปรียบเทียบค่าสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)

	X1	X2	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG.
E1-E2	24.3917	24.7458	0.918	-0.3540	-7.02	0.00
N1-N2	24.1404	24.5769	0.910	-0.4365	-11.49	0.00
S1-S2	24.4080	24.8920	0.824	-0.4712	-8.24	0.00
W1-W2	24.3300	24.6658	0.966	-0.2525	-13.11	0.00

- กำหนดให้
- X1 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดิน ที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียก
  - X2 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดิน ที่ผิวดินเป็นหญ้าแห้ง
  - OA. = Outside Air Temperature
  - Wb. = Wet-Bulb Temperature

จากการวิเคราะห์จะได้สมการถดถอยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดินที่ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้งแต่ละทิศ ดังนี้

$$X = K + (a) OA. + (b) Wb.$$

E2 (Dry grass) = 23.39024 - (0.345412) OA. + (0.49947) Wb.

N2 (Dry grass) = 24.107745 - (0.348021) OA. + (0.48491) Wb.

S2 (Dry grass) = 21.956 - (0.31531) OA. + (0.551142) Wb.

W2 (Dry grass) = 23.42 - (0.210590) OA. + (0.420122) Wb.

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าโดยเฉลี่ยอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดิน ผิวดินเป็นหญ้าเปียกจะเย็นกว่าหญ้าแห้ง 0.25-0.47°C

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคาร ที่มีผนังภายนอกสัมผัสผิวดิน ระหว่างผิวดินเป็นหญ้าเปียก และผิวดินเปียก

ตารางที่ 2-22 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)

	X1	X2	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG.
E1-E2	24.3577	24.9727	0.863	-0.6150	-12.24	0.00
N1-N2	24.3415	24.7719	0.969	-0.4304	-20.61	0.00
SI-S2	24.558	25.3604	0.990	-0.8024	-33.65	0.00
W1-W2	24.6076	25.0371	0.802	-0.4295	-3.27	0.00

กำหนดให้ X1 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดินและที่ผิวดินเป็นหญ้าเปียก  
 X2 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดินและที่ผิวดินเป็นดินเปียก  
 OA. = Outside Air Temperature  
 Wb. = Wet-Bulb Temperature

จากการวิเคราะห์จะได้สมการถดถอยของอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดินและที่ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้งแต่ละทิศ ดังนี้

$$X = K + (a) OA. + (b) Wb.$$

E2 (Dry grass) = 22.597121 - (0.372334) OA. + (0.616824) Wb.  
 N2 (Dry grass) = 25.409040 - (0.274149) OA. + (0.338018) Wb.  
 S2 (Dry grass) = 32.113978 - (0.152547) OA. + (0.137984) Wb.  
 W2 (Dry grass) = 27.530983 - (0.502680) OA. + (0.203654) Wb.

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารสัมผัสผิวดิน ผิวดินเป็นหญ้าเปียกจะเย็นกว่าดินเปียก 0.43-0.80 °C



การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคาร ที่มีผนังภายนอกสัมผัสดิน ระหว่างผิวผนังเป็นหญ้าเปียก และดินแห้ง

ตารางที่ 2-23 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)

	X1	X2	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG.
E1-E2	24.0865	24.1048	0.942	-0.6183	-1.94	0.580
N1-N2	23.2822	23.7324	0.977	-0.4502	-21.74	0.000
SI-S2	24.4855	25.0473	0.969	-0.9618	-17.34	0.000
W1-W2	23.9803	24.4572	0.966	-0.4769	-19.18	0.000

กำหนดให้

X1 = อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวผนังหญ้าเป็นหญ้าเปียก

X2 = อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดินและที่ผิวผนังหญ้าเป็นดินแห้ง

OA. = Outside Air Temperature

Wb. = Wet-Bulb Temperature

จากการวิเคราะห์จะได้สมการถดถอยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวผนังปกคลุมด้วยหญ้าแห้งแต่ละทิศ ดังนี้

$$X = K + (a) OA. + (b) Wb.$$

$$E2 \text{ (Dry grass)} = 24.663997 - (0.287072) OA. + (0.335494) Wb.$$

$$N2 \text{ (Dry grass)} = 24.296686 - (0.273348) OA. + (0.333096) Wb.$$

$$S2 \text{ (Dry grass)} = 27.578315 - (0.301755) OA. + (0.256659) Wb.$$

$$W2 \text{ (Dry grass)} = 26.053012 - (0.242573) OA. + (0.240520) Wb.$$

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าโดยเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ผิวผนังเป็นหญ้าเปียกจะเย็นกว่าดินแห้ง 0.45-0.97°C

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคาร ที่มีผนังภายนอกสัมผัสผิวดิน ระหว่างผิวดินเป็นหญ้าเปียก และพืชคลุมดิน

ตารางที่ 2-24 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)

	X1	X2	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG.
E1-E2	24.7318	24.7066	0.941	+1.0253	33.11	0.00
N1-N2	24.3479	24.111	0.922	+0.6368	12.92	0.00
S1-S2	25.0877	23.5248	0.826	+1.5629	25.26	0.00
W1-W2	24.8461	23.8520	0.792	-0.9440	-14.52	0.00

กำหนดให้

- X1 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร)  
 ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวดินหญ้าเป็นหญ้าเปียก  
 X2 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร)  
 ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวดินหญ้าเป็นดินแห้ง  
 OA. = Outside Air Temperature  
 Wb. = Wet-Bulb Temperature

จากการวิเคราะห์จะได้สมการถดถอยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร)ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดินและที่ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้งแต่ละทิศ ดังนี้

$$X = K + (a) OA. + (b) Wb.$$

E2 (Dry grass) = 24.873532 - (0.194762) OA. + (0.205838) Wb.  
 N2 (Dry grass) = 24.296686 - (0.273348) OA. + (0.333096) Wb.  
 S2 (Dry grass) = 25.607990 - (0.218552) OA. + (0.193630) Wb.  
 W2 (Dry grass) = 24.655823 - (0.167832) OA. + (0.191948) Wb.

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าโดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ผิวดินเป็นหญ้าเปียกจะร้อนกว่าพืชคลุมดิน 0.63-1.56 °C

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคาร ที่มีผนังภายนอกสัมผัสดิน ระหว่างผิวดินเป็นหญ้าเปียก และทราย

ตารางที่ 2-25 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงสถิติ (SPSS V-6.0)

	X1	X2	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG.
E1-E2	24.718	25.3927	0.865	-0.6609	-8.76	0.00
N1-N2	24.5479	24.9230	0.850	-0.3750	-4.68	0.00
S1-S2	25.0877	25.8835	0.898	-0.7958	-6.10	0.00
W1-W2	24.6461	25.3835	0.854	-0.7375	-15.73	0.00

กำหนดให้

X1 = อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร)  
ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวดินหญ้าเป็นหญ้าเปียก

X2 = อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร(ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร)  
ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวดินหญ้าเป็นดินแห้ง

OA. = Outside Air Temperature

Wb. = Wet-Bulb Temperature

จากการวิเคราะห์จะได้สมการถดถอยของอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ที่ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้งแต่ละทิศ ดังนี้

$$X = K + (a) OA. + (b) Wb.$$

$$E2 \text{ (Dry grass)} = 22.552205 - (0.79514) OA. + (0.221491) Wb.$$

$$N2 \text{ (Dry grass)} = 24.345105 - (0.167706) OA. + (0.243975) Wb.$$

$$S2 \text{ (Dry grass)} = 23.933910 - (0.121141) OA. + (0.233500) Wb.$$

$$W2 \text{ (Dry grass)} = 23.620280 - (0.216586) OA. + (0.37682) Wb.$$

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าโดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร (ที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร) ที่ผิวผนังภายนอกอาคารถมด้วยดิน ผิวดินเป็นหญ้าเปียกจะเย็นกว่าดินแห้ง 0.37-0.80 °C

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังภายนอกใต้ดินที่ความลึก 0.60 เมตร และที่ความลึก 1.00 เมตร

ตารางที่ 2-26 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใต้ดินทางทิศใต้ที่ระดับความลึกต่างกัน

		X1	X2	CORR	X1-X2	T-VALUE	SIG
การทดสอบที่ 1	s1.1-S1.4	24.5580	23.8809	0.89	0.6772	13.95	0.00
การทดสอบที่ 2	s1.1-s1.4	24.2855	23.5176	0.938	0.7679	19.85	0.00

กำหนดให้ s1.1-S1.4 = อุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ถมด้วยดินโดยที่ผิวดินเป็น  
หน้าเปียกที่ความลึก 0.60 ม.

s1.1-s1.4 = อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกอาคารที่ถมด้วยดินโดยที่ผิวดินเป็น  
หน้าเปียกที่ความลึก 1.00 ม.

จากตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า โดยเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ถมด้วยดินโดยที่ผิวดินเป็นหน้าเปียกที่ความลึก 0.60 ม. ร้อนกว่า อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกอาคารที่ถมด้วยดินที่ผิวดินเป็นหน้าเปียกที่ความลึก 1.00 ม.  $0.37-0.80^{\circ}\text{C}$

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย T-Test สามารถนำข้อมูลอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ระดับ 0.40 เมตร ที่ภายนอกถมด้วยดินในสภาพต่างกันมาเปรียบเทียบโดยแยกแต่ละทิศได้ ดังตารางที่ 2-27 ถึง 2-30 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวดินที่สัมผัสแตกต่างกันทางทิศตะวันออก

	X2	X1	CORR.	X1-X2	T-VAUE	SIG
หน้าเปียกและหน้าแห้ง	24.3917	24.7458	0.918	-0.3540	-7.02	0.00
หน้าเปียกและดินเปียก	24.3577	24.9727	0.863	-0.6150	-12.24	0.00
หน้าเปียกและดินแห้ง	24.0865	24.1048	0.942	-0.6182	-1.94	0.00
หน้าเปียกและพืชคลุมดิน	24.7318	23.7066	0.941	+1.0253	33.11	0.00
หน้าเปียกและทราย	24.7180	25.3927	0.865	-0.6609	-8.76	0.00

ตารางที่ 2-28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวหนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวหนังที่สัมผัส  
แตกต่างกันทางทิศเหนือ

	X2	X1	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG
ห้องเปียกและห้องแห้ง	24.1404	24.5769	0.910	-0.4365	-11.49	0.00
ห้องเปียกและดินเปียก	24.3415	24.7719	0.969	-0.4304	-20.61	0.00
ห้องเปียกและดินแห้ง	24.4855	25.0473	0.969	-0.9618	-17.34	0.00
ห้องเปียกและพืชคลุมดิน	24.3479	24.1110	0.922	+0.6368	-12.92	0.00
ห้องเปียกและทราย	24.5479	24.9230	0.850	-0.3750	+4.68	0.00

ตารางที่ 2-29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวหนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวหนังที่  
สัมผัสแตกต่างกันทางทิศใต้

	X2	X1	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG
ห้องเปียกและห้องแห้ง	24.4080	24.8920	0.824	-0.4712	-8.24	0.00
ห้องเปียกและดินเปียก	24.5580	25.3804	0.990	-0.8024	-33.65	0.00
ห้องเปียกและดินแห้ง	24.4855	25.0473	0.969	-0.9618	-17.34	0.00
ห้องเปียกและพืชคลุมดิน	25.0877	23.5248	0.826	+1.5629	25.26	0.00
ห้องเปียกและทราย	25.0877	25.8835	0.898	-0.7958	+6.10	0.00

ตารางที่ 2-30 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวหนังภายในอาคารที่มีสภาพผิวหนังที่สัมผัส  
แตกต่างกันทางทิศตะวันตก

	X2	X1	CORR.	X1-X2	T-VALUE	SIG
ห้องเปียกและห้องแห้ง	24.3300	24.6658	0.966	-0.2525	-13.11	0.00
ห้องเปียกและดินเปียก	24.6076	25.0371	0.802	-0.4295	-3.27	0.00
ห้องเปียกและดินแห้ง	23.9803	24.4572	0.966	-0.4769	-19.18	0.00
ห้องเปียกและพืชคลุมดิน	24.8461	23.8520	0.792	-0.9940	-14.52	0.00
ห้องเปียกและทราย	24.6461	25.3835	.854	-0.7375	-15.73	0.00

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าแต่ละทิศของอาคารเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพผิวดินที่แตกต่างกันสามารถจัดลำดับจากอุณหภูมิสูงสุด ไปอุณหภูมิต่ำสุดดังนี้

ทิศเหนือ	ดินแห้ง > หญ้าแห้ง > ดินเปียก > ทราย > หญ้าเปียก > พืชคลุมดิน
ทิศตะวันออก	ทราย > ดินแห้ง > ดินเปียก > หญ้าแห้ง > หญ้าเปียก > พืชคลุมดิน
ทิศตะวันตก	ทราย > ดินแห้ง > ดินเปียก > หญ้าแห้ง > หญ้าเปียก > พืชคลุมดิน
ทิศใต้	ดินแห้ง > ดินเปียก > ทราย > หญ้าแห้ง > หญ้าเปียก > พืชคลุมดิน

เมื่อนำมาเขียนให้เห็นถึงความแตกต่างของอิทธิพลจากสภาพของดินที่แตกต่างกันสามารถเขียนได้ดังนี้

1. ในสภาพผิวดินที่แตกต่างกันจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังแตกต่างกันตามสภาพของดินที่สัมผัสคือ

- ดินที่ปราศจากวัสดุปกคลุมจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารมีค่าสูงกว่าดินที่มีพืชปกคลุม
- ดินที่ปกคลุมด้วยพืชจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารมีค่าต่ำกว่าดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก

แสดงให้เห็นว่าดินที่ปกคลุมด้วยร่มไม้ได้รับร่มเงาจะไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์โดยตรง จึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอาคารมีค่าต่ำกว่าดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุม และพบว่าต้นไม้สามารถช่วยลดอุณหภูมิดินและยังช่วยให้ดินมีอุณหภูมิต่ำที่อีกด้วย

2. อิทธิพลความชื้นของดิน

ดินที่มีความชุ่มชื้นจะมีอุณหภูมิผิวผนังภายในที่ผิวภายนอกสัมผัสดินต่ำกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่มีผนังภายนอกสัมผัสกับดินที่มีความชื้นน้อยกว่าดังจะเห็นได้จากผลการทดลอง ดินแห้งและทรายจะเป็นตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารมีค่าสูงกว่าดินเปียกและดินที่มีวัสดุคลุมดินซึ่งช่วยรักษาความชื้นในดิน

3. อิทธิพลจากชนิดของดิน

ดินต่างชนิดกันจะทำให้อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ด้านนอกสัมผัสดินแตกต่างกันไป จากการทดสอบพบว่า อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ถมด้วยทรายจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ถมด้วยดิน ในขณะที่ดินจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในคงที่ แต่อุณหภูมิผิวผนังภายในที่ถมด้วยทรายจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดแตกต่างกันมากกว่าสาเหตุหนึ่งเกิดจากลักษณะของดินที่แตกต่างกัน ดินจะมีความสามารถในการเก็บน้ำได้ดีกว่าทราย จึงทำให้อุณหภูมิของดินใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกและมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา

## บรรณานุกรมบทที่ 2

สุนทร บุญชูชาติกร. “การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย.” วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครอบรอบ 60 ปี (2536): 16-24.

Akridge, J. M. Investigation of Passive Cooling Techniques for Hot-Humid Climates. Research Report, College of Architecture, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 1982.

Ashbel, D. “Intensity of Solar Radiation and Earth Temperature.” In Hebrew, Hebrew University Press, 1942.

Baruch Givoni. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

Benjamin Stein, John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th ed. New York : John Wiley&Sons, 1992

Bligh, T. “A Comparison of Energy Consumption in Earth-Covered vs. Non-Earth-Covered Buildings.” In Moreland 1975, pp.85-105. (n.p.), 1975.

Herb Wade, Jeffrey Cook, Ken Labs & Steve Selkowitz, eds. Passive Solar : Subdivisions, Windows, Underground. (n.p.), 1983.

## บทที่ 3

### การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

#### 3.1 จุดประสงค์ของการวิจัย

จุดประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อศึกษาระดับการส่องสว่างภายนอกอาคาร (DIFFUSED DAY LIGHT) และสภาพท้องฟ้าจริงในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงานเฉลิมพระเกียรติ
- 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างภายนอกอาคาร การส่องสว่างภายในอาคาร ลักษณะของช่องเปิด ขนาดและค่าการส่องผ่านของแสง และความต้องการระดับการส่องสว่างภายในอาคารตามกิจกรรมของพื้นที่ที่ทำการศึกษา
- 3) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปสู่การพิจารณาออกแบบอาคารประหยัดพลังงานต่อไป

กิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความต้องการระดับการส่องสว่างที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังมีความแตกต่างกันในเรื่องของการยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับการส่องสว่างอีกด้วย โดยบางกิจกรรมจะไม่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับของระดับการส่องสว่างตามสภาพแสงภายนอกมากนัก เช่น ห้องประชุม ห้องจัดแสดงงาน เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องการการควบคุมระดับการส่องสว่างให้มีค่าคงที่ ในขณะที่พื้นที่ที่มีกิจกรรมบางประเภท เช่น ทางเดิน หรือบริเวณทำงาน เป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับการส่องสว่างได้บ้าง โดยที่ไม่รบกวนประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมนั้นๆ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น มีแสงแดดจัดเกือบตลอดปี ทำให้มีศักยภาพที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ในอาคารได้เป็นอย่างดี อีกทั้งการใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่างภายในอาคารยังเป็นการลดการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากการช่วยลดการใช้ระบบไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารลง และแสงธรรมชาติยังมีพลังงานความร้อนปะปนอยู่ในสัดส่วนที่น้อยกว่าแสงประดิษฐ์ใดๆอีกด้วย ดังนั้นจึงสมควรที่จะทำการวิจัยเพื่อให้มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้อาคารที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานต่อไป



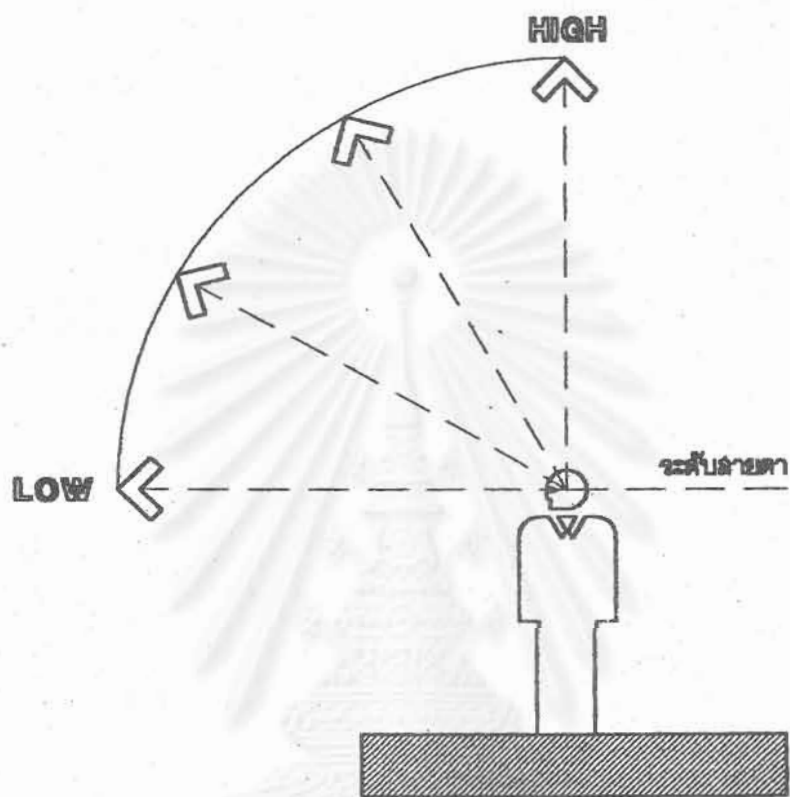
### 3.2 การวิเคราะห์เบื้องต้น

จากการวิเคราะห์ในเบื้องต้นพบว่า ในอาคารทั่วไปที่มีหน้าต่างด้านข้างแต่เพียงอย่างเดียว จะมีแสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานอยู่ในระยะ 3-4 เมตรจากหน้าต่าง เนื่องจากหน้าต่างด้านข้างอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถทนต่อความจ้าเมื่อมองในแนวระดับได้เพียง 180 footlambert เท่านั้น (ดูรูป 3-1) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กระจกที่ตัดแสงได้มากเพื่อให้เกิดความสบายตา ซึ่งจะส่งผลให้มีแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะเพียง 3-4 เมตรดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว แต่หน้าต่างด้านข้างก็ยังให้ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง นั่นคือการสร้างทัศนวิสัยและมุมมองที่ดีในการสัมผัสกับธรรมชาติภายนอกและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาโดยละเอียดพบว่า แสงธรรมชาติน่าจะมีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้งานภายในอาคารได้มากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยการใช้ช่องแสงด้านบน ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและเนื้อที่ที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานให้มีมากกว่าอาคารทั่วไปแล้ว ช่องแสงด้านบนยังอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถรับความจ้าได้มากกว่าแสงจากหน้าต่างด้านข้าง (ดูรูป 3-1) ทำให้สามารถเลือกใช้กระจกที่มีการตัดแสงน้อยกว่า เพื่อให้ปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น การวิจัยนี้จึงเน้นที่การนำแสงในส่วนบน ( SKYLIGHT ) เข้ามาภายในอาคาร โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-1 แสดงระดับความซ้ำที่สายตาอมรับได้ในทิศทางต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.3 วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบแสงธรรมชาติกับพื้นที่ส่วนสำนักงานและส่วนโถงภายในโคม เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะใช้แสงธรรมชาติสำหรับกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ โดยมีรายละเอียดของหุ่นจำลองดังจะกล่าวต่อไป เพื่อความสะดวกในการทำการทดลอง

การทดลองจะถูกจัดทำในสภาวะ 2 แบบ คือ การทดลองใน SKYDOME และการทดลองในสภาพท้องฟ้าจริง โดยการทดลองใน SKYDOME ทำขึ้นเพื่อตัดปัญหาเรื่องความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า ซึ่งมีผลต่อปริมาณค่าการส่องสว่างโดยตรง โดยจะทำการทดลองใน SKYDOME ด้วย UNIFORM SKY เพื่อทดสอบเกี่ยวกับผลกระทบของสีภายในอาคารและประสิทธิภาพของช่องเปิดแบบต่างๆ ที่ใช้ในอาคาร ส่วนการทดลองในสภาพท้องฟ้าจริง ถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษากับปริมาณแสงธรรมชาติที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในอาคารเมื่อเวลาต่างๆ ในช่วงเวลาทำงานว่าเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่เพียงใด

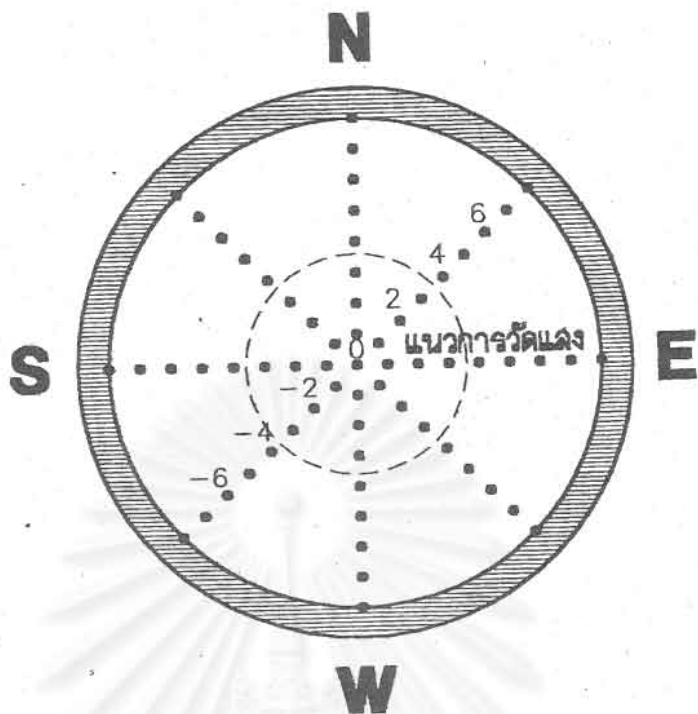
#### 3.3.1 หุ่นจำลองโคม

ผู้วิจัยได้จัดทำหุ่นจำลองโคมในมาตราส่วน 1:10 (ดูรูป 3-1 ถึง 3-6) ที่ชั้น BASEMENT ในสภาพท้องฟ้าจริง ทำการทดลองที่ชั้น GROUND ใน SKYDOME และในสภาพท้องฟ้าจริง เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผนังและเพดานภายในเป็นสีขาว (80% REFLECTANCE) และพื้นสีเทา (30% REFLECTANCE) และเมื่อทำการทดลองในสภาพท้องฟ้าจริง ผู้วิจัยได้กำหนดให้พื้นมีสีเทา (50 % REFLECTANCE) เพดานสีครีม (75% REFLECTANCE) และผนังสีครีม (70 % REFLECTANCE)

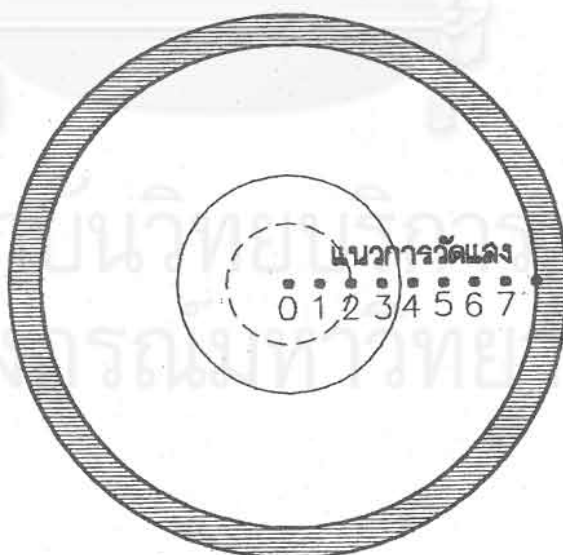
#### 3.3.2 หุ่นจำลองส่วนสำนักงาน

ผู้วิจัยได้จัดทำหุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT และชั้น GROUND ในมาตราส่วน 1:25 โดยได้ทำการทดลองทั้งใน SKYDOME และสภาพท้องฟ้าจริง โดยกำหนดให้ผนังและเพดานภายในเป็นสีขาว (80 % REFLECTANCE) และพื้นสีเทา (60 % REFLECTANCE) (ดูรูป 3-11 ถึง 3-18)

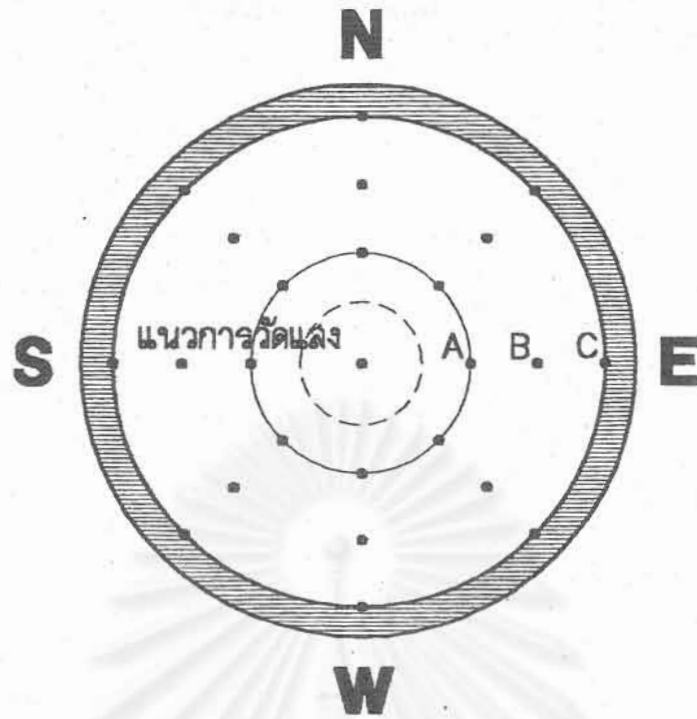
ผู้วิจัยได้ใช้ PHOTO METER รุ่น LI 185 B ในการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง (ดูรูป 3-7) และใช้ LUX METER รุ่น LX-50 ในการวัดค่าการส่องสว่างภายนอกหุ่นจำลอง (ดูรูป 3-8 ถึง 3-10) โดยทำการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ่นจำลองที่ระดับ 0.80 เมตร จากพื้น (ตามมาตราส่วนของหุ่นจำลอง) และทำการวัดค่าทุกระยะ 1 เมตร จาก หน้าต่างเข้าไปภายใน รวมทั้งการวัดค่าการส่องสว่างภายนอกโดยไม่รวม DIRECT SUNLIGHT เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ



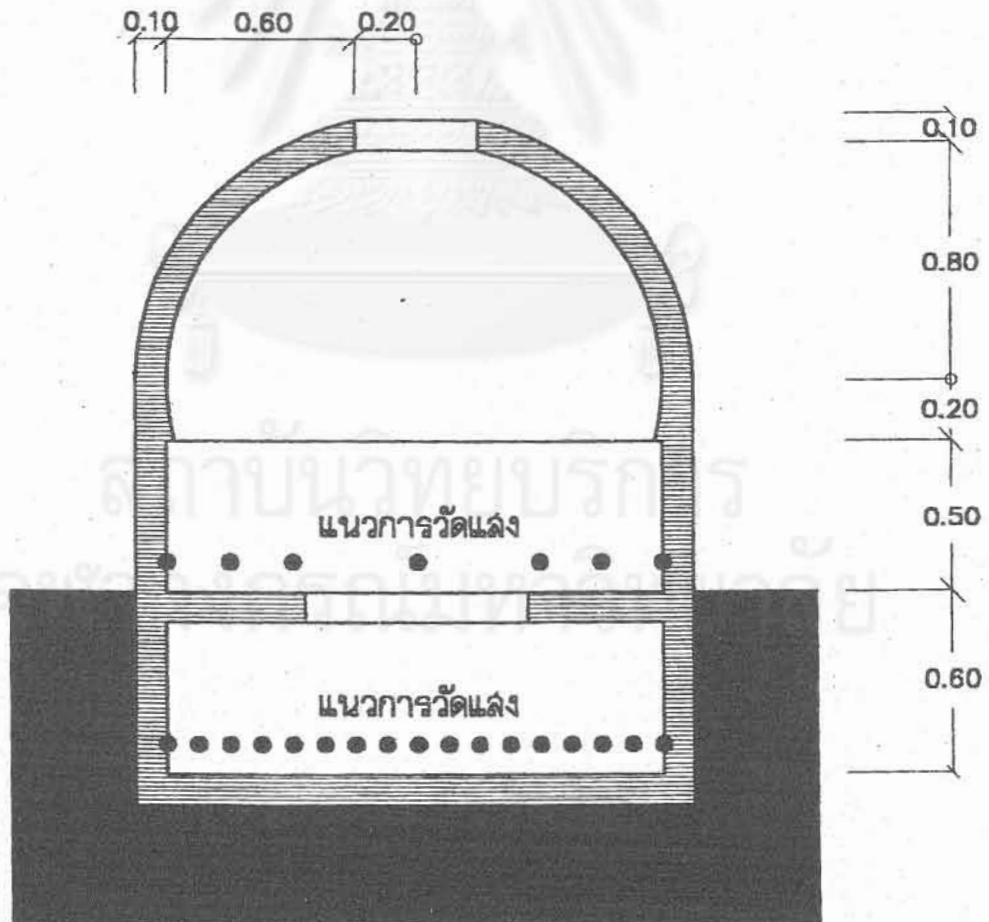
รูปที่ 3-2 แสดงผังพื้นหุ่นจำลองโดมชั้น BASEMENT และแนวการวัดแสงในสภาพท้องฟ้าจริง



รูปที่ 3-3 แสดงผังพื้นหุ่นจำลองโดมชั้น GROUND และแนวการวัดแสงใน SKYDOME



รูปที่ 3-4 แสดงผังพื้นหุ่นจำลองโดมชั้น GROUND และแนวการวัดแสงในสภาพท้องฟ้าจริง



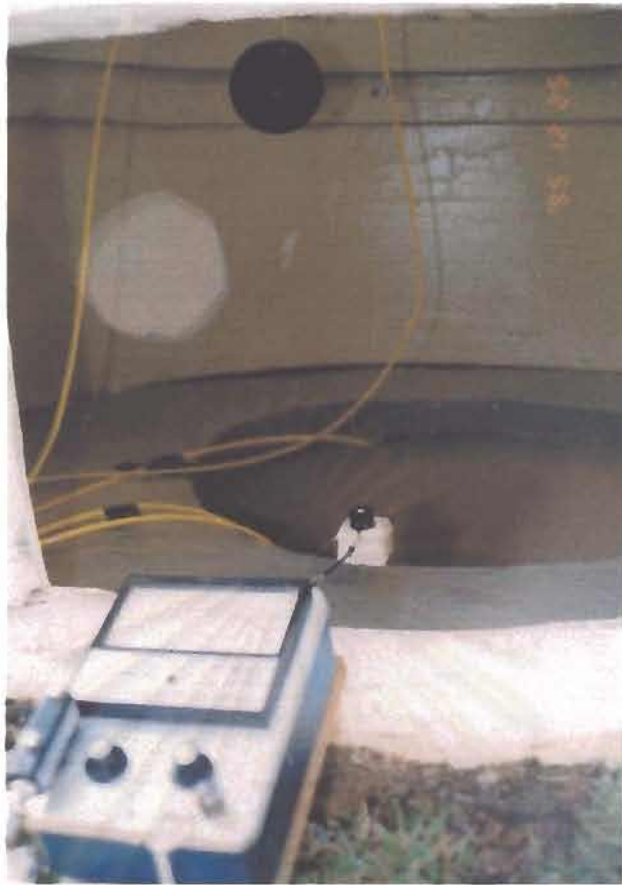
รูปที่ 3-5 แสดงรูปตัดหุ่นจำลองโดม และแนวการวัดแสง



รูปที่ 3-6 แสดงทัศนียภาพภายในหุ่นจำลองโดม



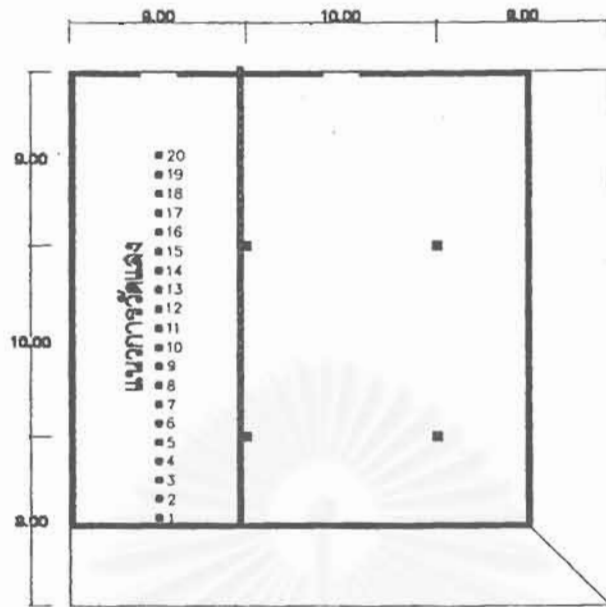
รูปที่ 3-7 แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองโดม



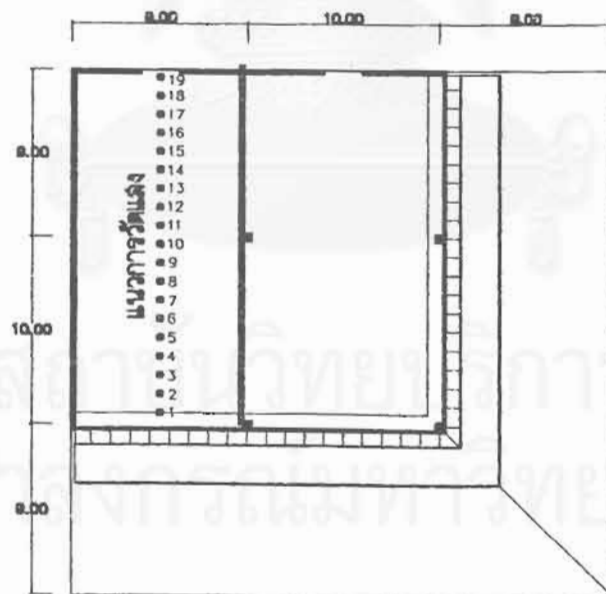
รูปที่ 3-8 แสดงวิธีการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ้่นจำลอง โคม



รูปที่ 3-9 แสดงวิธีการวัดค่าการส่องสว่างภายในหุ้่นจำลอง โคม

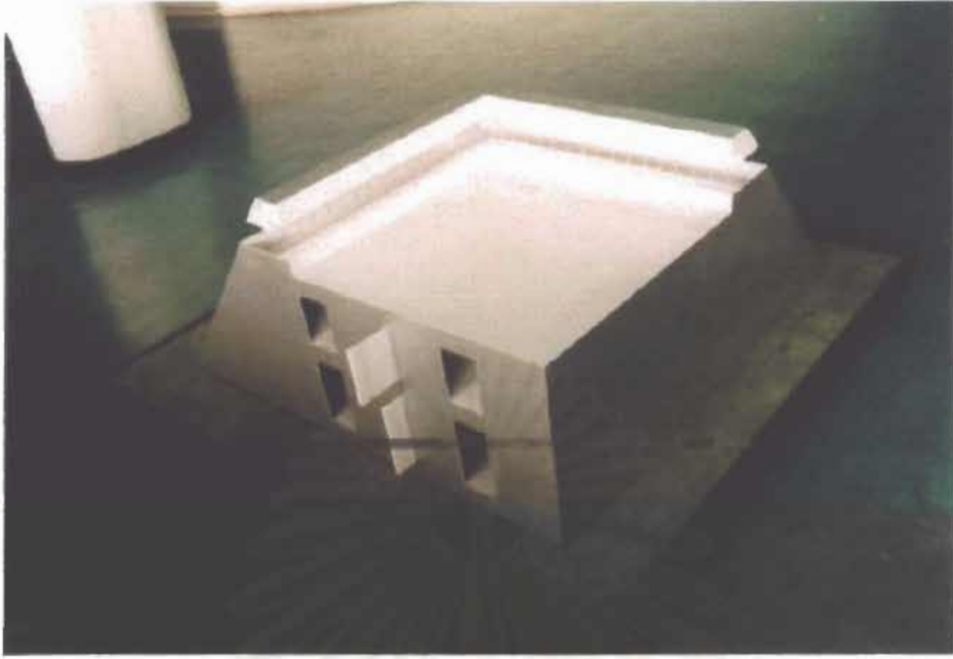


รูปที่ 3-10 แสดงผังพื้นหุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT และแนวการวัดแสง

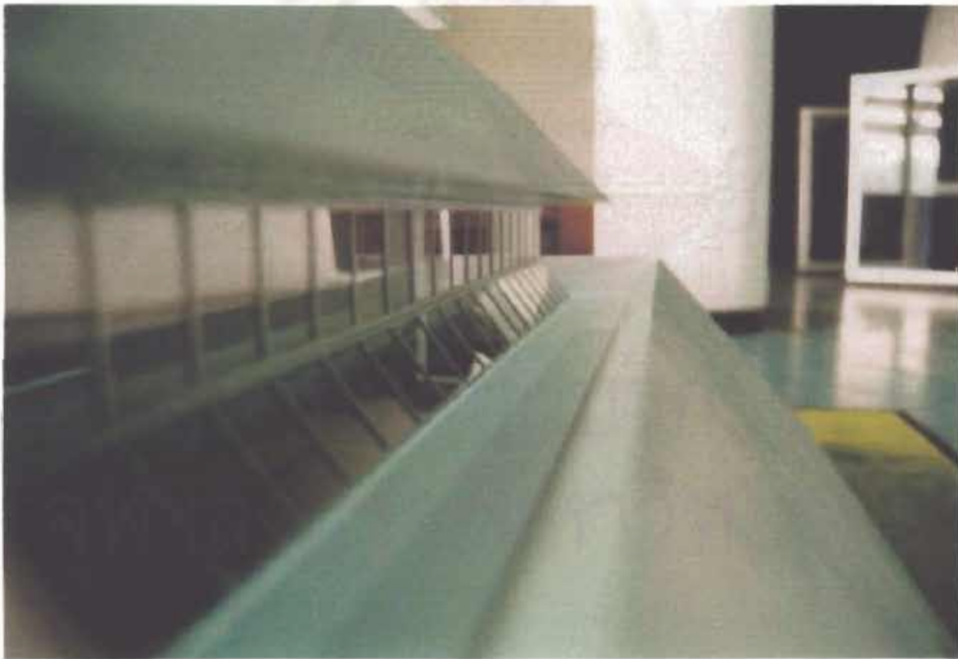


รูปที่ 3-11 แสดงผังพื้นหุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น GROUND และแนวการวัดแสง

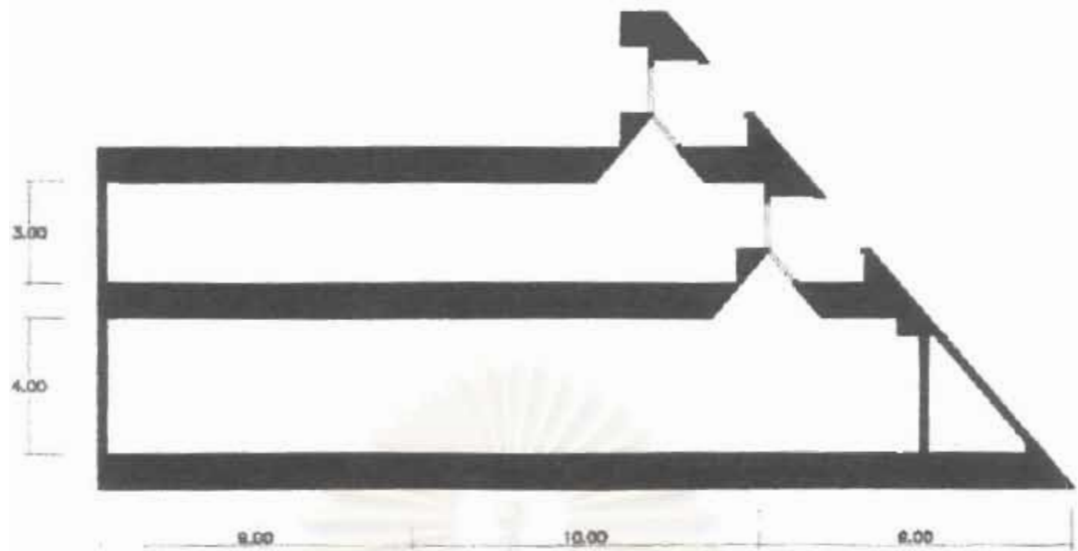




รูปที่ 3-14 แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองส่วนสำนักงานด้านหลัง



รูปที่ 3-15 แสดงหน้าต่างด้านข้างของชั้น GROUND  
และช่องแสงด้านบนของชั้น BASEMENT



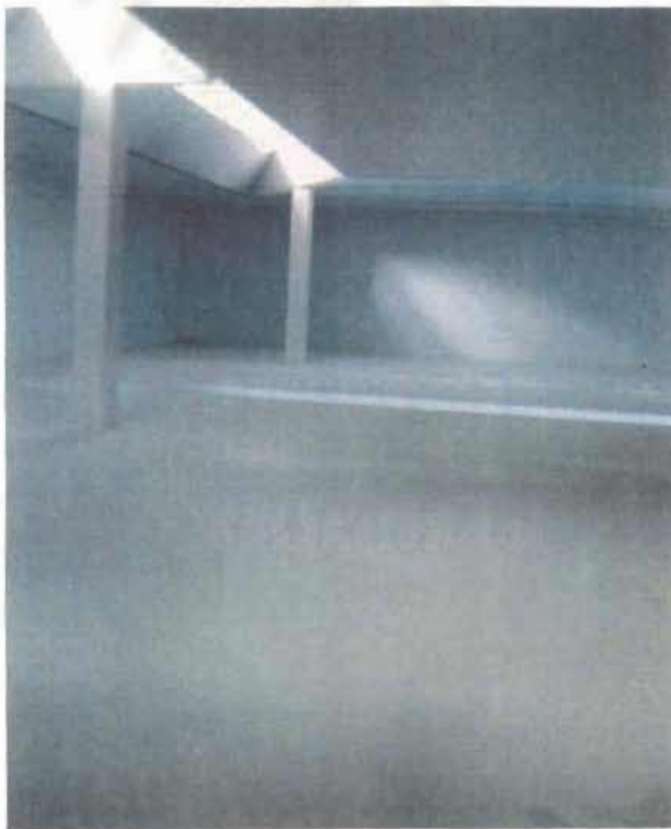
รูปที่ 3-12 แสดงรูปตัดหุ่นจำลองส่วนสำนักงาน



รูปที่ 3-13 แสดงทัศนียภาพภายนอกหุ่นจำลองส่วนสำนักงานด้านหน้า



รูปที่ 3-16 แสดงบรรยากาศในหุ้่นจำลองทดสอบแสงธรรมชาติชั้นสำนักงาน



รูปที่ 3-16 แสดงบรรยากาศในหุ้่นจำลองทดสอบแสงธรรมชาติชั้นต่ำกว่าระดับดิน

### 3.4 ผลการทดลองในหุ่นจำลองโคมและการวิเคราะห์ผล

#### 3.4.1 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ในสภาพท้องฟ้าจริง

ผู้วิจัยได้จัดทำหุ่นจำลองโคมชั้น BASEMENT และทำการทดลองที่จังหวัด ปทุมธานี ในเดือนธันวาคม ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสไม่มีเมฆ และได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 8:30 น. ถึง 12 : 30 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาที่งานตามปกติ ผู้วิจัยกำหนดให้สีของผนังภายในและเพดานเป็นสีครีม (70% REFLECTANCE) พื้นสีเทา (50% REFLECTANCE) และช่องเปิดมีค่า DAYLIGHT TRANSMISSION 75% และระดับการส่องสว่างที่เพียงพออยู่ที่ประมาณ 30 FOOTCANDLE ผลการทดลองปรากฏดังนี้

**เวลา 8:30 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2000 FOOTCANDLE ทำให้ค่าการส่องสว่างภายในมีค่าตั้งแต่ 4-17 FOOTCANDLE ซึ่งทำให้ค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ชั้น BASEMENT อยู่ระหว่าง 0.2-0.9 % ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับของชั้น BASEMENT อยู่ห่างจากช่องแสงมาก และมีพื้นชั้น GROUND มาบังแสงบางส่วนไป โดยทั่วไปมีการกระจายของแสงที่สม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ (ดูตารางที่ 3-2, 3-3, และรูปที่ 3-19, 3-20 ประกอบ)

**เวลา 10:30 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 3000 FOOTCANDLE ค่าการส่องสว่างภายใน มีค่าตั้งแต่ 10 - 44 FOOTCANDLE ซึ่งทำให้ค่า DAYLIGHT FACTOR อยู่ระหว่าง 0.3-1.5% แสงอาทิตย์จะเข้าไปในหุ่นจำลองและตกลงบนผนังชั้น GROUND และสะท้อนลงมาที่พื้นชั้น BASEMENT ประกอบกับการบังแสงของพื้นชั้น GROUND จึงทำให้ส่วนที่มีดที่สุดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และส่วนที่สว่างที่สุดจะอยู่เอียงมาในทิศตรงกันข้าม (ดูตารางที่ 3-4, 3-5, และรูปที่ 3-21, 3-22 ประกอบ)

**เวลา 12:30 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 3300 FOOTCANDLE ค่าการส่องสว่างภายในมีค่าตั้งแต่ 13-76 FOOTCANDLE ค่า DAYLIGHT FACTOR อยู่ในระหว่าง 0.4 - 2.3% โดยที่บริเวณที่มีดที่สุดอยู่ทางด้านทิศเหนือ และส่วนที่สว่างที่สุดจะอยู่ตรงกลางเอียงมาทางทิศใต้ เนื่องจากการสะท้อนของแสงที่ผนังชั้น GROUND จะเห็นว่าทุกพื้นที่ภายในหุ่นจำลองที่ชั้น

BASEMENT จะมีระดับการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน (ดูตารางที่ 3-6, 3-27, และรูปที่ 3-18, 3-23 ประกอบ)

### สรุป

เนื่องจากพื้นที่ชั้น BASEMENT ที่อยู่ใต้โดมนั้นถูกออกแบบให้เป็นช่องทางเดินซึ่งมีความต้องการปริมาณการส่องสว่างเพียง 30 FC เมื่ออาคารถูกออกแบบให้มีสัดส่วน ช่วงเปิดและสี่ภายในอาคารที่ใกล้เคียงกันกับหุ่นจำลองแล้ว เมื่อระดับการส่องสว่างภายนอกอาคารมีค่ามากกว่า 1500 FC ตลอดช่วงเวลาที่ทำงานแล้ว ภายในอาคารจะมีค่าการส่องสว่างที่พอเพียงทั่วทั้งบริเวณในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของเวลาทำงานปกติ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-1 แสดงค่า การส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น. วันที่ 8 มกราคม 2539

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา หนา 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75 %

SKY CONDITION : แดดจัด ท้องฟ้าแจ่มใส

ค่าการส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบเฉลี่ย = 2010 FOOTCANDLE

ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																ทิศ	
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7		8
NORTH	4.7	6.2	13.0	14.2	15.5	16.5	17.3	17.5	17.5	17.5	16.7	15.5	14.0	13.2	10.0	4.7	4.5	SOUTH
NORTHEAST	4.3	4.7	7.7	12.3	14.0	15.8	17.2	17.5	17.5	16.7	16.2	14.8	13.8	12.5	8.0	4.5	4.2	SOUTHWEST
EAST	4.7	5.8	10.1	12.1	15.2	16.3	16.7	16.8	17.5	17.3	17.0	16.0	14.2	12.8	8.2	5.2	4.3	WEST
SOUTHEAST	5.2	7.5	10.7	13.0	14.3	15.8	16.7	17.0	17.5	17.0	16.7	15.8	15.2	14.0	11.5	5.7	5.2	NORTHWEST

ตารางที่ 3-2 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคมที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น.

ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																ทิศ	
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7		8
NORTH	0.2	0.3	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.2	0.2	SOUTH
NORTHEAST	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.4	0.2	0.2	SOUTHWEST
EAST	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	WEST
SOUTHEAST	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.3	0.3	NORTHWEST

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-3 แสดงค่า การส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น. วันที่ 8 มกราคม 2539

FENESTRATION MATERIAL : กระดาษกั้นหนา 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75 %

SKY CONDITION : มีเมฆเล็กน้อย แดดจัด

ค่าการส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบเฉลี่ย = 3000 FOOTCANDLE

ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																	ทิศ
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
NORTH	10.2	12.2	23.2	26.2	27.8	31.3	41.5	45.0	42.2	45.7	43.8	41.2	38.3	34.8	28.7	20.3	20.0	SOUTH
NORTHEAST	11.2	13.0	16.8	29.2	34.0	41.8	43.5	43.5	42.2	41.8	41.7	38.5	36.2	32.2	23.2	15.0	14.2	SOUTHWEST
EAST	16.0	17.5	23.7	32.8	36.8	41.5	42.7	44.2	42.2	40.0	38.3	32.8	30.2	27.7	23.5	13.0	10.2	WEST
SOUTHEAST	18.0	19.7	28.0	33.3	35.7	40.3	41.2	41.3	42.2	40.0	34.7	31.0	29.7	28.0	22.5	11.7	10.3	NORTHWEST

ตารางที่ 3-4 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคมที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น.

ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																	ทิศ
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
NORTH	0.3	0.4	0.8	0.9	0.9	1.0	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.7	0.7	SOUTH
NORTHEAST	0.4	0.4	0.6	1.0	1.1	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.8	0.5	0.5	SOUTHWEST
EAST	0.5	0.6	0.8	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.4	0.3	WEST
SOUTHEAST	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	0.9	0.8	0.4	0.3	NORTHWEST

ตารางที่ 3-5 แสดงค่า การส่องสว่างภายในโคม ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น. วันที่ 8 มกราคม 2539

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชาหนา 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75 %

SKY CONDITION : มีเมฆบางเต็มท้องฟ้า แดดจืด

ค่าการส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบเฉลี่ย = 3300 FOOTCANDLE

ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																ทิศ	
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7		8
NORTH	14.3	16.2	37.5	45.2	47.8	50.3	51.2	62.3	71.7	76.7	70.8	67.3	58.8	52.8	40.7	29.0	28.3	SOUTH
NORTHEAST	13.3	15.0	21.3	39.2	43.8	46.7	50.0	62.5	71.7	72.5	64.2	55.0	48.7	43.3	31.3	25.3	25.0	SOUTHWEST
EAST	14.7	17.3	22.5	41.2	48.0	57.3	66.3	71.7	71.7	73.3	65.3	55.5	47.2	41.2	34.8	18.8	15.5	WEST
SOUTHEAST	25.8	28.7	38.7	48.0	55.7	62.2	71.7	74.5	71.7	61.3	54.0	49.7	47.2	44.8	35.2	18.0	16.5	NORTHWEST

3-17

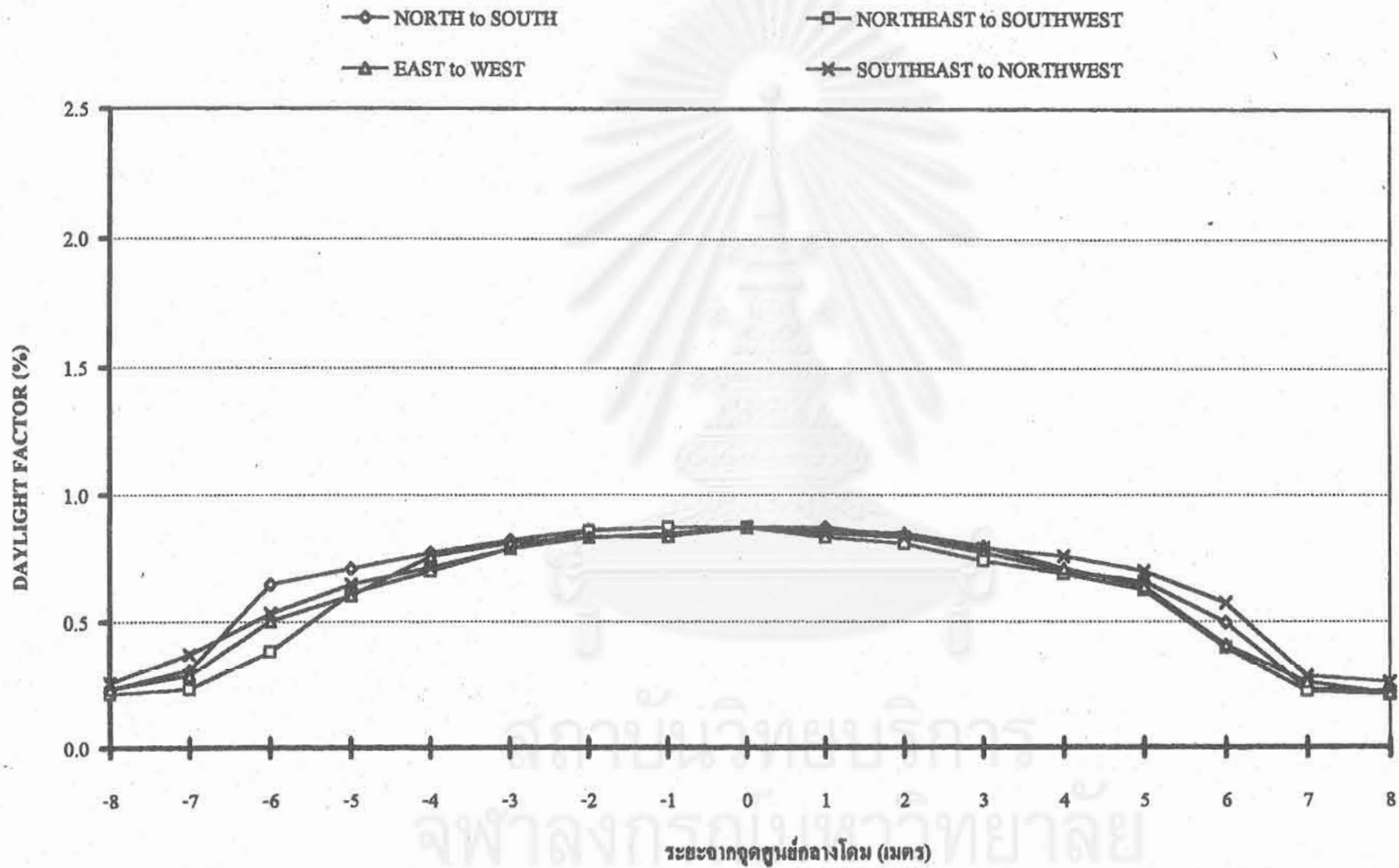
ตารางที่ 3-6 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคมที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น.

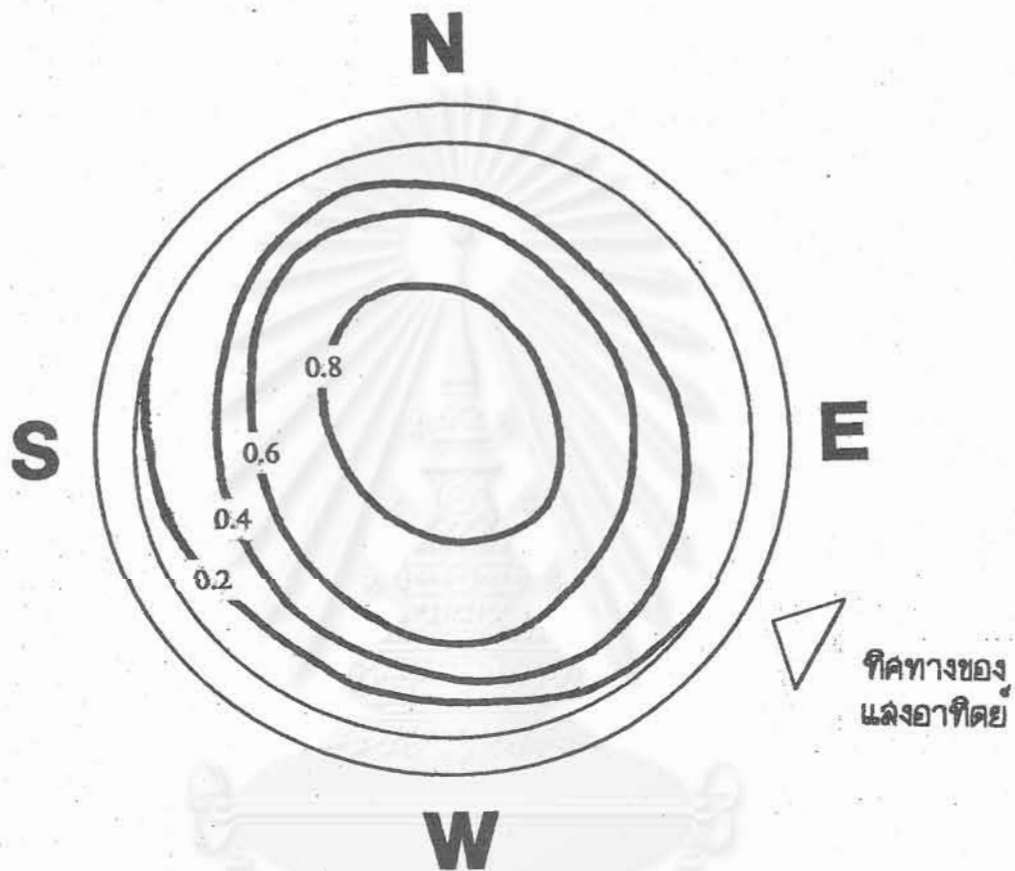
ทิศ	ระยะจากจุดศูนย์กลางโคม (เมตร)																ทิศ	
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7		8
NORTH	0.4	0.5	1.1	1.4	1.4	1.5	1.6	1.9	2.2	2.3	2.1	2.0	1.8	1.6	1.2	0.9	0.9	SOUTH
NORTHEAST	0.4	0.5	0.6	1.2	1.3	1.4	1.5	1.9	2.2	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	0.9	0.8	0.8	SOUTHWEST
EAST	0.4	0.5	0.7	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.2	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	0.6	0.5	WEST
SOUTHEAST	0.8	0.9	1.2	1.5	1.7	1.9	2.2	2.3	2.2	1.9	1.6	1.5	1.4	1.4	1.1	0.5	0.5	NORTHWEST

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



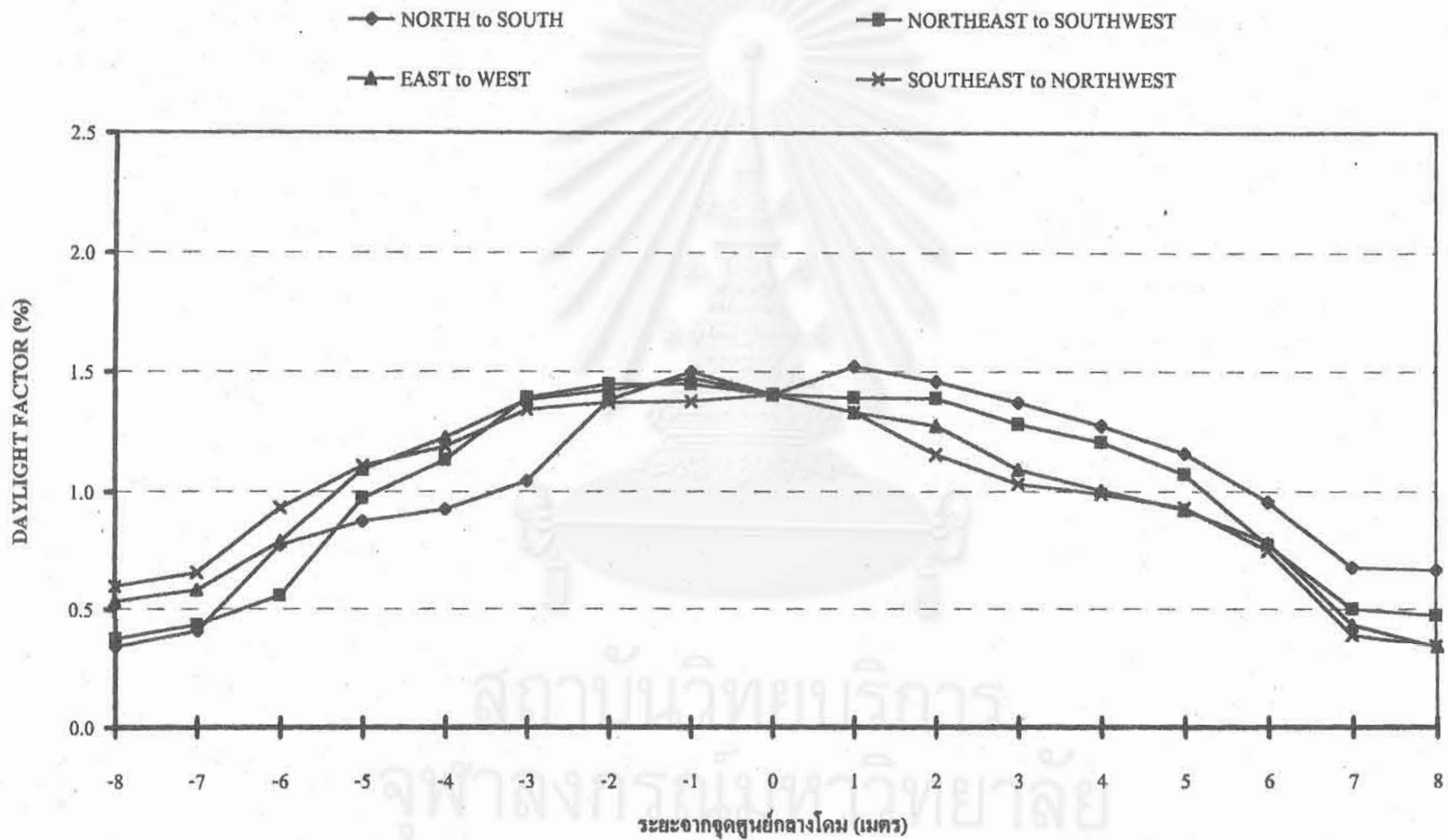
รูปที่ 3-18 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม ที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น.

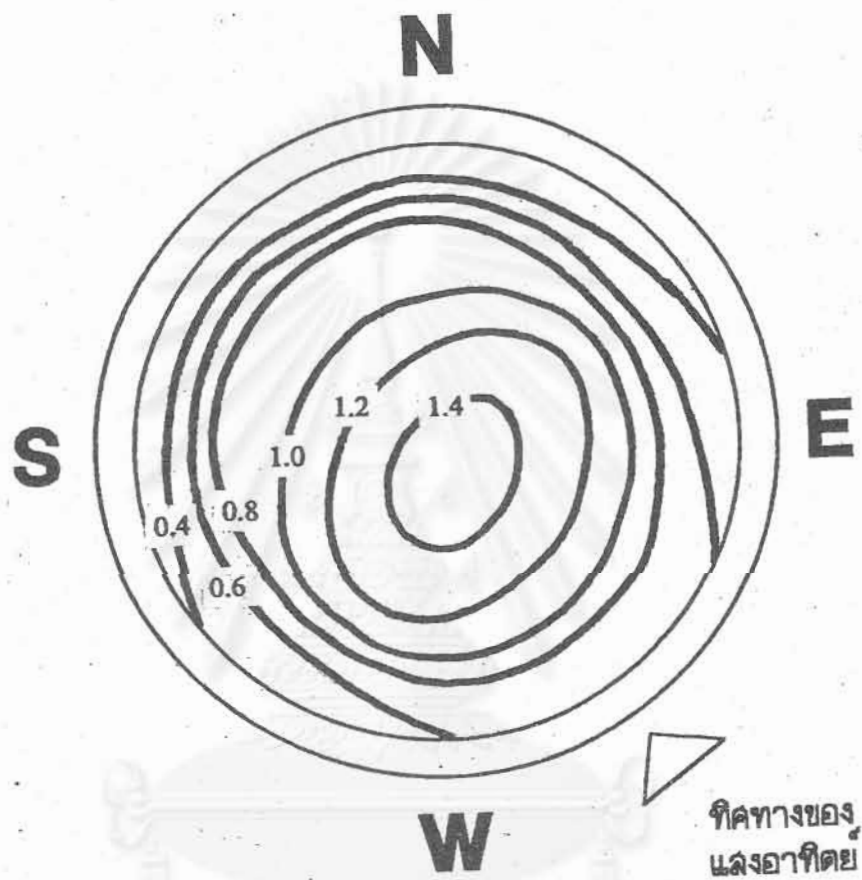




รูปที่ 3-19 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม บนดั่งที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 8:30 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ

รูปที่ 8-20 แผนภูมิเส้นแสดง DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม ที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น.

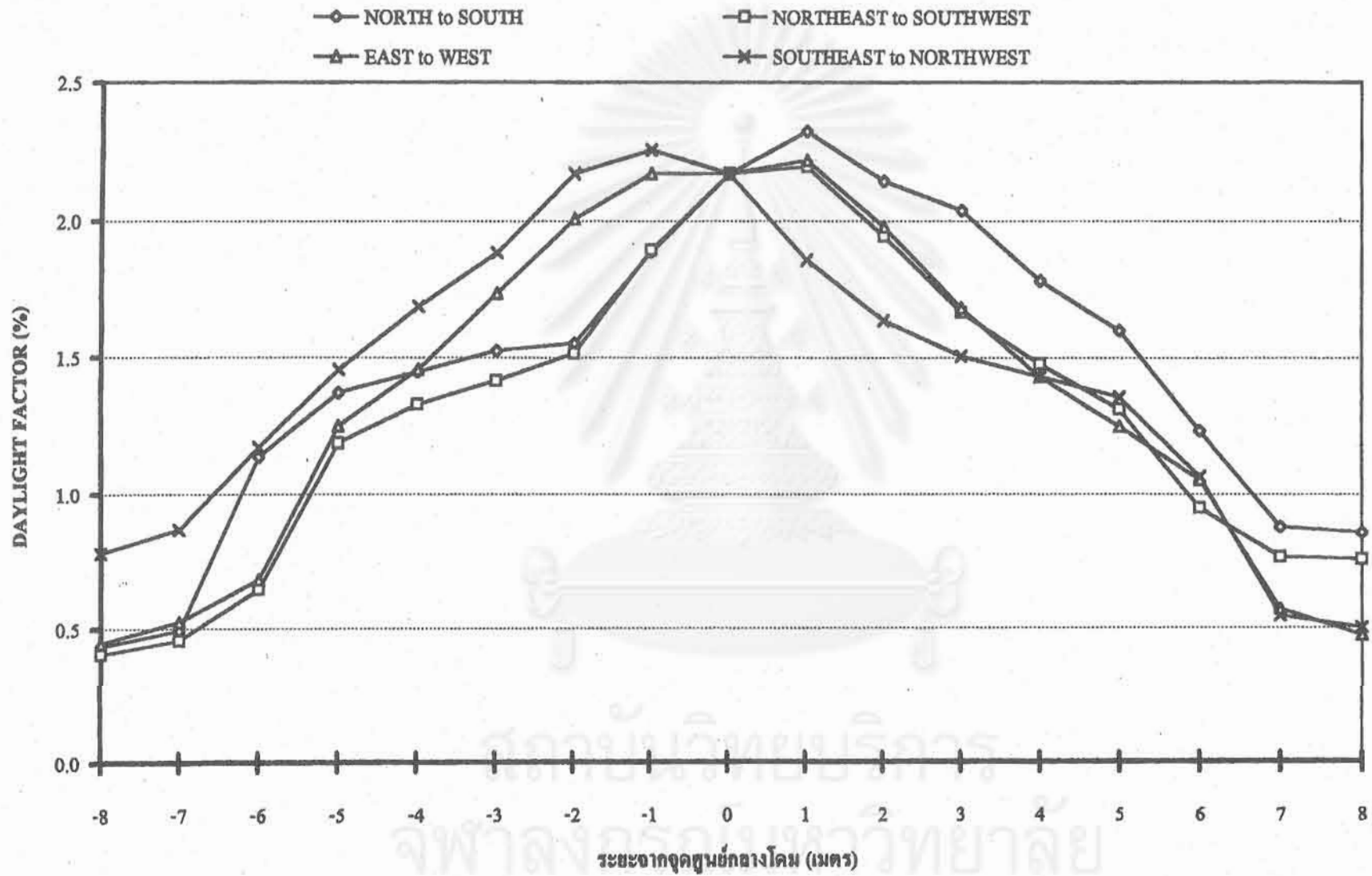


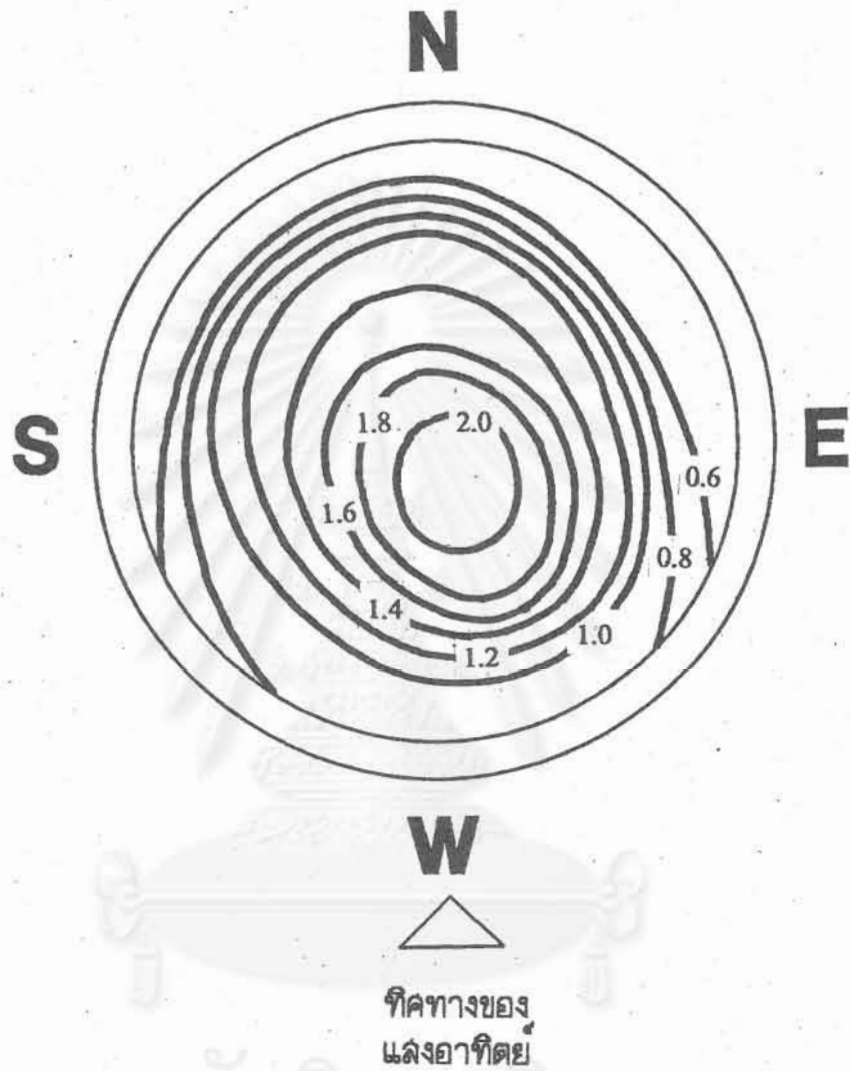


สถาบันวิทยบริการ

รูปที่ 3-21 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น BASEMENT ในเวลา 10:30 น.  
เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ

รูปที่ 3-22 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในคอม ที่ชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น.





รูปที่ 3-23 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม บนผนังชั้น BASEMENT ในเวลา 12:30 น.  
เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ

### 3.4.2 การทดลองที่ชั้น GROUND ใน SKYDOME ด้วย UNIFORM SKY

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองโคมที่ชั้น GROUND ภายใน SKYDOME ด้วยสภาพท้องฟ้าจำลองแบบ UNIFORM SKY ซึ่งมี DIFFUSE LIGHT ที่เท่ากันในทุกทิศทาง โดยมีค่าการส่องสว่างภายใน SKYDOME ที่ 585 FOOTCANDLE ผลการทดลองพบว่าระดับการส่องสว่างภายในหุ่นจำลองมีค่าสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ โดยมีระดับการส่องสว่างอยู่ที่ 19-22 FOOTCANDLE หรือมี DAYLIGHT FACTOR ประมาณ 3% ทั่วทั้งบริเวณ นั่นคือถ้าระดับการส่องสว่างภายนอกมีค่าตั้งแต่ 1500 FC ขึ้นไป (ซึ่งเป็นค่าการส่องสว่างภายนอกในช่วงเวลาทำงานของประเทศไทยตั้งแต่เวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น.) และสีภายในอาคารเป็นสีขาว จะทำให้ระดับการส่องสว่างภายในอาคารที่ชั้น GROUND มีค่าตั้งแต่ 45 FC ขึ้นไป ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในช่วงเวลาทำงานตลอดเวลา (ดูตารางที่ 3-7, 3-8 และรูปที่ 3-24 ประกอบ)

#### สรุป

ในส่วนของโถงภายในโคมชั้น GROUND ซึ่งต้องการปริมาณการส่องสว่างเพียง 30 FC หรือคิดเป็น DAYLIGHT FACTOR ที่ 15% จากค่าการส่องสว่างภายนอกซึ่งมีค่าเกิน 2000 FC ตลอดช่วงเวลาทำงาน จะพบว่าเมื่อกำหนดให้ภายในอาคารใช้สีอ่อน ซึ่งมีค่า REFLECTIVITY สูง จะมีค่าการส่องสว่างภายในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานตลอดเวลา จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเป็นการออกแบบที่ใช้ช่วงเปิดขนาดเล็ก แต่สามารถให้ระดับการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานกับพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-7 แสดงปริมาณการส่องสว่างภายในโดมที่พื้นชั้น GROUND

เมื่อทำการทดลองใน SKY DOME

DAYLIGHT TRANSMISSION 75 %

เพดานและผนังภายในสีขาว (85 % REFLECTANCE)

พื้นสีเทา (30 % REFLECTANCE)

ระยะจากจุดกึ่งกลางโดม (เมตร)	ปริมาณการส่องสว่าง (foot candle)
0	22.13
1	22.35
2	22.13
3	22.13
4	22.13
5	21.75
6	21.00
7	19.88
8	19.05

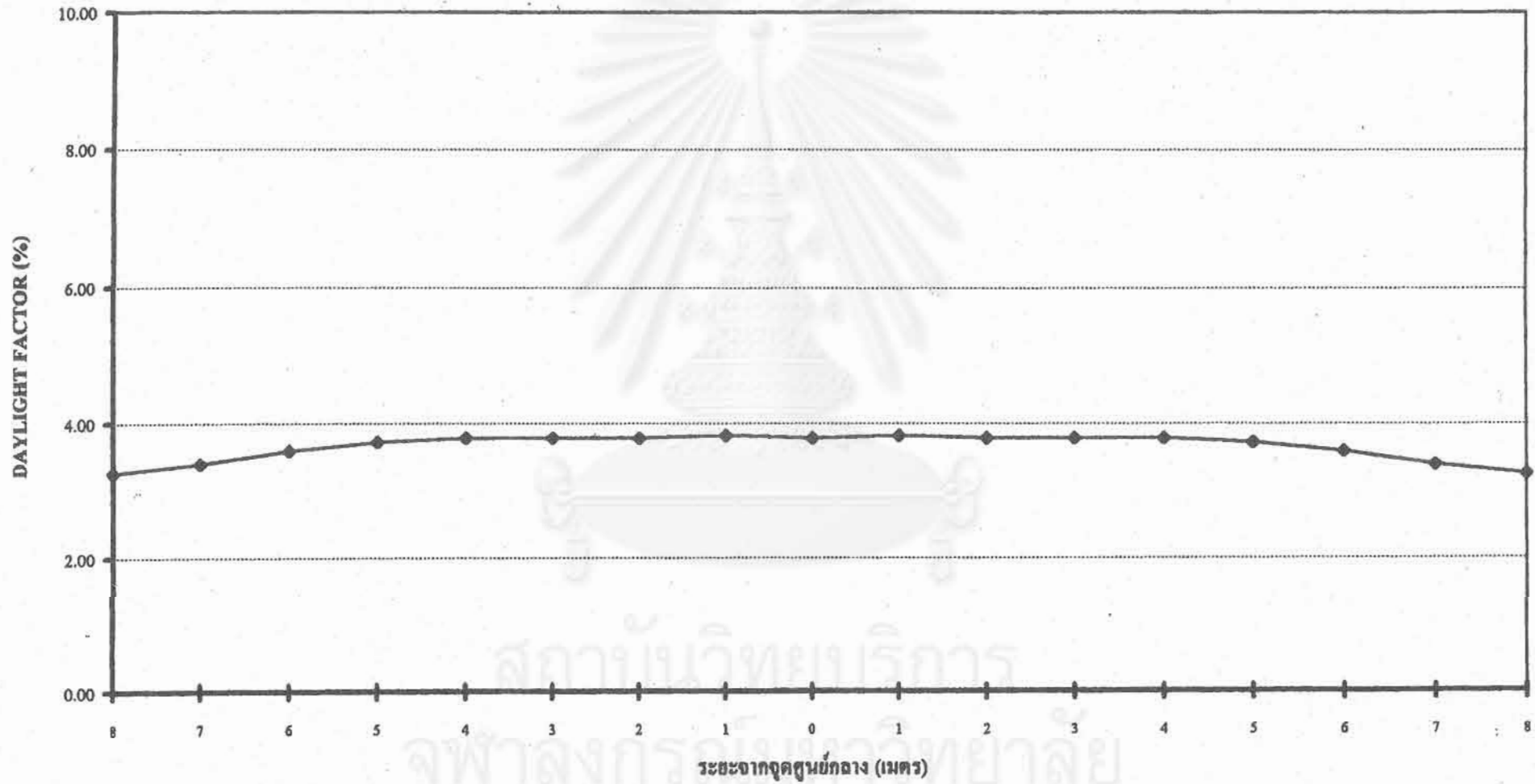
ตารางที่ 3-8 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดมที่พื้นชั้น GROUND

เมื่อทำการทดลองใน SKY DOME

ระยะจากจุดกึ่งกลางโดม (เมตร)	DAYLIGHT FACTOR (%)
0	3.782
1	3.821
2	3.782
3	3.782
4	3.782
5	3.718
6	3.590
7	3.397
8	3.256



รูปที่ 3-24 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดมที่ชั้น GROUND FLOOR เมื่อทำการทดลองใน SKY DOME



### 3.4.3 การทดลองที่ชั้น GROUND ในสภาพท้องฟ้าจริง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองโคมชั้น GROUND ในสภาพท้องฟ้าจริง ที่จังหวัดปทุมธานี ในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวันและได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาทำงานตามปกติ ผลการทดลองปรากฏดังนี้

#### เวลา 8:00 น.

ประมาณการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 1600 FC ทำให้ประมาณการส่องสว่าง ภายในมีค่าประมาณ 15-17 FC หรือมีค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ 1.0 - 1.1 % จากประมาณการส่องสว่างที่ปรากฏจะเห็นว่ายังไม่เพียงพอต่อการใช้งานแต่สร้างอยู่ในระดับที่มองเห็นได้ (ดูตารางที่ 3-10 และ 3-11 ประกอบ)

#### เวลา 10:00 น.

ประมาณการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 3500 FC ทำให้ประมาณการส่องสว่าง ภายในชั้น GROUND มีค่า 47-80 FC หรือมีค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ 1.4-2.4 % จะพบว่าประมาณการส่องสว่างภายในจะเพียงพอต่อการใช้งานทั่วทั้งบริเวณ โดยบริเวณที่สว่างที่สุดจะอยู่กลางพื้นที่เชิงไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ตรงกันข้ามกับทิศของดวงอาทิตย์ในขณะนั้นและการส่องสว่างมีการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ (ดูตาราง 3-12, 3-13 และ รูปที่ 3-26)

#### เวลา 12:00 น.

ประมาณการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 4300 FC ประมาณการส่องสว่างภายในที่ชั้น GROUND มีค่า 65-200 FC ค่า DAYLIGHT FACTOR อยู่ระหว่าง 1.5 - 4.8 % โดยบริเวณที่มีปริมาณแสงมากที่สุดอยู่ทางทิศเหนือ เนื่องจากแสงอาทิตย์ส่องผ่านช่องแสงเข้าไปในหุ่นจำลองและตกลงบนผนังภายในด้านทิศเหนือและสะท้อนลงมายังพื้นชั้น GROUND (ดูตารางที่ 3-14, 3-15 และรูปที่ 3-27 ประกอบ)

#### เวลา 14:00 น.

ประมาณการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 3700 FC ประมาณการส่องสว่างภายในที่ชั้น GROUND มีค่าระหว่าง 60-110 FC ค่า DAYLIGHT FACTOR อยู่ระหว่าง 1.8-3.0 % การ

ส่องสว่างมีการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอและมีระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน ลักษณะโดยทั่วไป คล้ายกับในช่วง 10:00 น. แต่กลับข้างกัน (ดูตารางที่ 3-16, 3-17 และรูปที่ 3-28 ประกอบ)

**เวลา 16:00 น.**

ปริมาณการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2200 FC ปริมาณการส่องสว่างภายในมีค่า ระหว่าง 22-36 FC ค่า DAYLIGHT FACTOR อยู่ระหว่าง 1.5-2.3 % ซึ่งจะพบว่าระดับการส่องสว่างยังอยู่ในระดับที่สามารถมองเห็น และมีการกระจายที่สม่ำเสมอ (ดูตารางที่ 3-18, 3-19 และรูปที่ 3-25 ประกอบ)

**สรุป**

ในส่วนของโถงภายในโดมชั้น GROUND ซึ่งต้องการปริมาณการส่องสว่างเพียง 30 FC หรือคิดเป็น DAYLIGHT FACTOR ที่ 1.5% จากค่าการส่องสว่างภายนอกซึ่งมีค่าเกิน 2000 FC ตลอดช่วงเวลาทำงาน จะพบว่าเมื่อกำหนดให้ภายในอาคารใช้สีอ่อน ซึ่งมีค่า REFLECTIVITY สูง จะมีค่าการส่องสว่างภายในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานตลอดเวลาจึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเป็นการออกแบบที่ใช้ช่วงเปิดขนาดเล็ก แต่สามารถให้ระดับการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานกับพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-9 แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 8:00 น. (ชค. 39)

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา DAYLIGHT TRANSMISSION 75%

SKY CONDITION : CLEAR

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 1596 FC

ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	16.0	16.8	17.0	17.2	16.8	16.8	15.5	SOUTH
NORTHEAST								SOUTHWEST
EAST								WEST
SOUTHEAST								NORTHWEST

ตารางที่ 3-10 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 8:00 น.

ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	SOUTH
NORTHEAST								SOUTHWEST
EAST								WEST
SOUTHEAST								NORTHWEST

3-29

ตารางที่ 3-11 แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น.

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา DAYLIGHT TRANSMISSION 75%

SKY CONDITION : CLEAR

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 3500 FC

ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	63.2	73.5	80.8	81.3	64.8	60.8	52.5	SOUTH
NORTHEAST	52.5	60.8	80.3	81.3	68.3	64.8	57.5	SOUTHWEST
EAST	53.2	59.8	65.2	81.3	83.2	76.3	68.5	WEST
SOUTHEAST	47.5	53.0	60.8	81.3	78.0	80.0	67.7	NORTHWEST

ตารางที่ 3-12 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น.

ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	1.8	2.1	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	SOUTH
NORTHEAST	1.5	1.7	2.3	2.3	2.0	1.9	1.6	SOUTHWEST
EAST	1.5	1.7	1.9	2.3	2.4	2.2	2.0	WEST
SOUTHEAST	1.4	1.5	1.7	2.3	2.2	2.3	1.9	NORTHWEST

ตารางที่ 3-13 แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น.

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา หนา 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75%

SKY CONDITION : CLEAR

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 4270 FC

ทิศ	ตำแหน่งภายในโคม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	159.2	198.3	205.0	117.5	84.2	76.8	67.5	SOUTH
NORTHEAST	89.2	103.3	123.0	117.5	89.2	82.5	71.5	SOUTHWEST
EAST	75.3	83.0	93.5	117.5	100.2	90.8	80.5	WEST
SOUTHEAST	65.8	75.0	85.8	117.5	136.8	125.8	102.5	NORTHWEST

ตารางที่ 3-15 แสดงค่าการส่องสว่างภายในโคม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น.

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา หนา 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75%

SKY CONDITION : CLEAR

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 3660 FC

ทิศ	ตำแหน่งภายในโคม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	77.5	89.2	99.2	92.5	77.5	72.5	62.2	SOUTH
NORTHEAST	87.5	97.5	109.2	92.5	75.8	70.8	65.0	SOUTHWEST
EAST	75.2	83.7	93.2	92.5	69.2	71.3	63.3	WEST
SOUTHEAST	64.8	75.2	30.8	92.5	84.8	78.0	66.8	NORTHWEST

ตารางที่ 3-14 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น.

ทิศ	ตำแหน่งภายในโคม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	10.0	12.4	12.8	7.4	5.3	4.8	4.2	SOUTH
NORTHEAST	5.6	6.5	7.7	7.4	5.6	5.2	4.5	SOUTHWEST
EAST	4.7	5.2	5.9	7.4	6.3	5.7	5.0	WEST
SOUTHEAST	4.1	4.7	5.4	7.4	8.6	7.9	6.4	NORTHWEST

ตารางที่ 3-16 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น.

ทิศ	ตำแหน่งภายในโคม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	4.9	5.6	6.2	5.8	4.9	4.5	3.9	SOUTH
NORTHEAST	5.5	6.1	6.8	5.8	4.7	4.4	4.1	SOUTHWEST
EAST	4.7	5.2	5.8	5.8	4.3	4.5	4.0	WEST
SOUTHEAST	4.1	4.7	1.9	5.8	5.3	4.9	4.2	NORTHWEST

ตารางที่ 3-17 แสดงค่าการส่องสว่างภายในโดม ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น.

FENESTRATION MATERIAL : กระจกสีชา หน้า 5 มม. DAYLIGHT TRANSMISSION 75%

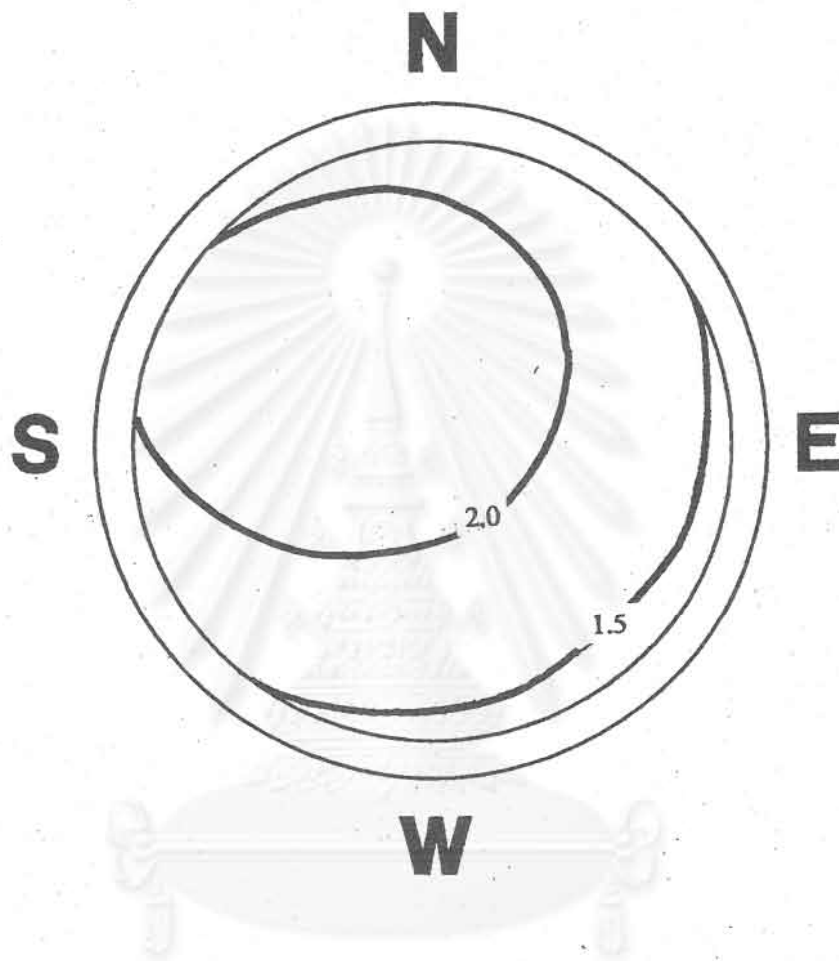
SKY CONDITION : CLEAR

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 2170 FC

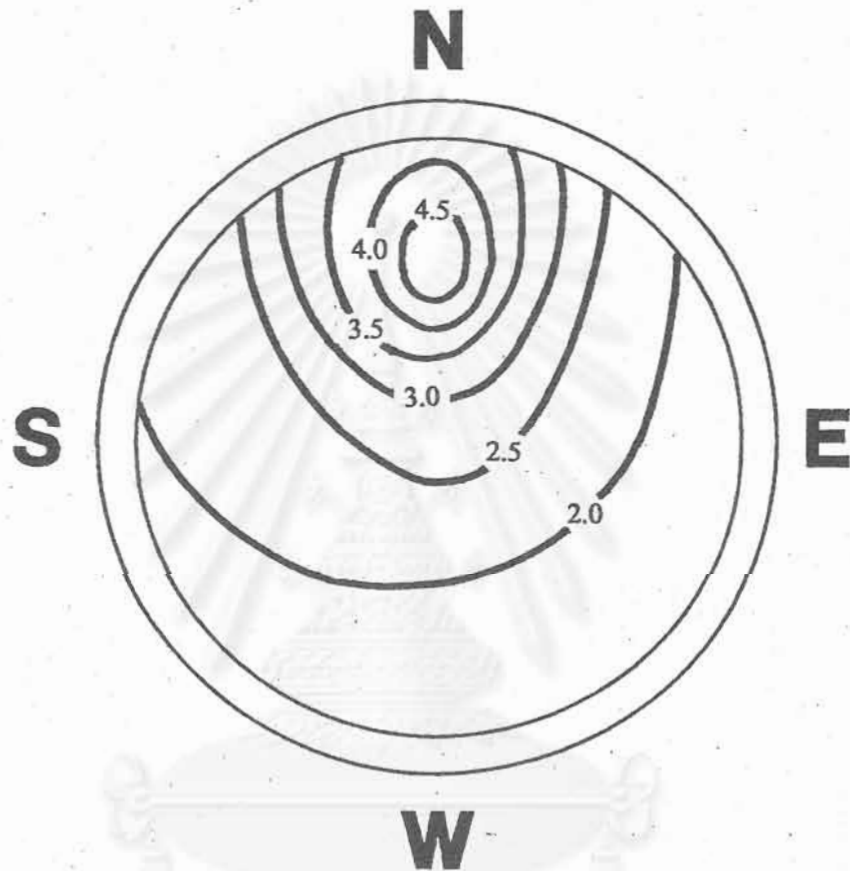
ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	26.0	29.7	32.2	32.3	28.3	26.7	22.8	SOUTH
NORTHEAST	32.3	34.7	36.3	32.3	27.5	26.5	24.7	SOUTHWEST
EAST	29.8	32.5	32.7	32.3	27.7	25.3	22.8	WEST
SOUTHEAST	24.2	27.0	29.5	32.3	28.3	26.0	24.0	NORTHWEST

ตารางที่ 3-18 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่พื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น.

ทิศ	ตำแหน่งภายในโดม							ทิศ
	C	B	A	CNTR	A	B	C	
NORTH	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	SOUTH
NORTHEAST	2.0	2.2	2.3	2.0	1.7	1.7	1.5	SOUTHWEST
EAST	1.9	2.0	2.0	2.0	1.7	1.6	1.4	WEST
SOUTHEAST	1.5	1.7	1.8	2.0	1.8	1.6	1.5	NORTHWEST

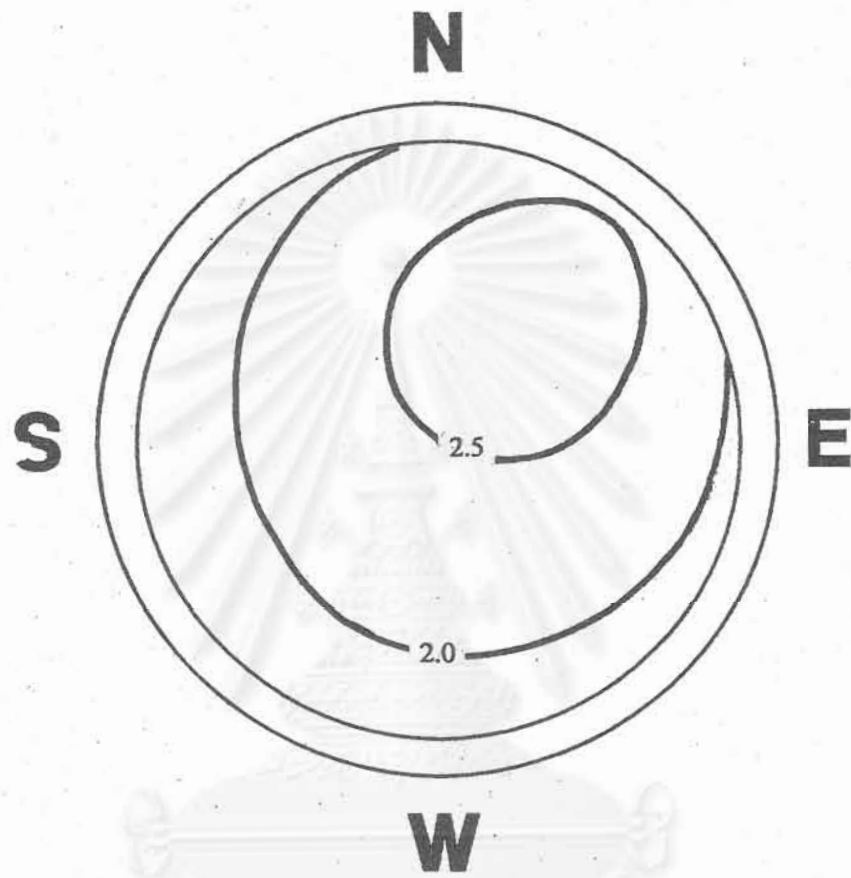


รูปที่ 3-25 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนดั่งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 10:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ

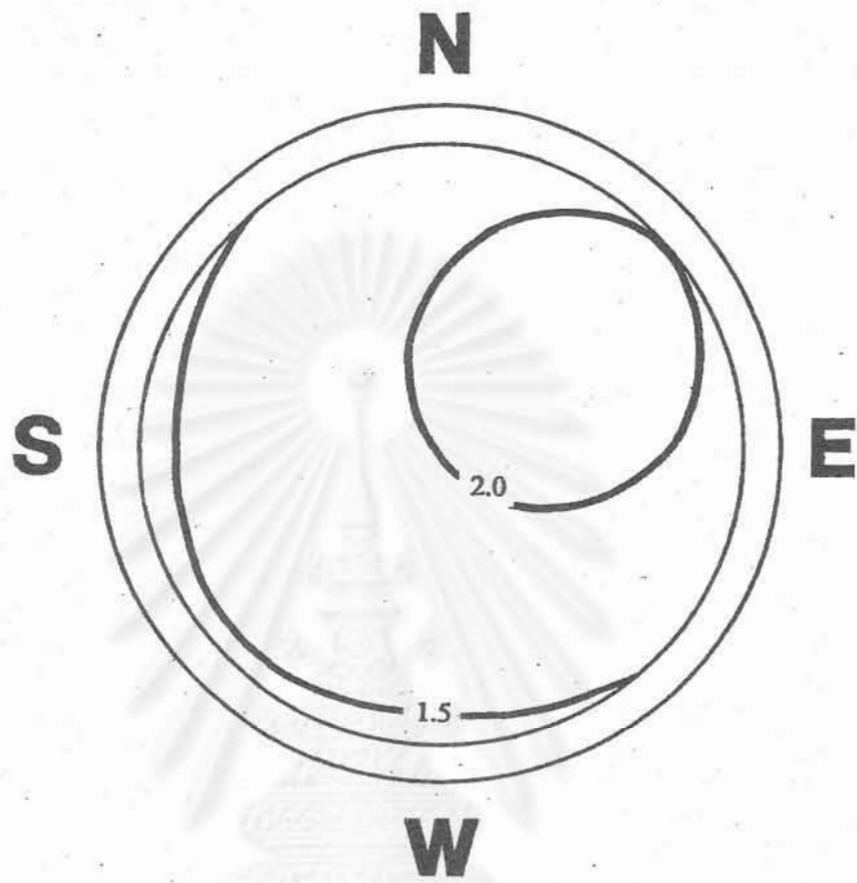


รูปที่ 3-26 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนผนังที่ขึ้นชั้น GROUND ในเวลา 12:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ





รูปที่ 3-27 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโดม บนผังพื้นชั้น GROUND ในเวลา 14:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ



สถาบันวิทยบริการ

รูปที่ 3-28 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในโคม บนคั้งพื้นชั้น GROUND ในเวลา 16:00 น. เมื่อทำการวัดในสภาพแสงธรรมชาติ

### 3.5 การทดลองกับหุ่นจำลองส่วนสำนักงาน

#### 3.5.1 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ใน SKYDOME ด้วย UNIFORM SKY

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ภายใน SKYDOME ด้วยสภาพท้องฟ้าแบบ UNIFORM SKY ซึ่งมี DIFFUSE LIGHT ที่เท่ากันในทุกทิศทาง โดยมีค่าการส่องสว่างภายใน SKYDOME ที่ 585 FC ผลการทดลองพบว่าที่ผนังด้านนอกมีค่า DAYLIGHT FACTOR ประมาณ 1.5% และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ระยะ 8 เมตร จากผนังโดยมีค่าประมาณ 4% และจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะห่างจากผนังที่เพิ่มขึ้น ถ้าระดับการส่องสว่างภายนอกในช่วงเวลาทำงานมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1500 FC ระดับการส่องสว่างที่ต้องการคือ 30 FC หรือคิดเป็น DAYLIGHT FACTOR 2% จะพบว่ามีปริมาณการส่องสว่างอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานถึงระยะประมาณ 11 เมตรจากผนังเป็นอย่างน้อยตลอดช่วงเวลาทำงาน (ดูรูปที่ 3-29 และตารางที่ 3-21 ประกอบ)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-19 แสดงค่าการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME

ผนังสีขาว (80% REFLECTANCE) และพื้นสีเทา (50% REFLECTANCE)

ค่าการส่องสว่างภายนอก = 585 footcandle

ระยะจากผนัง (เมตร)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ค่าการส่องสว่างภายในอาคาร (FC)	8.55	9.80	11.00	13.00	14.00	15.30	16.05	18.75	23.80	22.40	19.30	12.10	7.80	5.20	3.65	2.95	2.55	2.15	1.90

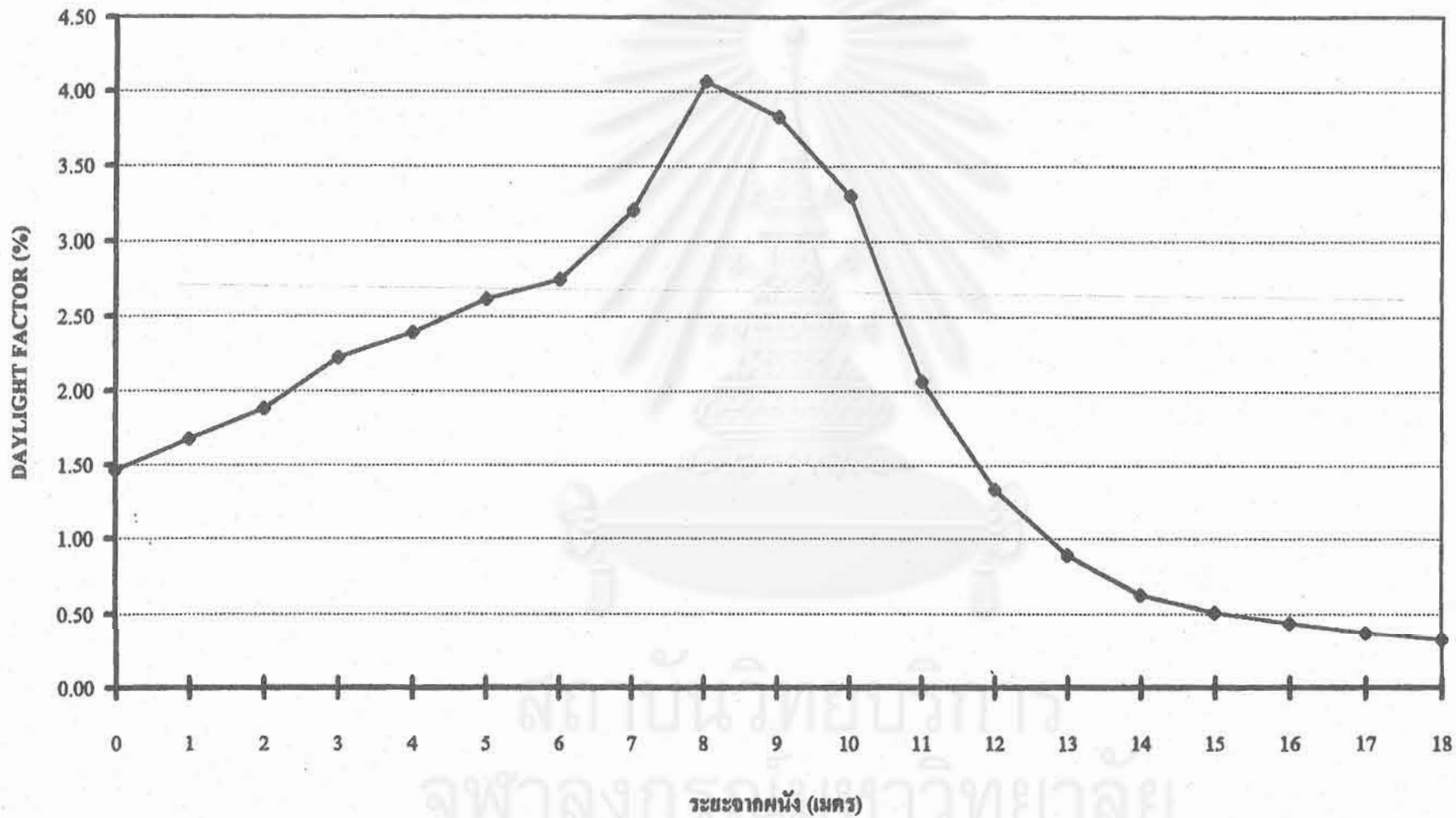
3-37

ตารางที่ 3-20 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME

ระยะจากผนัง (เมตร)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
DAYLIGHT FACTOR (%)	1.46	1.68	1.88	2.22	2.39	2.62	2.74	3.21	4.07	3.83	3.30	2.07	1.33	0.89	0.62	0.50	0.44	0.37	0.32

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-29 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT เมื่อทำการทดลองใน SKYDOME



### 3.5.2 การทดลองที่ชั้น BASEMENT ในสภาพท้องฟ้าจริง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในเดือนกุมภาพันธ์ วันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาทำงานตามปกติ ผลการทดลองปรากฏดังนี้

#### เวลา 8:00 น.

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 1100 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดเนื่องจากเป็นทิศที่หันหน้าให้ดวงอาทิตย์ รองลงมาคือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ โดยที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเพียงพอต่อการใช้งาน (ที่ 30FC) ถึงเกือบ 10 เมตร จากผนัง ส่วนทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้มีบริเวณที่มีการส่องสว่างน้อยกว่าระดับที่ต้องการ (ดูตารางที่ 3-22 และรูปที่ 3-30, 3-31 ประกอบ)

#### เวลา 10:00 น.

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2400 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ยังคงมีค่าสูงสุดรองลงมาคือทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงเหนือตามลำดับ โดยที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่าการส่องสว่างภายในที่สูงกว่าทิศอื่นๆมาก เนื่องจากแสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านลงไปทางช่องแสงด้านบนได้โดยตรงในช่วงเวลานี้ ทำให้มีพื้นที่ที่มีการส่องสว่างเพียงพอถึง 17 เมตรจากผนัง ส่วนทิศอื่นๆ จะมีพื้นที่ประมาณ 9-10 เมตร จากผนัง (ดูตารางที่ 3-22 และรูปที่ 3-30, 3-32 ประกอบ)

#### เวลา 12:00 น.

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2700 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ยังคงมีค่าสูงสุดแต่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับทิศอื่นๆ และมีค่าการส่องสว่างน้อยลงกว่าในเวลา 10.00 น. เนื่องจากรูปแบบของอาคารสามารถกันแดดได้หมด พื้นที่ที่มีการส่องสว่างที่เพียงพอของทุกทิศจะอยู่ระหว่าง 8-10 เมตร จากผนัง (ดูตารางที่ 3-22 และรูปที่ 3-30, 3-34 ประกอบ)

**เวลา 14:00 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2850 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงสุดรองลงมาคือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้จะสามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าไปให้เพียงพอต่อการใช้งานได้ถึง 12 เมตรจากผนัง ส่วนด้านอื่นๆ จะมีการส่องสว่างเพียงพอที่ระยะประมาณ 9-10 เมตร (ดูตารางที่ 3-22 และรูปที่ 3-30, 3-34 ประกอบ)

**เวลา 16:00 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 1500 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าสูงสุด และสามารถดึงแสงที่เพียงพอเข้าไปได้ถึง 16 เมตร เนื่องจากแสงอาทิตย์ส่วนหน้าเข้าไปภายในอาคารทางช่องแสงด้านบน

**สรุป**

ห้องแสดงนิทรรศการเป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องการมองออกไปด้านนอกเนื่องจากจุดสนใจอยู่ ภายในอาคาร ช่องเปิดจึงมีหน้าที่ให้แสงสว่างที่เพียงพอต่อการมองเห็นภายในอาคารเท่านั้น ส่วนการเน้นสิ่งแสดงต้องใช้แสงประดิษฐ์เข้าช่วย ดังนั้นจึงต้องการระดับส่องสว่างเพียง 30 FC เท่านั้น การใช้ช่องแสงด้านบนจึงสามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ดี อีกทั้งการใช้ช่องแสงด้านบนยังทำให้ช่องเปิดมีขนาดเล็กกว่าช่องเปิดด้านข้างมากและมีพื้นที่ส่องสว่างมากกว่าอีกด้วย เมื่อออกแบบด้วยวิธีนี้จะทำให้พื้นที่ส่วนหนึ่งในชั้น BASEMENT มีปริมาณการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานเกือบตลอดเวลาโดยไม่ต้องใช้ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง เข้ามาช่วยเลย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-21 แสดงค่าการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงาน (FOOTCANDLE) ที่ชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

FENESTRATION MATERIAL : CLEAR PLASTIC , DAYLIGHT TRANSMISSION 67%

WALL & CEILING : 80% REFLECTANCE (WHITE)

DATE OF OBSERVATION : FEBRUARY 13 , 1996

FLOOR : 60% REFLECTANCE (GREY)

8:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	UTDR.IL	AV. ILL.	SKY
NE	35.0	43.2	52.9	64.0	65.5	66.3	71.5	67.0	58.1	42.4	25.3	17.9	13.4	11.9	10.4	9.7	7.4	6.7	6.0	75-1240	1207.5	CLEAR
SE	43.9	53.6	67.0	80.4	90.8	96.8	92.3	78.2	67.0	45.4	27.5	17.1	12.7	11.2	8.9	8.2	6.7	6.0	6.0	90-1125	1107.5	CLEAR
SW	8.9	11.2	13.4	16.4	18.6	20.1	25.3	23.8	20.1	13.4	7.4	4.5	3.7	3.0	2.2	2.2	2.2	3.0	3.0	75-1300	1237.5	CLEAR
NW	6.7	8.2	10.4	12.7	15.6	17.1	20.8	20.8	19.4	11.9	7.4	5.2	3.7	3.7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.7	90-1025	1007.5	CLEAR
10:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	UTDR.IL	AV. ILL.	SKY
NE	37.2	46.9	58.8	73.7	87.1	93.8	109.4	99.0	82.6	53.6	29.0	20.1	17.1	14.9	13.4	11.9	10.4	8.9	8.9	50-2400	2375.0	CLEAR
SE	101.2	122.8	151.9	181.6	209.9	235.2	291.1	377.4	327.6	166.8	110.9	86.4	69.2	58.8	49.1	40.9	34.2	29.8	25.3	50-2300	2375.0	CLEAR
SW	28.3	35.0	43.2	54.3	62.5	70.7	80.4	70.7	55.8	29.8	19.4	13.4	11.2	9.7	8.9	8.2	7.4	7.4	7.4	50-2500	2500.0	CLEAR
NW	17.9	23.1	27.5	34.2	40.9	44.7	52.1	46.2	37.2	23.8	15.6	11.2	9.7	8.9	8.9	8.9	8.9	10.4	11.2	50-2550	2525.0	CLEAR
12:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	UTDR.IL	AV. ILL.	SKY
NE	23.8	29.0	36.5	46.9	54.3	61.0	78.2	70.7	58.8	35.0	20.8	14.9	11.2	10.4	9.7	8.2	7.4	7.4	7.4	50-2700	2725.0	CLEAR
SE	39.5	49.1	60.3	77.4	89.3	134.7	145.9	134.0	110.9	58.8	35.0	22.3	17.1	14.9	11.9	10.4	8.9	8.2	8.2	50-2700	2750.0	CLEAR
SW	35.7	43.9	53.6	67.0	78.2	88.6	117.6	108.7	87.8	48.4	28.3	19.4	15.6	13.4	11.9	10.4	9.7	8.9	8.9	50-2850	2850.0	CLEAR
NW	20.1	24.6	31.3	40.2	47.6	54.3	69.2	62.5	50.6	29.0	17.1	11.9	9.7	8.9	7.4	7.4	7.4	7.4	8.2	50-2900	2900.0	CLEAR

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 3-21 (ต่อ) ตารางแสดงค่าการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงาน (FOOTCANDLE) ที่ชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

FENESTRATION MATERIAL: CLEAR PLASTIC, DAYLIGHT TRANSMISSION 67%

WALL & CEILING: WHITE 80% REFLECTANCE

DATE OF OBSERVATION: FEBRUARY 13, 1996

FLOOR: GREY 60% REFLECTANCE

14:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	UTDR.	ILAV. ILL.	SKY
NE	20.1	25.3	32.0	39.5	46.2	51.4	62.5	55.8	46.2	28.3	17.9	12.7	10.4	9.7	8.9	8.9	8.9	8.9	10.4	900-2910	2905.0	CLEAR
SE	32.0	39.5	49.1	61.0	70.7	79.7	99.0	110.9	72.2	40.9	23.8	15.6	12.7	11.2	8.9	8.2	8.2	7.4	7.4	110-2870	2840.0	CLEAR
SW	52.1	64.8	81.1	100.5	116.1	136.2	162.3	182.4	141.4	86.4	52.1	35.7	26.8	23.1	19.4	16.4	14.1	12.7	11.9	180-2820	2850.0	CLEAR
NW	28.3	35.0	43.2	55.8	64.0	71.5	92.3	83.4	67.0	37.2	22.3	14.9	11.9	10.4	9.7	8.9	8.2	7.4	8.2	140-2900	2920.0	CLEAR
16:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	UTDR.	ILAV. ILL.	SKY
NE	14.1	18.6	23.8	29.8	34.2	36.5	40.2	34.2	29.8	19.4	13.4	8.9	6.7	6.0	5.2	5.2	4.5	3.7	3.0	110-1510	1510.0	CLEAR
SE	17.9	22.3	28.3	35.0	40.2	43.9	47.6	42.4	35.0	20.8	12.7	8.2	6.7	6.0	5.2	4.5	3.7	3.7	3.7	150-1540	1545.0	CLEAR
SW	175.7	213.7	260.6	303.7	323.1	336.5	357.3	245.7	197.3	162.3	119.1	73.0	59.6	55.1	48.4	40.9	34.2	29.8	26.1	150-1540	1545.0	CLEAR
NW	38.7	48.4	62.5	81.9	96.0	98.3	105.0	90.8	73.7	45.4	27.5	17.1	13.4	11.2	9.7	8.9	7.4	6.7	6.0	150-1550	1550.0	CLEAR

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-22 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

8:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	2.90	3.58	4.38	5.30	5.43	5.49	5.92	5.55	4.81	3.51	2.10	1.48	1.11	0.99	0.86	0.80	0.62	0.55	0.49
SE	3.97	4.84	6.05	7.26	8.20	8.74	8.34	7.06	6.05	4.10	2.49	1.55	1.14	1.01	0.81	0.74	0.60	0.54	0.54
SW	0.72	0.90	1.08	1.32	1.50	1.62	2.05	1.93	1.62	1.08	0.60	0.36	0.30	0.24	0.18	0.18	0.18	0.24	0.24
NW	0.67	0.81	1.03	1.26	1.55	1.70	2.07	2.07	1.92	1.18	0.74	0.52	0.37	0.37	0.30	0.30	0.30	0.30	0.37
10:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	1.57	1.97	2.48	3.10	3.67	3.95	4.61	4.17	3.48	2.26	1.22	0.85	0.72	0.63	0.56	0.50	0.44	0.38	0.38
SE	4.26	5.17	6.39	7.65	8.84	9.91	12.26	15.89	13.79	7.02	4.67	3.64	2.92	2.48	2.07	1.72	1.44	1.25	1.07
SW	1.13	1.40	1.73	2.17	2.50	2.83	3.22	2.83	2.23	1.19	0.77	0.54	0.45	0.39	0.36	0.33	0.30	0.30	0.30
NW	0.71	0.91	1.09	1.36	1.62	1.77	2.06	1.83	1.47	0.94	0.62	0.44	0.38	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.44
12:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	0.87	1.07	1.34	1.72	1.99	2.24	2.87	2.60	2.16	1.28	0.76	0.55	0.41	0.38	0.36	0.30	0.27	0.27	0.27
SE	1.43	1.79	2.19	2.82	3.25	4.90	5.31	4.87	4.03	2.14	1.27	0.81	0.62	0.54	0.43	0.38	0.32	0.30	0.30
SW	1.25	1.54	1.88	2.35	2.74	3.11	4.13	3.81	3.08	1.70	0.99	0.68	0.55	0.47	0.42	0.37	0.34	0.31	0.31
NW	0.69	0.85	1.08	1.39	1.64	1.87	2.39	2.16	1.75	1.00	0.59	0.41	0.33	0.31	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28

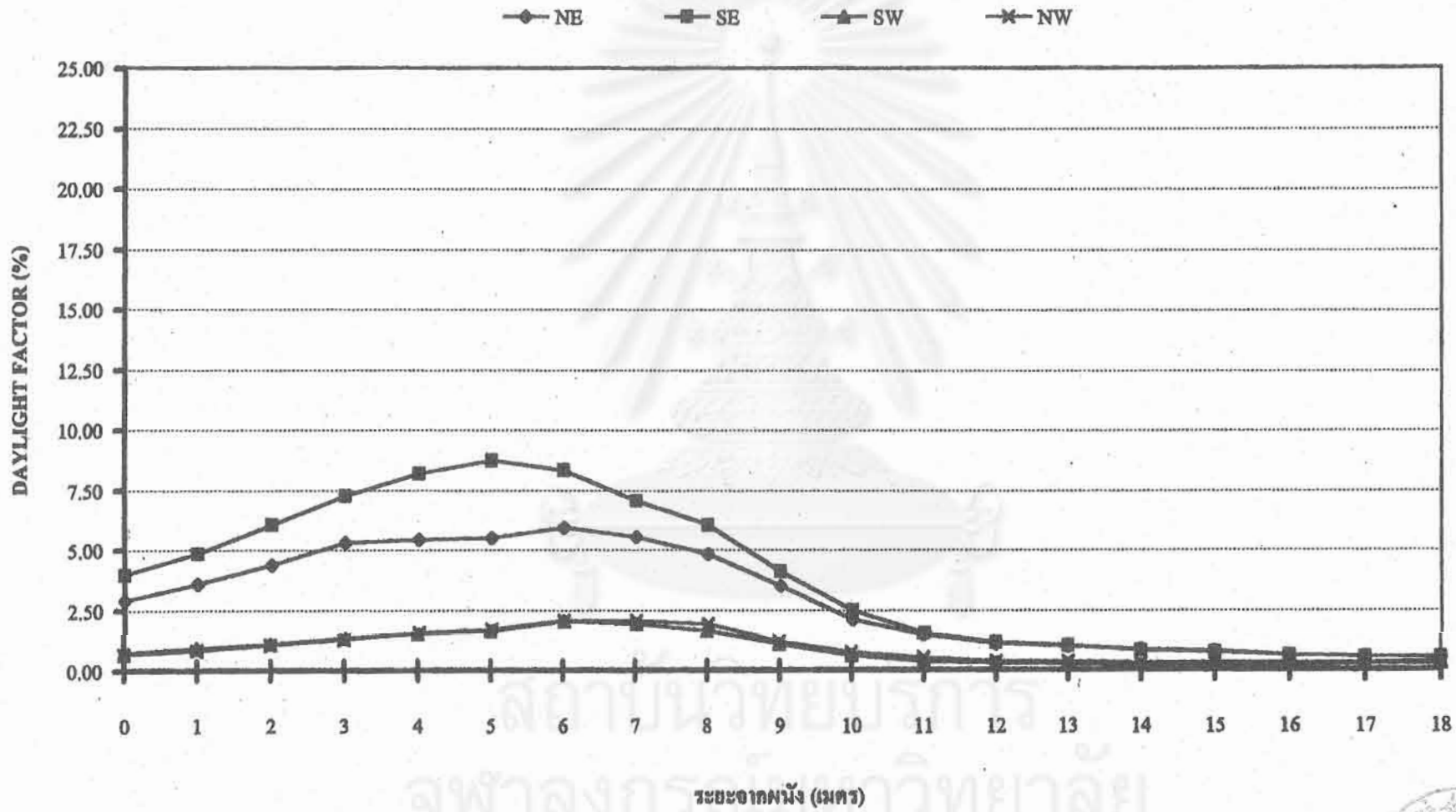
ตารางที่ 3-22 (ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น BASEMENT ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

14:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	0.69	0.87	1.10	1.36	1.59	1.77	2.15	1.92	1.59	0.97	0.62	0.44	0.36	0.33	0.31	0.31	0.31	0.31	0.36
SE	1.13	1.39	1.73	2.15	2.49	2.80	3.49	3.91	2.54	1.44	0.84	0.55	0.45	0.39	0.31	0.29	0.29	0.26	0.26
SW	1.83	2.27	2.85	3.53	4.07	4.78	5.69	6.40	4.96	3.03	1.83	1.25	0.94	0.81	0.68	0.57	0.50	0.44	0.42
NW	0.97	1.20	1.48	1.91	2.19	2.45	3.16	2.86	2.29	1.27	0.76	0.51	0.41	0.36	0.33	0.31	0.28	0.25	0.28
16:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	0.94	1.23	1.58	1.97	2.27	2.42	2.66	2.27	1.97	1.28	0.89	0.59	0.44	0.39	0.35	0.35	0.30	0.25	0.20
SE	1.16	1.45	1.83	2.26	2.60	2.84	3.08	2.75	2.26	1.35	0.82	0.53	0.43	0.39	0.34	0.29	0.24	0.24	0.24
SW	11.37	13.83	16.86	19.66	20.91	21.78	23.13	15.90	12.77	10.50	7.71	4.72	3.85	3.57	3.13	2.65	2.22	1.93	1.69
NW	2.50	3.12	4.03	5.28	6.20	6.34	6.77	5.86	4.75	2.93	1.78	1.10	0.86	0.72	0.62	0.58	0.48	0.43	0.38

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

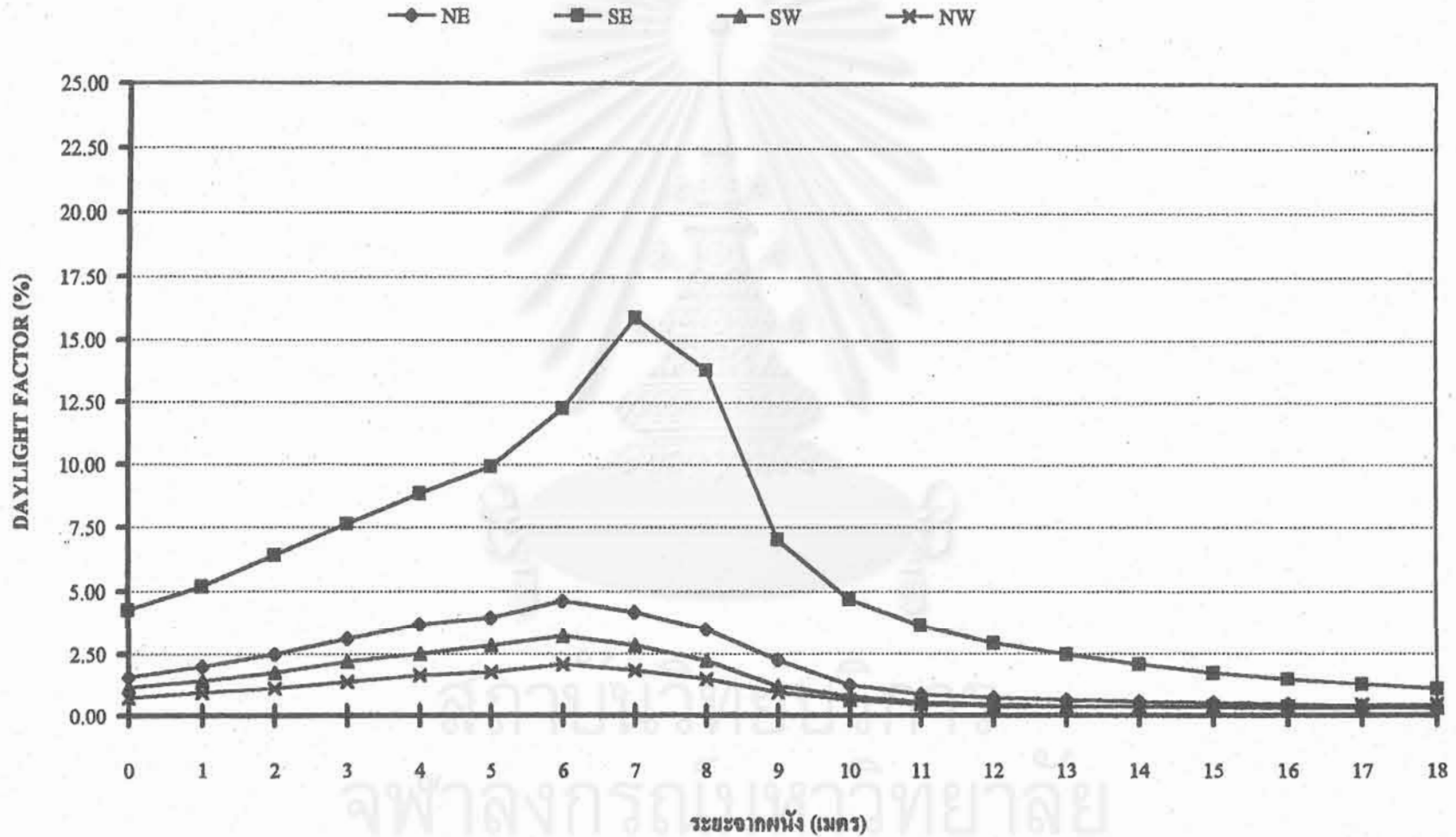
รูปที่ 3-30 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆ ภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ

เมื่อเวลา 8:00 น.

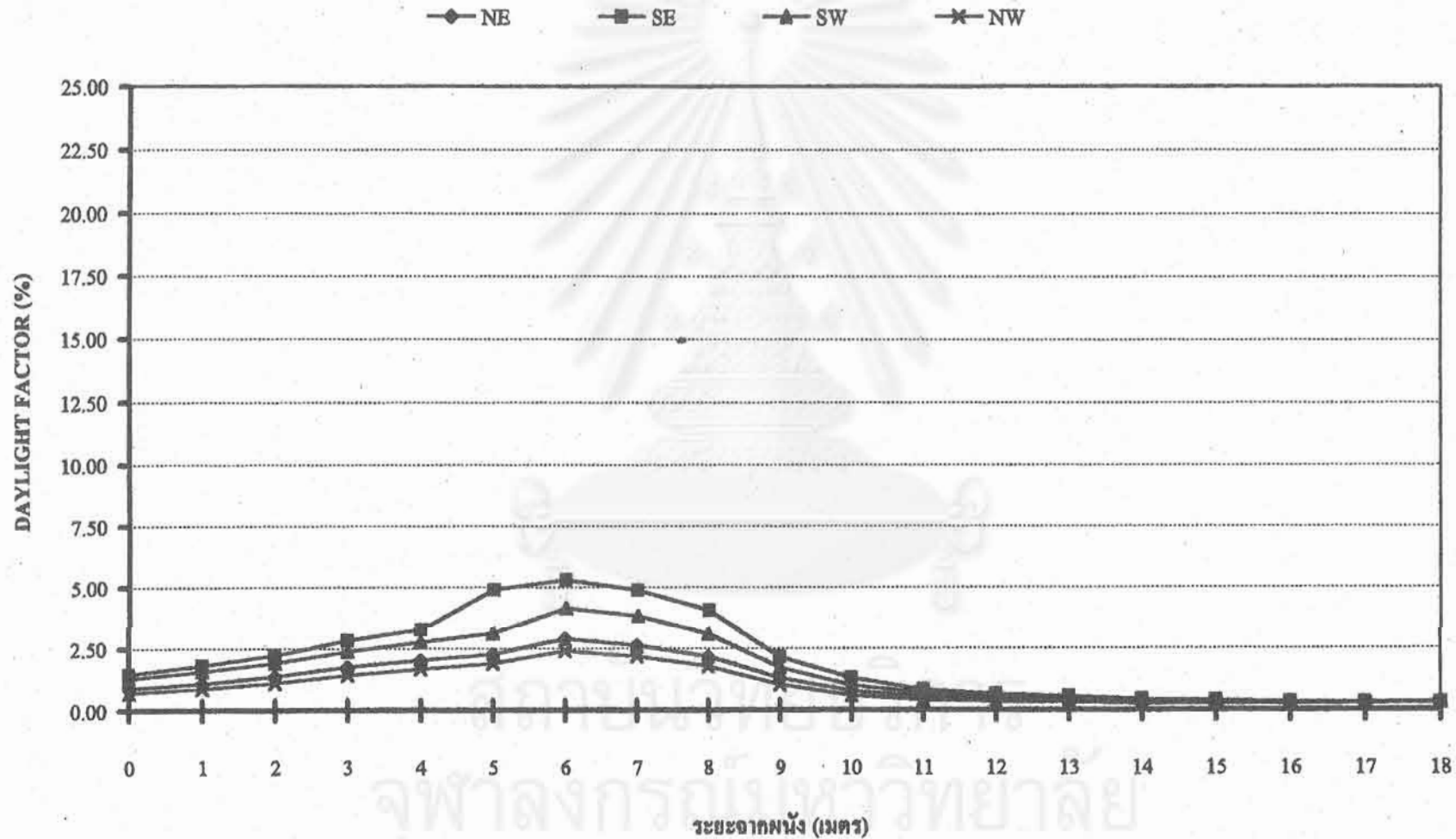


รูปที่ 3-31 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ เมื่อเวลา

10:00 น.

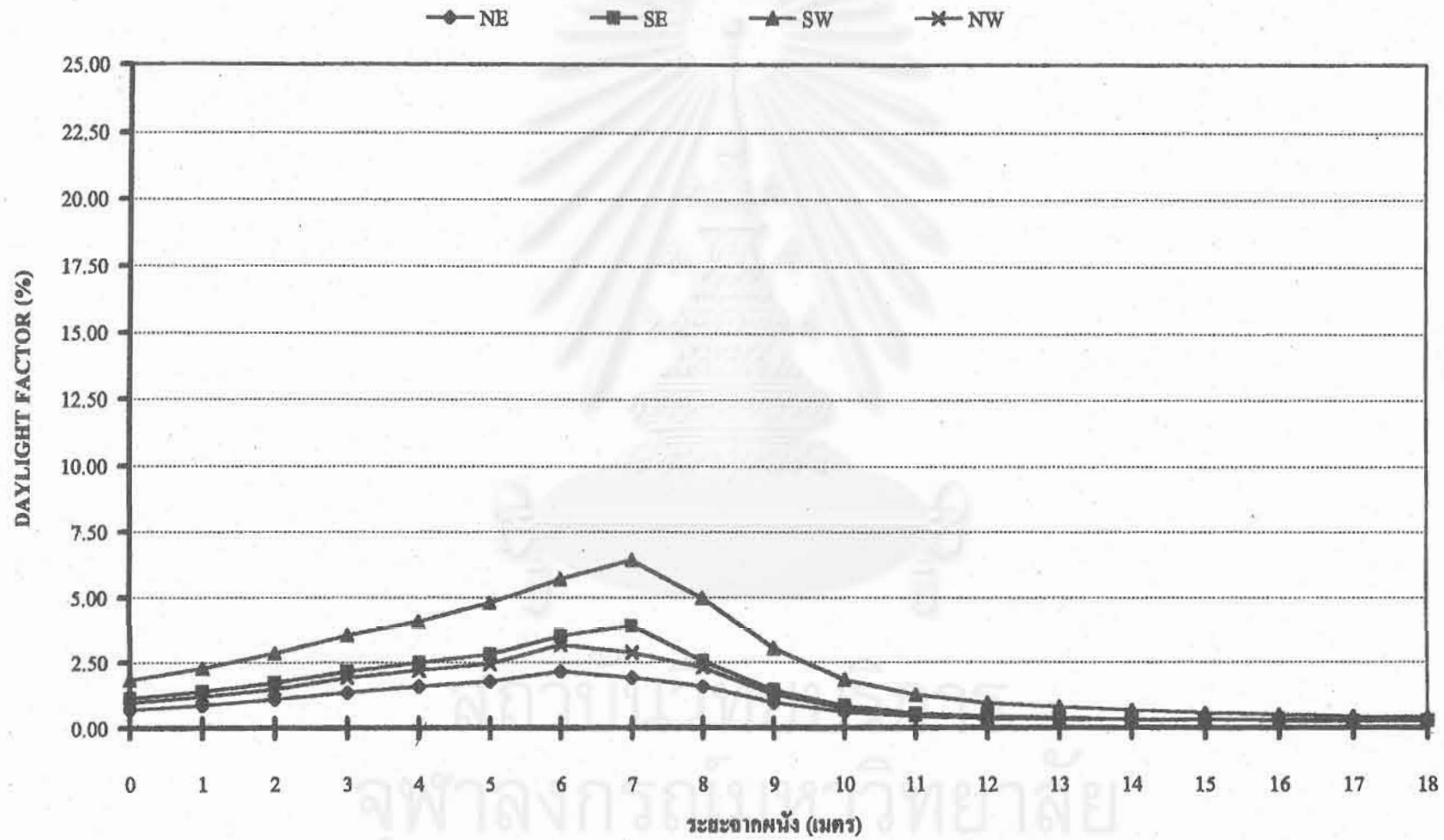


รูปที่ 3-32 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานที่ชั้น BASEMENT ในทิศ  
ต่างๆเมื่อเวลา 12:00 น.



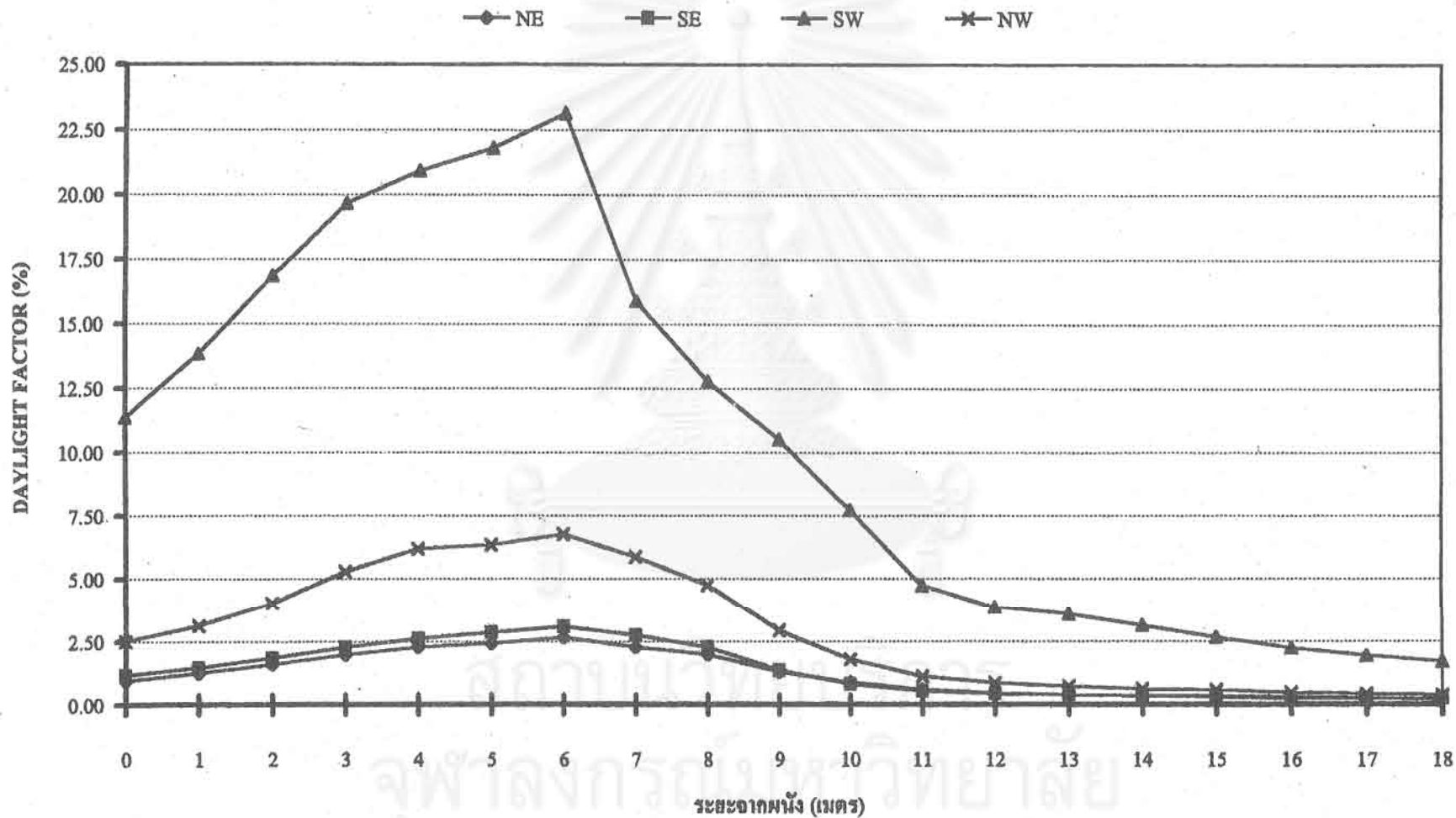
รูปที่ 3-33 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ

เมื่อเวลา 14:00 น.



รูปที่ 3-34 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น BASEMENT ในทิศต่างๆ

เมื่อเวลา 16:00 น.





### 3.5.8 การทดลองที่ชั้น GROUND ใน SKYDOME ภายใต้ UNIFORM SKY

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองสำนักงานใน SKYDOME ด้วยสภาพท้องฟ้าแบบ UNIFORM SKY ซึ่งมี DIFFUSE LIGHT ที่เท่ากันในทุกทิศทางโดยมีค่าการส่องสว่างภายใน SKYDOME ที่ 585 FC ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง 3 ครั้งโดยกำหนดให้สีของพื้นและผนังภายในหุ่นจำลองเป็นสีขาว (80% REFLECTANCE) เทา (50% REFLECTANCE) และดำ(0% REFLECTANCE)ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าสีขององค์ประกอบห้องในหุ่นจำลองมีความสำคัญอย่างมากต่อปริมาณการส่องสว่างภายในอาคารโดยค่าการส่องสว่างภายในอาคารมีค่าแปรผันตามค่า REFLECTIVITY ของพื้นผิวต่างๆ กล่าวคือเมื่อพื้นผิวภายในอาคารมีค่า REFLECTIVITY สูงจะทำให้ปริมาณการส่องสว่างภายในมีค่าสูงและเมื่อกำหนดให้พื้นผิวภายในอาคารมีค่า REFLECTIVITY ต่ำลงปริมาณการส่องสว่างภายในอาคารก็จะมีค่าต่ำลงด้วย (ดูตารางที่ 3-23, 3-24, 3-25 และรูปที่ 3-35,3-36,3-37 ประกอบ) ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สีภายในอาคารเป็นสีอ่อนซึ่งจะมีค่า REFLECTIVITY สูง ช่วยให้ค่าการส่องสว่างภายในมีค่ามากขึ้น เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองโดยกำหนดให้พื้นและผนังเป็นสีอ่อนซึ่งมีค่า REFLECTIVITY ใกล้เคียงกับสีที่จะใช้ในการออกแบบ และกำหนดให้กระจกหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบนมีค่าใกล้เคียงกับที่ใช้จริงในอาคาร กล่าวคือมี DAYLIGHT TRANSMISSION 45% และ 67% ตามลำดับ โดยควบคุมให้ค่าการส่องสว่างภายนอกเป็น 585 FC พบว่าตำแหน่งต่างๆภายในหุ่นจำลองมีค่า DAYLIGHT FACTOR ดังรูปที่ 3 ดังนั้นถ้าความต้องการปริมาณการส่องสว่างเพื่อใช้งานอยู่ที่ 50 FC และปริมาณการส่องสว่างภายนอกอาคารมีค่าสูงกว่า 1500 FC ตลอดช่วงเวลาทำงาน จะเห็นว่าพื้นที่ที่มีปริมาณแสงเพียงพอต่อการใช้งานจะมีความลึกตั้งแต่หน้าต่างด้านข้างเข้าไปจนถึงที่ระยะ 7 เมตรจากหน้าต่างเป็นอย่างน้อย กรณีที่เป็นจากหน้าต่างด้านข้างจะสามารถดึงแสงเข้ามาได้เพียงพอต่อการใช้งานได้เพียง 3 เมตรจากหน้าต่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการส่องสว่างภายนอกเป็นหลัก เมื่อแยกพิจารณาถึงประสิทธิภาพของช่องเปิดแต่ละแบบแล้วจะเห็นว่าช่องแสงด้านบนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าหน้าต่างด้านข้างอยู่มาก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3-24, 3-25 และรูปที่ 3-38 เมื่อมีการออกแบบให้ใช้ช่องแสงด้านบนร่วมกับหน้าต่างด้านข้างจึงสามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าไปภายในอาคารได้ดีกว่าปกติ

ตารางที่ 3-23 แสดงค่าการส่องสว่างในแบบจำลองส่วนสำนักงาน เมื่อทดลองใน SKY DOME

ตำแหน่งจากหน้าต่าง	แสงจาก SKYLIGHT ด้านบน (footcandle)			แสงจากหน้าต่างด้านข้าง (footcandle)		
	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ
1	17.00	11.00	9.50	28.20	23.10	18.60
2	22.80	16.30	14.00	21.70	18.70	15.70
3	28.00	20.00	19.00	15.00	12.20	9.70
4	37.00	29.20	25.30	10.08	8.80	6.30
5	44.50	36.00	33.20	8.10	6.10	3.50
6	36.00	31.00	30.50	6.20	4.35	2.30
7	23.00	21.50	20.00	5.00	3.35	1.60
8	12.50	8.00	7.00	4.10	2.70	1.10
9	7.70	4.00	2.20	3.50	2.15	0.80
10	5.80	2.85	0.40	2.95	1.80	0.55
11	4.70	2.20	0.35	2.65	1.45	0.40
12	3.85	1.70	0.25	2.36	1.25	0.37
13	3.15	1.35	0.20	2.12	1.08	0.27
14	2.80	1.10	0.13	1.94	0.95	0.24
15	2.45	0.90	0.10	1.88	0.90	0.20
16	2.20	0.75	0.08	1.80	0.87	0.18
17	2.15	0.68	0.05	1.55	0.75	0.05
18	2.40	0.65	0.03	1.55	0.65	0.05
19	2.60	0.65	0.03	1.83	0.68	0.05
20	3.20	0.70	0.03	2.08	0.73	0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

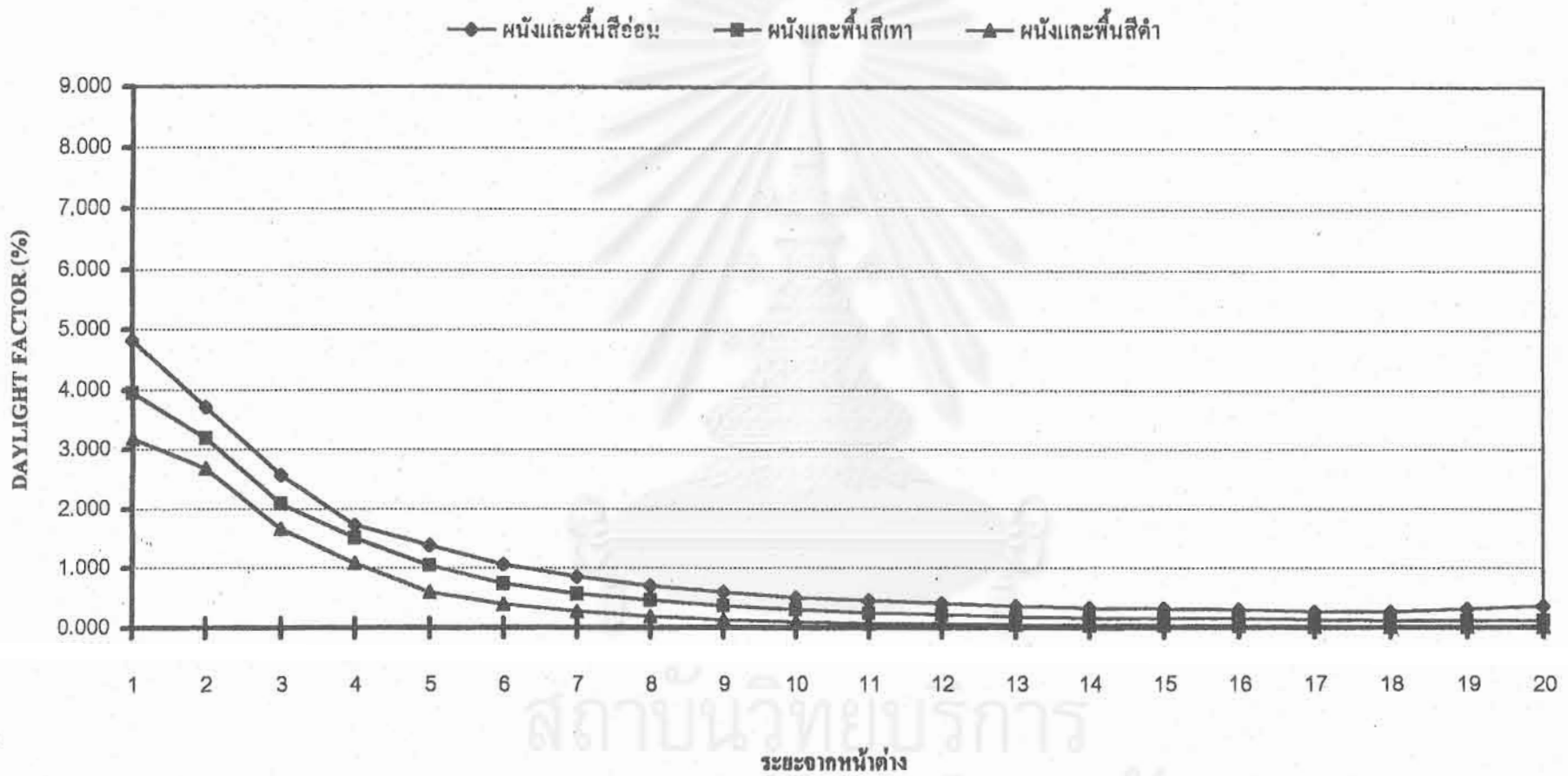
ตารางที่ 3-24 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND เมื่อทำการทดลองภายใน SKYDOME

ตำแหน่ง จากหน้าต่าง	แสงจากหน้าต่างด้านข้างและSKYLIGHTด้านบน			แสงจาก SKYLIGHT ด้านบน			แสงจากหน้าต่างด้านข้าง		
	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ
1	7.726	5.829	4.803	2.906	1.880	1.624	4.821	3.949	3.179
2	7.607	5.983	5.077	3.897	2.786	2.393	3.709	3.197	2.684
3	7.350	5.504	4.906	4.786	3.419	3.248	2.564	2.085	1.658
4	8.048	6.496	5.402	6.325	4.991	4.325	1.723	1.504	1.077
5	8.991	7.197	6.274	7.607	6.154	5.675	1.385	1.043	0.598
6	7.214	6.043	5.607	6.154	5.299	5.214	1.060	0.744	0.393
7	4.786	4.248	3.692	3.932	3.675	3.419	0.855	0.573	0.274
8	2.838	1.829	1.385	2.137	1.368	1.197	0.701	0.462	0.188
9	1.915	1.051	0.513	1.316	0.684	0.376	0.598	0.368	0.137
10	1.496	0.795	0.162	0.991	0.487	0.068	0.504	0.308	0.094
11	1.256	0.624	0.128	0.803	0.376	0.060	0.453	0.248	0.068
12	1.062	0.504	0.106	0.658	0.291	0.043	0.403	0.214	0.063
13	0.901	0.415	0.080	0.538	0.231	0.034	0.362	0.185	0.046
14	0.810	0.350	0.063	0.479	0.188	0.022	0.332	0.162	0.041
15	0.740	0.308	0.051	0.419	0.154	0.017	0.321	0.154	0.034
16	0.684	0.277	0.044	0.376	0.128	0.014	0.308	0.149	0.031
17	0.632	0.244	0.017	0.368	0.116	0.009	0.265	0.128	0.009
18	0.675	0.222	0.014	0.410	0.111	0.005	0.265	0.111	0.009
19	0.757	0.227	0.014	0.444	0.111	0.005	0.313	0.116	0.009
20	0.903	0.244	0.014	0.547	0.120	0.005	0.356	0.125	0.009

ตารางที่ 3-25 แสดงค่าการส่องสว่างภายใน ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND เมื่อค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่า 1500 footcandle

ตำแหน่ง จากหน้าต่าง	แสงจากหน้าต่างด้านข้างและSKYLIGHTด้านบน			แสงจาก SKYLIGHT ด้านบน			แสงจากหน้าต่างด้านข้าง		
	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ	ผนังและพื้นสีอ่อน	ผนังและพื้นสีเทา	ผนังและพื้นสีดำ
1	115.90	87.44	72.05	43.59	28.21	24.36	72.31	59.23	47.69
2	114.10	89.74	76.15	58.46	41.79	35.90	55.64	47.95	40.26
3	110.26	82.56	73.59	71.79	51.28	48.72	38.46	31.28	24.87
4	120.72	97.44	81.03	94.87	74.87	64.87	25.85	22.56	16.15
5	134.87	107.95	94.10	114.10	92.31	85.13	20.77	15.64	8.97
6	108.21	90.64	84.10	92.31	79.49	78.21	15.90	11.15	5.90
7	71.79	63.72	55.38	58.97	55.13	51.28	12.82	8.59	4.10
8	42.56	27.44	20.77	32.05	20.51	17.95	10.51	6.92	2.82
9	28.72	15.77	7.69	19.74	10.26	5.64	8.97	5.51	2.05
10	22.44	11.92	2.44	14.87	7.31	1.03	7.56	4.62	1.41
11	18.85	9.36	1.92	12.05	5.64	0.90	6.79	3.72	1.03
12	15.92	7.56	1.59	9.87	4.36	0.64	6.05	3.21	0.95
13	13.51	6.23	1.21	8.08	3.46	0.51	5.44	2.77	0.69
14	12.15	5.26	0.95	7.18	2.82	0.33	4.97	2.44	0.62
15	11.10	4.62	0.77	6.28	2.31	0.26	4.82	2.31	0.51
16	10.26	4.15	0.67	5.64	1.92	0.21	4.62	2.23	0.46
17	9.49	3.67	0.26	5.51	1.74	0.13	3.97	1.92	0.13
18	10.13	3.33	0.21	6.15	1.67	0.08	3.97	1.67	0.13
19	11.36	3.41	0.21	6.67	1.67	0.08	4.69	1.74	0.13
20	13.54	3.67	0.21	8.21	1.79	0.08	5.33	1.87	0.13

รูปที่ 3-35 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน จากหน้าต่างด้านข้าง เมื่อผนังและพื้นมีสี  
ต่าง ๆ กัน

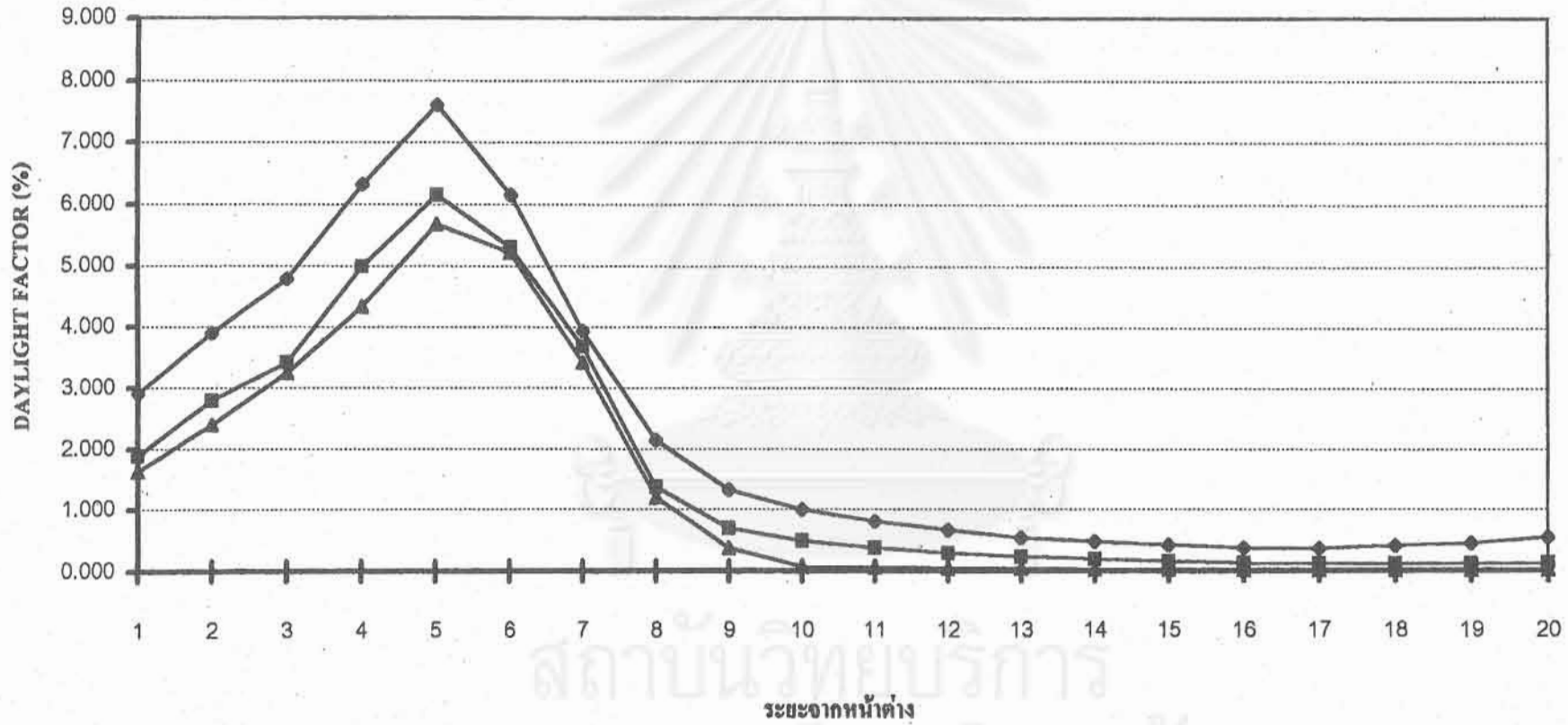


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-36 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน จากช่องแสงด้านบน เมื่อผนังและพื้นมีสี

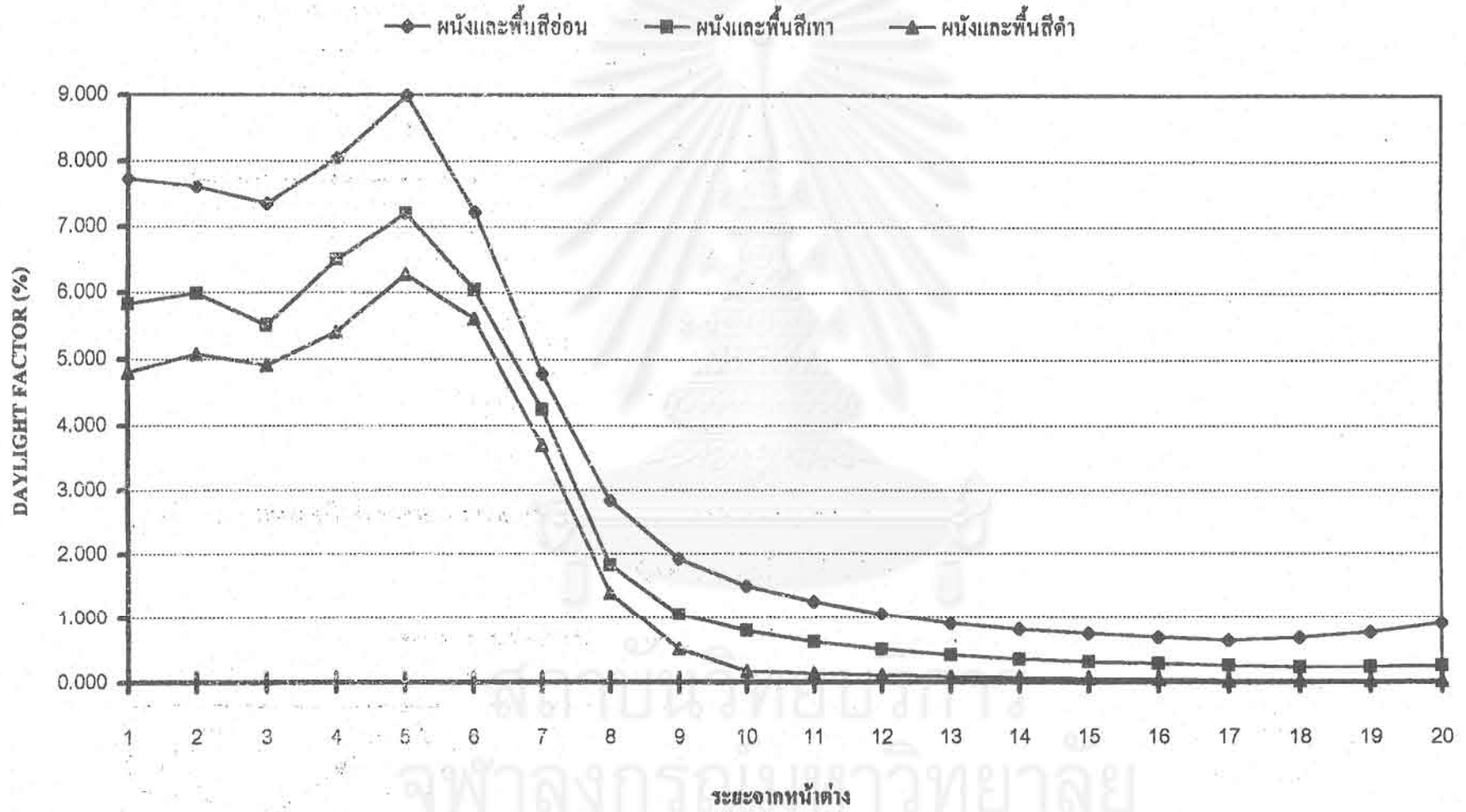
ต่างกัน

● ผนังและพื้นสีอ่อน    ■ ผนังและพื้นสีเทา    ▲ ผนังและพื้นสีดำ



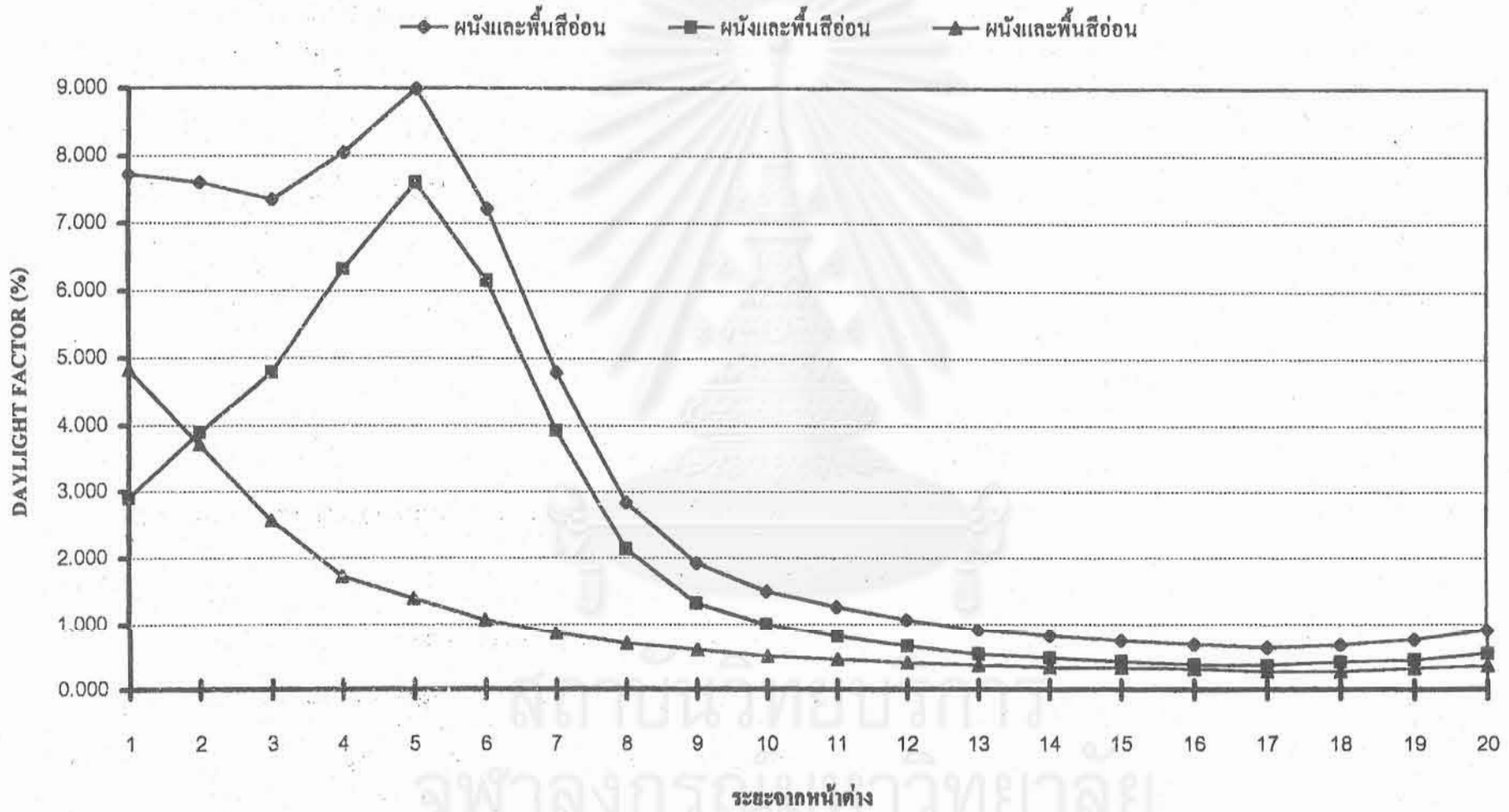
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-37 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน จากหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบน  
เมื่อผนังและพื้นมีสีต่างๆกัน



รูปที่ 3-38 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ภายในส่วนสำนักงาน จากหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบน

เมื่อผนังและพื้นมีสีอ่อน





### 3.5.4 การทดลองที่ชั้น GROUND ในสภาพห้องฟ้าจริง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองส่วนสำนักงานชั้นGROUNDที่จังหวัด กรุงเทพมหานครในเดือนกุมภาพันธ์ ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และได้ทำการทดลองในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 16:00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาทำงานตามปกติผลการทดลองปรากฏดังนี้

**เวลา 8:00 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 1100 FU ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่าสูงสุดเนื่องจากเป็นด้านที่หันหน้าให้กับดวงอาทิตย์รองลงมาคือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ ระดับการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานของพื้นที่นี้มีค่า 50 FC จะพบว่าทิศตะวันออกเฉียงใต้จะมีพื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเพียงพอ ถึงระยะประมาณ 7 เมตรจากหน้าต่างเช่นเดียวกับทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าการส่องสว่างน้อยกว่าระดับที่ต้องการเล็กน้อย (ดูตารางที่ 3-26, 3-27 และรูปที่ 3-39 ประกอบ)

**เวลา 10:00 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2400 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ยังคงมีค่าสูงสุด รองลงมาคือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงเหนือตามลำดับ การที่มีปริมาณการส่องสว่างในทิศตะวันออกเฉียงใต้มีค่ามากกว่าทิศอื่นมาก เนื่องจากแสงอาทิตย์ส่องเข้าสู่อาคารทางช่องแสงด้านบน ทำให้มีพื้นที่ที่มีการส่องสว่างเพียงพอ ถึง 12 เมตรจากหน้าต่าง ส่วนทิศอื่นๆ จะมีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอถึงระยะประมาณ 6-8 เมตรจากหน้าต่าง (ดูตารางที่ 3-26, 3-27 และรูปที่ 3-40 ประกอบ)

**เวลา 12:00 น.**

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2700 FC ค่าการส่องสว่างที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ยังคงมีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากทิศอื่นๆ มากนักโดยทุกทิศมีพื้นที่ที่มีระยะ 6 เมตร จากหน้าต่าง เนื่องจากรูปแบบของอาคารสามารถบังแดดได้หมด (ดูตารางที่ 3-26, 3-27 และรูปที่ 3-41 ประกอบ)

### เวลา 14:00 น.

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 2850 FC ค่าการส่องสว่างที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่ามากที่สุดรองลงมาคือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีบริเวณที่มีการส่องสว่างเพียงพอถึงระยะที่ 9 เมตรจากหน้าต่าง ส่วนด้านอื่นจะมีการส่องสว่างเพียงพอถึงระยะ 7 เมตร (ดูตารางที่ 3-26, 3-27 และรูปที่ 3-42 ประกอบ)

### เวลา 16:00 น.

ค่าการส่องสว่างภายนอกมีค่าประมาณ 1500 FC ค่าการส่องสว่างภายในที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ โดยที่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้มีแสงอาทิตย์ส่องเข้าไปภายในห้องทำให้อุณหภูมิการส่องสว่างเพียงพอถึงระยะ 12 เมตร ส่วนทิศอื่นๆ จะมีระยะประมาณ 6-7 เมตร (ดูตารางที่ 3-26, 3-27 และรูปที่ 3-43 ประกอบ)

### สรุป

พื้นที่ส่วนสำนักงานเป็นพื้นที่ที่ต้องการระดับการส่องสว่างที่ 50 FC เมื่อมีการออกแบบอาคารให้มีรูปทรง ช่องเปิดและสีภายในอาคารใกล้เคียงกับห้องจำลอง และให้ระดับการส่องสว่างภายนอกมีค่าเกิน 1500 FC ตลอดช่วงเวลาทำงาน บริเวณภายในอาคารที่มีระดับการส่องสว่างเพียงพอจะมีความลึกประมาณ 7 เมตรเป็นอย่างต่ำ ซึ่งจะลดการใช้ช่องเปิดด้านข้างเพียงอย่างเดียวถึง 2 เท่าเป็นอย่างน้อย

ตารางที่ 3-26 แสดงค่าการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงาน (FOOTCANDLE) ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

DAYLIGHT TRANSMISSION : WINDOW 45% ,SKYLIGHT 67%

WALL & CEILING : 80% REFLECTANCE (WHITE)

MONTH OF OBSERVATION : FEBRUARY 1996

FLOOR : 60% REFLECTANCE (GREY)

8:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	98.67	110.00	118.67	125.33	110.00	79.33	46.67	32.67	26.67	22.00	20.00	17.33	14.67	13.33	12.67	12.00	12.67	1140-1175	1157.5	CLEAR
SE	120.67	120.67	134.67	149.33	125.33	89.33	45.33	28.67	21.33	17.33	14.67	12.00	10.67	9.33	8.00	6.67	7.33	1050-1090	1070.0	CLEAR
SW	34.67	36.67	41.33	48.67	42.67	28.67	16.00	10.67	8.67	8.00	7.33	6.00	5.33	5.33	4.67	4.67	5.33	1075-1175	1125.0	CLEAR
NW	28.67	31.33	35.33	41.33	38.00	28.00	14.00	8.67	7.33	6.00	5.33	5.33	5.33	4.67	4.67	4.00	4.67	950-990	970.0	CLEAR
10:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	162.00	190.00	263.33	230.67	180.00	116.00	61.33	41.33	33.33	28.00	23.33	20.67	17.33	16.00	15.33	14.67	14.67	2400-2350	2375.0	CLEAR
SE	269.33	296.67	344.67	445.33	564.67	456.00	169.33	123.33	100.00	80.00	63.33	49.33	40.00	29.33	29.33	27.33	27.33	2450-2550	2500.0	CLEAR
SW	110.00	118.67	133.33	149.33	125.33	74.67	43.33	28.67	24.00	20.00	17.33	15.33	14.00	13.33	12.67	12.00	12.67	2400-2500	2450.0	CLEAR
NW	75.33	82.67	91.33	98.00	82.00	53.33	29.33	18.67	16.00	14.67	13.33	12.67	12.00	12.00	11.33	11.33	12.00	2500-2500	2500.0	CLEAR
12:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	94.67	112.00	130.00	155.33	127.33	84.00	42.67	28.00	22.67	18.67	16.00	14.00	12.00	11.33	11.33	10.67	11.33	2760-2750	2755.0	CLEAR
SE	139.33	159.33	224.67	272.00	223.33	130.67	60.67	38.67	30.67	24.00	20.00	16.67	14.67	12.00	11.33	11.33	12.00	2850-2800	2825.0	CLEAR
SW	134.67	145.33	177.33	214.00	184.67	110.67	54.67	34.67	28.00	23.33	20.00	16.67	15.33	14.00	13.33	12.67	13.33	2900-2850	2875.0	CLEAR
NW	85.33	96.67	118.00	129.33	107.33	62.67	31.33	22.00	17.33	15.33	13.33	12.00	11.33	11.33	10.67	10.00	10.67	2900-2900	2900.0	CLEAR

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-26 (ต่อ) ตารางแสดงค่าการส่องสว่างภายในส่วนสำนักงาน (FOOTCANDLE) ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

DAYLIGHT TRANSMISSION : WINDOW 45% ,SKYLIGHT 67%

WALL & CEILING : WHITE 80% REFLECTANCE

MONTH OF OBSERVATION : FEBRUARY 1996

FLOOR : GREY 60% REFLECTANCE

14:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	92.00	110.67	120.00	136.00	118.00	78.00	47.33	34.00	29.33	26.67	23.33	22.00	20.67	20.67	20.00	18.67	19.33	2900-2900	2900.0	CLEAR
SE	117.33	136.67	165.33	192.67	159.33	92.00	48.00	31.33	24.00	19.33	16.67	14.00	12.00	11.33	11.33	10.67	11.33	2800-2810	2805.0	CLEAR
SW	186.00	201.33	254.67	356.67	312.00	182.00	98.00	62.00	50.00	40.00	31.33	26.00	22.67	20.00	12.67	12.67	13.33	2900-2880	2890.0	CLEAR
NW	110.67	121.33	144.67	172.00	144.00	85.33	46.67	30.00	24.00	21.33	17.33	15.33	14.00	13.33	13.33	12.67	13.33	2920-2940	2930.0	CLEAR
16:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	68.00	72.67	78.00	82.67	69.33	46.67	28.67	20.00	17.33	14.67	12.67	11.33	10.00	9.33	8.67	8.00	9.33	1530-1510	1520.0	CLEAR
SE	82.00	98.00	104.00	101.33	76.67	53.33	24.67	16.67	13.33	10.67	8.67	8.00	6.67	5.33	5.33	5.33	6.00	1540-1550	1545.0	CLEAR
SW	400.00	448.67	478.00	484.00	382.00	310.00	280.00	107.33	92.00	82.00	66.67	53.33	44.67	36.00	28.00	27.33	28.00	1550-1550	1550.0	CLEAR
NW	162.67	170.00	183.33	188.67	154.00	97.33	52.00	34.00	26.67	22.67	17.33	14.67	12.67	10.67	10.00	10.00	10.67	1630-1630	1640.0	CLEAR
18:00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	OUTDR.ILL.	AV. ILL.	SKY
NE	12.67	12.67	14.67	18.00	16.00	10.00	4.67	2.67	2.00	2.00	2.00	1.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.67	260-253	256.5	CLEAR
SE	11.33	12.67	14.67	17.33	15.33	10.00	4.00	2.00	2.00	2.00	1.33	1.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.67	290-280	285.0	CLEAR
SW	11.33	11.33	14.00	18.67	18.00	10.67	4.67	2.00	1.33	1.33	1.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	243-235	239.0	CLEAR
NW	14.67	16.00	17.33	22.00	20.00	14.00	7.33	4.00	3.33	3.33	2.67	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	220-208	214.0	CLEAR

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-27 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

8:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	8.52	9.50	10.25	10.83	9.50	6.85	4.03	2.82	2.30	1.90	1.73	1.50	1.27	1.15	1.09	1.04	1.09
SE	11.28	11.28	12.59	13.96	11.71	8.35	4.24	2.68	1.99	1.62	1.37	1.12	1.00	0.87	0.75	0.62	0.69
SW	3.08	3.26	3.67	4.33	3.79	2.55	1.42	0.95	0.77	0.71	0.65	0.53	0.47	0.47	0.41	0.41	0.47
NW	2.96	3.23	3.64	4.26	3.92	2.89	1.44	0.89	0.76	0.62	0.55	0.55	0.55	0.48	0.48	0.41	0.48
10:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	6.82	8.00	11.09	9.71	7.58	4.88	2.58	1.74	1.40	1.18	0.98	0.87	0.73	0.67	0.65	0.62	0.62
SE	10.77	11.87	13.79	17.81	22.59	18.24	6.77	4.93	4.00	3.20	2.53	1.97	1.60	1.17	1.17	1.09	1.09
SW	4.49	4.84	5.44	6.10	5.12	3.05	1.77	1.17	0.98	0.82	0.71	0.63	0.57	0.54	0.52	0.49	0.52
NW	3.01	3.31	3.65	3.92	3.28	2.13	1.17	0.75	0.64	0.59	0.53	0.51	0.48	0.48	0.45	0.45	0.48
12:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	3.44	4.07	4.72	5.64	4.62	3.05	1.55	1.02	0.82	0.68	0.58	0.51	0.44	0.41	0.41	0.39	0.41
SE	4.93	5.64	7.95	9.63	7.91	4.63	2.15	1.37	1.09	0.85	0.71	0.59	0.52	0.42	0.40	0.40	0.42
SW	4.68	5.06	6.17	7.44	6.42	3.85	1.90	1.21	0.97	0.81	0.70	0.58	0.53	0.49	0.46	0.44	0.46
NW	2.94	3.33	4.07	4.46	3.70	2.16	1.08	0.76	0.60	0.53	0.46	0.41	0.39	0.39	0.37	0.34	0.37

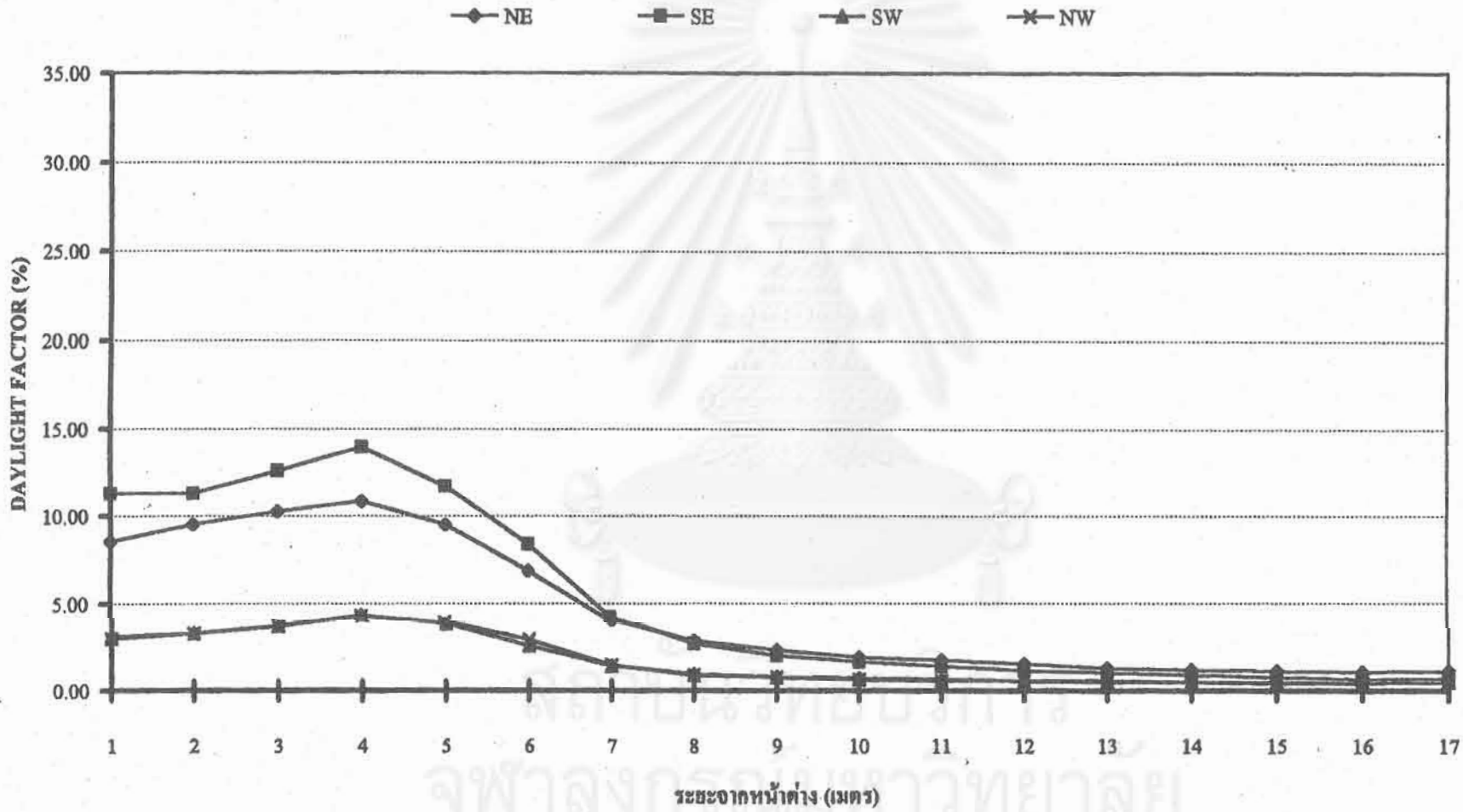
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-27 (ต่อ) แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ภายในส่วนสำนักงาน ที่ชั้น GROUND ตามระยะห่างจากผนังภายนอกอาคาร (เมตร) และ ORIENTATION จริงของผนังอาคาร ในเวลาต่างๆ

14:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	3.17	3.82	4.14	4.69	4.07	2.69	1.63	1.17	1.01	0.92	0.80	0.76	0.71	0.71	0.69	0.64	0.67
SE	4.18	4.87	5.89	6.87	5.68	3.28	1.71	1.12	0.86	0.69	0.59	0.50	0.43	0.40	0.40	0.38	0.40
SW	6.44	6.97	8.81	12.34	10.80	6.30	3.39	2.15	1.73	1.38	1.08	0.90	0.78	0.69	0.44	0.44	0.46
NW	3.78	4.14	4.94	5.87	4.91	2.91	1.59	1.02	0.82	0.73	0.59	0.52	0.48	0.46	0.46	0.43	0.46
16:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	4.47	4.78	5.13	5.44	4.56	3.07	1.89	1.32	1.14	0.96	0.83	0.75	0.66	0.61	0.57	0.53	0.61
SE	5.31	6.34	6.73	6.56	4.96	3.45	1.60	1.08	0.86	0.69	0.56	0.52	0.43	0.35	0.35	0.35	0.39
SW	25.81	28.95	30.84	31.23	24.65	20.00	18.06	6.92	5.94	5.29	4.30	3.44	2.88	2.32	1.81	1.76	1.81
NW	9.92	10.37	11.18	11.50	9.39	5.93	3.17	2.07	1.63	1.38	1.06	0.89	0.77	0.65	0.61	0.61	0.65
18:00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NE	4.94	4.94	5.72	7.02	6.24	3.90	1.82	1.04	0.78	0.78	0.78	0.52	0.52	0.26	0.26	0.26	0.26
SE	3.98	4.44	5.15	6.08	5.38	3.51	1.40	0.70	0.70	0.70	0.47	0.47	0.47	0.23	0.23	0.23	0.23
SW	4.74	4.74	5.86	7.81	7.53	4.46	1.95	0.84	0.56	0.56	0.56	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
NW	6.85	7.48	8.10	10.28	9.35	6.54	3.43	1.87	1.56	1.56	1.25	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

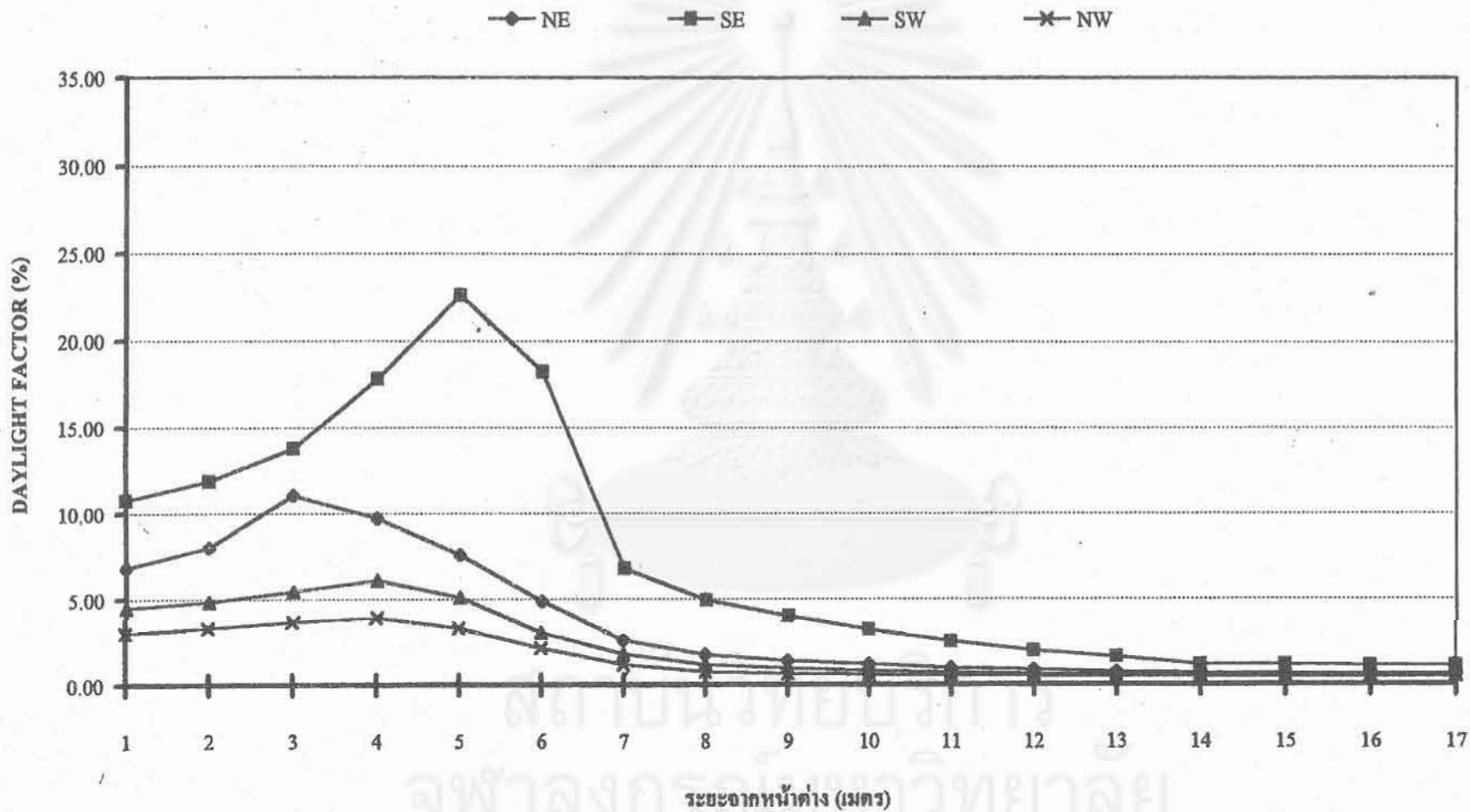
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-39 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND ในทิศต่างๆ  
เมื่อเวลา 8:00 น.



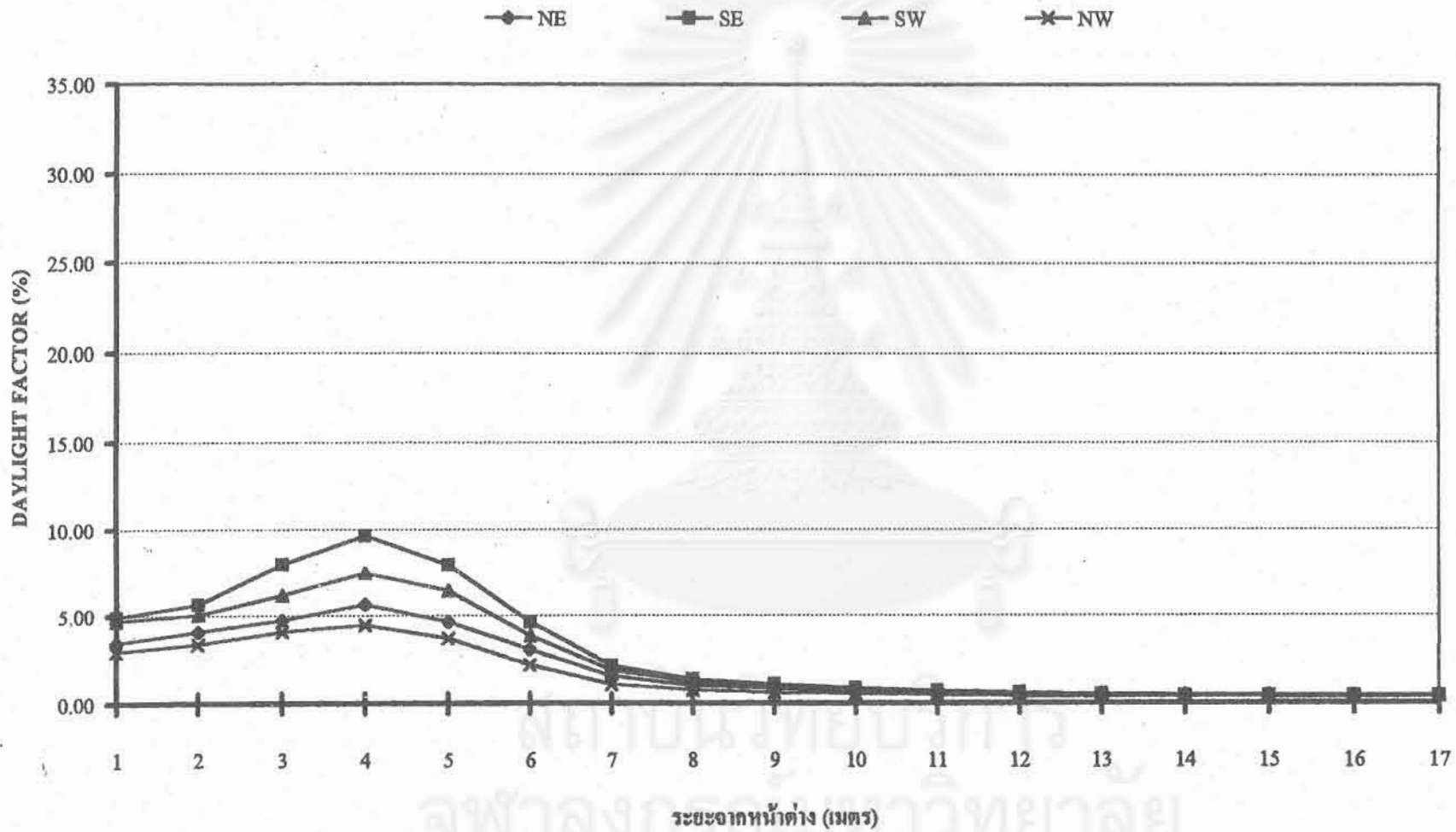
รูปที่ 3-40 แผนภูมิเส้นแสดงค่าDAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND ในทิศต่างๆเมื่อ

เวลา 10:00 น.

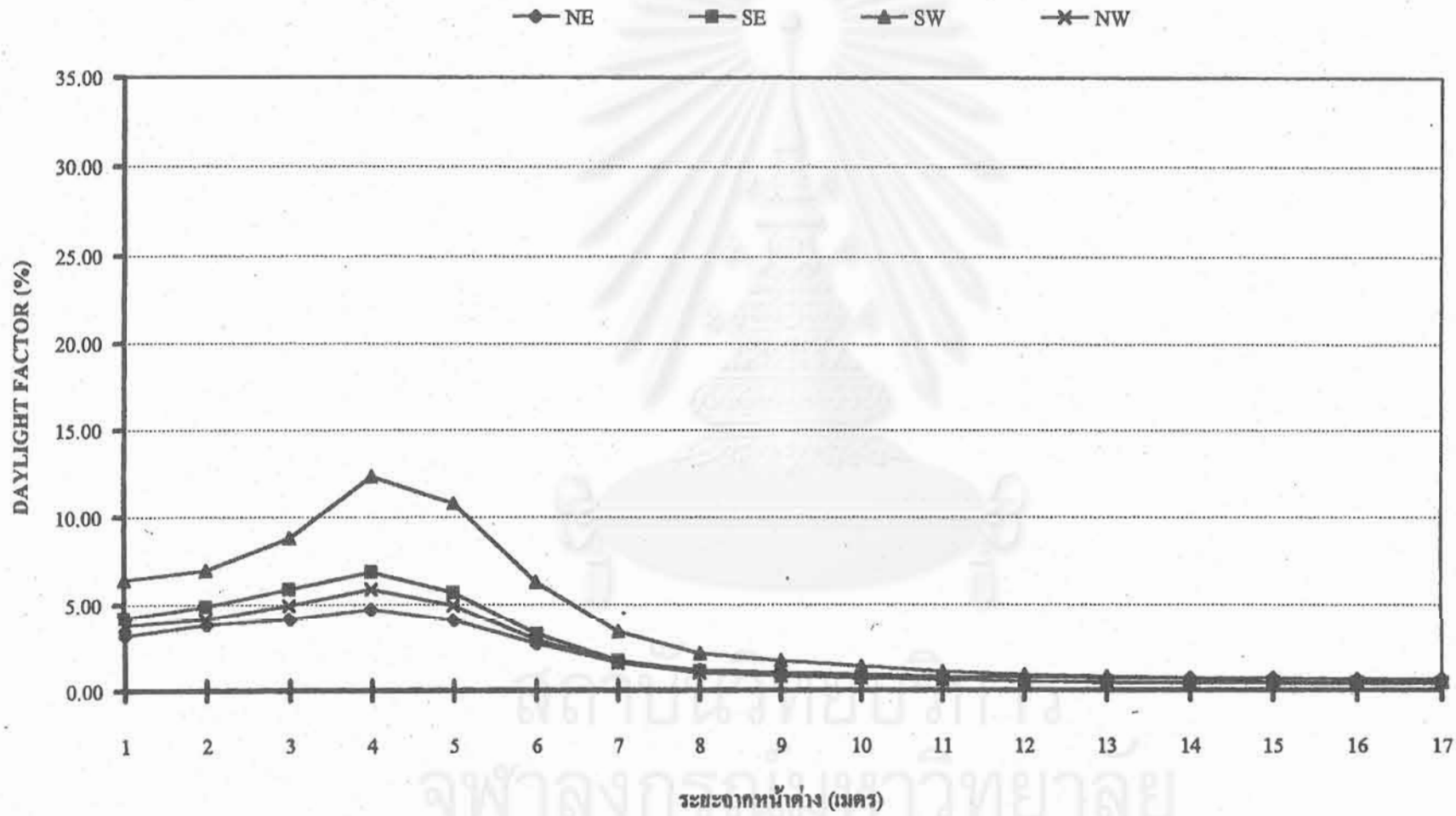




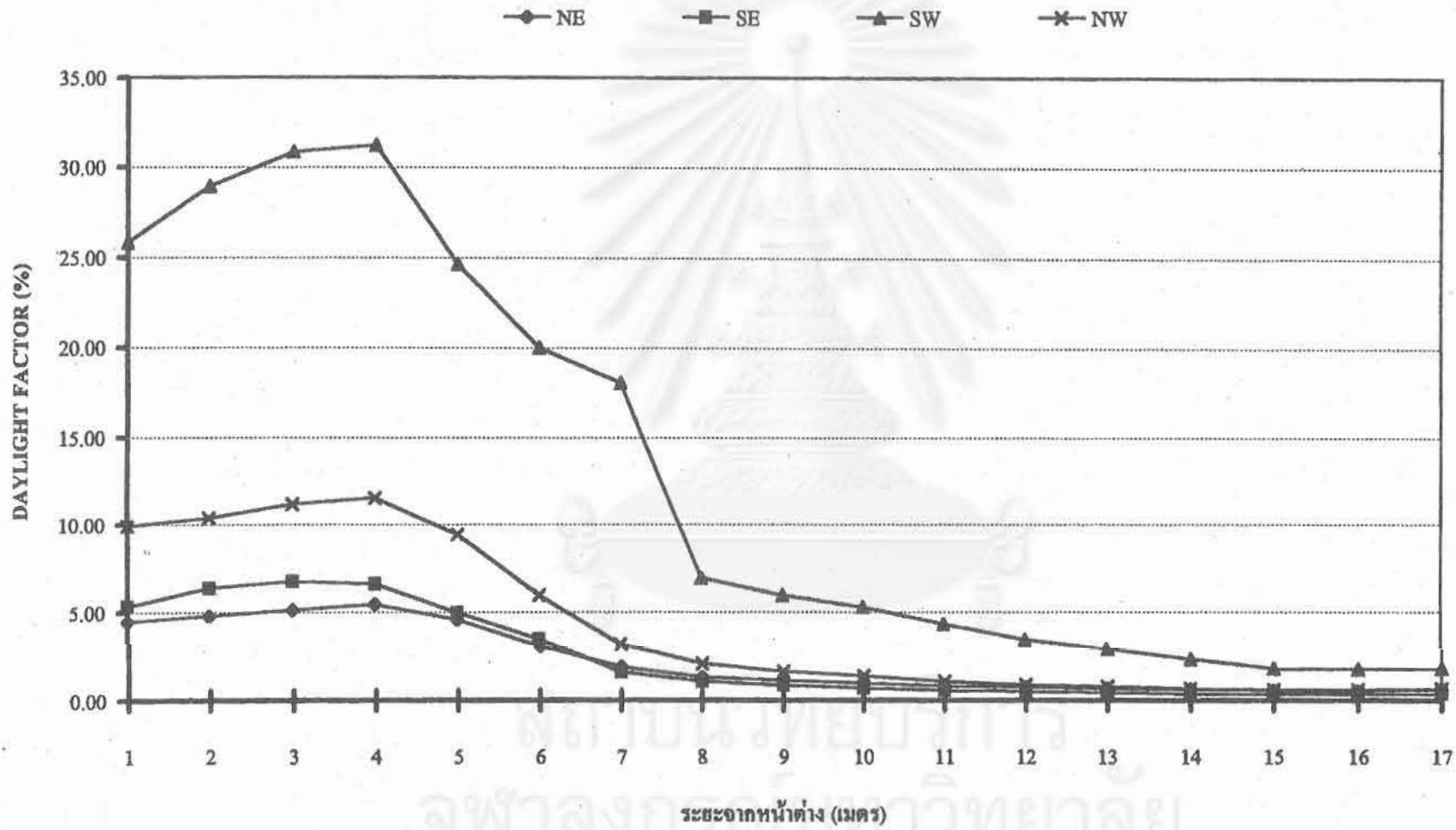
รูปที่ 8-41 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR (%) ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND ในทิศ  
ต่างๆเมื่อเวลา 12:00 น.



รูปที่ 3-42 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND ในทิศต่างๆ  
 เมื่อเวลา 14:00 น.



รูปที่ 3-43 แผนภูมิเส้นแสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ที่ระยะต่างๆภายในส่วนสำนักงานชั้น GROUND ในทิศต่างๆ  
 เมื่อเวลา 16:00 น.



### 3.6 การทดลองสภาวะการส่องสว่างภายในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ก่อนที่ผู้วิจัยจะทำการศึกษาค้นคว้าด้วยหุ่นจำลอง ได้มีการติดต่อกับผู้วิจัยในต่างประเทศเพื่อทำการจำลองสภาวะการส่องสว่างภายในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงการออกแบบ โดยมีการทำ SIMULATION ในพื้นที่ 2 ส่วน ได้แก่พื้นที่บริเวณโถงใต้โดมชั้น BASEMENT และส่วนสำนักงานชั้น TYPICAL ผลการ SIMULATION เป็นดังนี้

#### 3.6.1 การทำ COMPUTER SIMULATION สำหรับโถงใต้โดมชั้น BASEMENT

ผู้วิจัยในต่างประเทศได้ทำการจำลองสภาวะโดยกำหนดให้พื้นที่ภายในมีค่าการสะท้อนแสง 60% ผงัง 70% และเพดาน 80% และให้ช่องเปิดมีค่า DAYLIGHT TRANSMISSION ที่ 90% ภายใต้ท้องฟ้าแบบ OVERCAST SKY ผลปรากฏว่าพื้นที่ภายในชั้น BASEMENT มีค่า DAYLIGHT FACTOR ประมาณ 0.4-2.4% โดยที่บริเวณจุดศูนย์กลางจะมีค่า DAYLIGHT FACTOR มากที่สุด (ดูภาคผนวก ก)

#### 3.6.2 การทำ COMPUTER SIMULATION สำหรับส่วนสำนักงาน

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองสภาวะโดยกำหนดค่าการสะท้อนแสงภายในเช่นเดียวกับโถงใต้โดมชั้น BASEMENT และให้ช่องเปิดมีค่า DAYLIGHT TRANSMISSION ที่ 80% ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ OVERCAST SKY ผลปรากฏว่าบริเวณที่มีค่า DAYLIGHT FACTOR สูงสุด อยู่ที่ริมหน้าต่าง(9.4%) และจะค่อยๆ ลดลงในระยะ 3 เมตรแรก ในอีก 2 เมตรต่อไปค่า DAYLIGHT จะสูงขึ้นอีก (9.1%) และจะลดลงอย่างรวดเร็วในระยะต่อไป (ดูภาคผนวก ก)

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.7 สรุปผลการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

โดยทั่วไปแล้วการใช้กระจกที่ไม่มีคุณสมบัติในการตัดแสงจากภายนอกจะทำให้มีความจ้าสูงเมื่อมองออกไปภายนอกอาคาร ดังนั้นเพื่อลดความจ้าดังกล่าวจึงต้องใช้กระจกตัดแสงและต้องพิจารณาเลือกใช้กระจกที่มีความสามารถในการตัดแสงที่จะเข้ามาภายในอาคารอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้แสงธรรมชาติในการใช้งานภายในอาคารในระดับที่พอเพียง สำหรับอาคารโดยทั่วไปที่มีส่วนบนสุดของช่องเปิดอยู่สูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร จะสามารถดึงแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างพอเพียงได้ประมาณ 3 เมตร จากหน้าต่าง ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลสามารถสรุปได้ว่าปริมาณแสงที่ได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้ต้องเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างช่วย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเปิดช่องแสงด้านบนซึ่งเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร จากการทดลองปรากฏว่าสามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ถึง 7 เมตร เป็นอย่างต่ำซึ่งให้ผลจากการทำเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลจากการทำ COMPUTER SIMULATION ด้วย ทีมวิจัยในต่างประเทศจึงทำให้อาคารส่วนสำนักงานมีรูปทรงปิรามิดเพื่อที่จะดึงแสงธรรมชาติเข้ามาสู่อาคารได้ทุกชั้น และผลของการวิจัยจะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่างภายในอาคารดังต่อไปนี้

- การเลือกวัสดุช่องเปิด (กระจก)
- การใช้ช่องเปิดแบบต่างๆ
- การระบายอากาศผ่านช่องเปิด
- การจัด ZONING ภายในอาคาร
- การจัดพื้นที่ใช้งานในส่วนที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอ
- การจัดระบบควบคุมความสว่างของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (DIMMING ZONE)
- การเลือกสีภายในอาคาร (หรือระดับการสะท้อนแสงภายในอาคาร)
- การจัดระยะเวลาในการใช้งานอาคาร

สำหรับพื้นที่ส่วนโถงใต้โดมนั้นจะเห็นว่าเป็นการเลือกตำแหน่งและขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อยู่กลางอาคาร ซึ่งไม่มีพื้นที่ติดผนังด้านนอกอาคารเลย การใช้แสงจากด้านบนจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดและการดันช่องเปิดให้อยู่สูงขึ้นไปทำให้ได้ช่องเปิดที่มีขนาดเล็กแต่มีการกระจายของแสงภายในที่ทั่วถึงทั้งบริเวณ ซึ่งการมีช่องเปิดขนาดเล็กยังทำให้ความร้อนผ่านเข้ามาทางช่องเปิดได้น้อยอีกด้วย จึงทำให้อาคารส่วนนี้มีรูปทรงเป็นโดม

### บรรณานุกรมบทที่ 3

รวีช วรรณประเสริฐ. “ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานทั่วไป.” วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรม  
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537)

Benjamin Stein, John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings.  
8th ed. New York : John Wiley&Sons, 1992

Donald Watson & FAIA, ed. The Energy Design Handbook. Washington,D.C.: The American  
Institute of Architects Press, 1993.

Fuller Moore. Environmental control systems : Heating Cooling Lighting. McGraw-Hill, 1993.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารด้วยคอมพิวเตอร์

ในการออกแบบอาคาร ได้ใช้โปรแกรม DOE 2.1 E ทำการวิเคราะห์และประเมินผลการออกแบบสถานะจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (COMPUTER SIMULATION) โดยนำข้อมูลจากการวิจัยในบทที่ 1-3 และข้อมูลจากภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในปี 1985 เป็นพื้นฐานในการประเมินพลังงาน โดยสามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

#### 1. ภาระการใช้พลังงาน (LOAD)

##### 1.1 ภาระจากภายนอกและสิ่งแวดล้อมรอบตัวอาคาร

LATTITUDE	13.57°	N
LONGITUDE	100.6°	E
ALTIUTDE	0	M.(FROM SEA LEVEL)
TIME ZONE	-7	HOURS (เทียบเวลามาตรฐานกรีนิช)
SOIL TEMPERATURE	27 °C	
ATMOSPHERE MOISTURE	1.3	
ATMOSPHERE TURBIDITY	0.25	

ส่วนอุณหภูมิ DRY-BULB TEMPERATURE, WET-BULB TEMPERATURE และตัวแปรอื่นๆ ได้ใช้ตามข้อมูลภูมิอากาศ ฯ แต่เนื่องจากได้มีการออกแบบปรับปรุงสภาพแวดล้อมรอบตัวอาคารโดยใช้ต้นไม้และพืชคลุมดิน ทำให้ อุณหภูมิรอบตัวอาคารต่ำกว่าปกติ จึงต้องปรับปรุงอุณหภูมิจากข้อมูลเดิมให้ต่ำลง และนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ

##### 1.2 ภาระอันสืบเนื่องมาจากตัวอาคาร

ในการคำนวณได้พิจารณาถึงเปลือกกรอบนอกอาคาร(ENVELOPE OF BUILDING)ซึ่งมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นความร้อนและความชื้นจากภายนอกได้ดี สอดคล้องกับการประหยัดพลังงาน โดยที่ยังคงรูปแบบ คุณค่า และสุนทรียภาพของงานสถาปัตยกรรม แยกตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 1.2.1 ผนังอาคารภายนอกประกอบด้วย

- ALUMINIUM OR STEEL SIDING
- POLYSTYRENE, EXPANDED (2 INCH)
- AIR LAYER, 3/4 INCH
- GYPSUM OR PLASTER BOARD (5/8 INCH)

### 1.2.2 กระจกที่ใช้เป็นกระจกกันความร้อนและยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาได้ดี

(DOUBLE GLAZING) มีรายละเอียดดังนี้

- GLASS - CONDUCTANCE = 0.21
- VISIBLE TRANSMITTANCE = 0.67
- SHADING-COEFFICIENT = 0.31
- INSIDE EMISSIVITY = 0.84

### 1.2.3 หลังคาประกอบด้วย

- ASPHALT
- พื้นคอนกรีตหนา 6 INCH
- AIR LAYER 4 INCH
- MINERAL WOOL (FILL 6 INCH, R-19)
- AIR LAYER 4 INCH
- GYPSUM OR PLASTER BOARD (5/8 INCH)

### 1.3 ภาระอันมีผลมาจากการใช้งานอาคาร

จากการกำหนดให้ภายในอาคารมีลักษณะการใช้สอยเป็นแบบมาตรฐานอาคารสำนักงานราชการ โดยให้มีการใช้งานปกติ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงศุกร์ 8:00-17:00 น. และการใช้งานในวันเสาร์-อาทิตย์ รวมทั้งวันหยุดนักขัตฤกษ์ เป็นแม่แบบในการใช้งาน (USER PATTERN) รวมทั้งการกำหนดตารางเวลาการเปิด-ปิดดวงโคม (LIGHTING SCHEDULE) เป็นต้น

สำหรับการออกแบบการคำนวณอาคารอนุรักษ์พลังงาน ได้พิจารณาภาระการใช้งานตามการใช้สอยของอาคาร โดยแบ่งออกได้ดังนี้

- ส่วนสำนักงานหรือส่วนที่ต้องการการควบคุมเป็นพิเศษ (CONTROL ZONE)
- ส่วนใช้งานทั่วไป (PASSIVE ZONE)
- ส่วนห้องเครื่อง

มีการกำหนดรายละเอียดในส่วนต่างๆตามการใช้งานให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เช่น ในส่วน CONTROL ZONE และ PASSIVE ZONE ได้กำหนดให้มีการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามา ร่วมในการออกแบบ โดยกำหนดจุดอ้างอิงของแสงสว่างจุดแรก (LIGHT-REF-POINT 1) ห่างจากช่องเปิด 3.5 เมตร และจุดที่ 2 (LIGHT-REF-POINT 2) ห่างจากช่องเปิด 7 เมตร โดยทั้ง 2 จุด อยู่สูงจากระดับพื้น 0.75 เมตร (WORKING PLANE) และกำหนดให้มีค่าการส่องสว่างตามมาตรฐาน (50 FOOTCANDLE) มีการใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดค่าการส่องสว่าง (LIGHTING SENSOR) ควบคุมการเปิดปิดของดวงโคมให้สอดคล้องกับแสงสว่างจาก



ธรรมชาติและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง (CONTINUOUS TYPE) ซึ่งผลจากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารทั่วไป จะประหยัดพลังงานในการใช้ไฟฟ้าจากแสงสว่างประดิษฐ์ในส่วนนี้ถึง 50%

## 2. ระบบสำหรับอาคาร (SYSTEM)

สำหรับระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร ได้ใช้ระบบ VAVS (VARIABLE AIR VOLUME SYSTEM) เป็นแบบ SINGLE SUPPLY DUCT โดยปริมาตรอากาศที่ส่งออกจากระบบปรับอากาศจะแปรเปลี่ยนไปตามภาระการทำความเย็น หรือความต้องการที่เกิดขึ้นจริงขณะใดขณะหนึ่ง

## 3. อุปกรณ์สำหรับระบบของอาคาร (PLANT) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

CHILLER เป็นแบบ HERMATIC CENTRAL CHILLER และใช้ ICE-STORAGE TANK เป็นระบบที่ใช้ความร้อนแฝงของน้ำในการเก็บสะสมความเย็น โดยน้ำจะถูกทำให้เป็นน้ำแข็ง ออกแบบให้การเดินเครื่องมีการสะสมความเย็นในช่วงที่ค่าไฟฟ้ามีราคาถูก และเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง PEAK ซึ่งจะทำให้ค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

## 4. การคำนวณค่าใช้จ่ายของอาคาร (ECONOMICS)

ได้กำหนดช่วงระยะเวลาจำลองสถานะโดยคอมพิวเตอร์ (COMPUTER SIMULATION) ได้กำหนดช่วงเป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 1995 จนถึง 31 ธันวาคม 1995 โดยใช้ระบบ TOD RATE ในการคิดค่าไฟฟ้า

จากนั้นนำมาทำการเปรียบเทียบกับอาคารที่ผ่านมาตรฐานตาม พ.ร.บ. และกับอาคารทั่วไป โดยใช้ลักษณะอาคารทางด้านสถาปัตยกรรมแบบเดียวกัน เมื่อผ่านขั้นตอนการคำนวณค่าพลังงานของอาคารทั้ง 3 แบบแล้ว นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าอาคารอนุรักษ์พลังงานจะสามารถประหยัดพลังงานลงไปได้มาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยประยุกต์ เพื่อให้ได้มาซึ่งรูปธรรมที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารจริงได้ โดยสามารถสรุปข้อเปรียบเทียบต่างๆ โดยใช้มาตรฐานตาม พ.ร.บ. การอนุรักษ์พลังงานได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 แสดงรายการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานตาม พ.ร.บ. ค่าเฉลี่ยของอาคารทั่วไป

รายการ	อาคารอนุรักษ์พลังงาน	มาตรฐานตาม พ.ร.บ.	ค่าเฉลี่ยของอาคารทั่วไป
*OTTV	18 วัตต์ / ตร.ม.	45 วัตต์ / ตร.ม.	65 วัตต์ / ตร.ม.
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8 วัตต์ / ตร.ม.	16 วัตต์ / ตร.ม.	25 วัตต์ / ตร.ม.
ภาระการทำความเย็น	63 ตร.ม. / ตัน	ไม่ได้กำหนด	20 ตร.ม. / ตัน
ขนาดของเครื่องปรับอากาศ	250 ตัน	ไม่ได้กำหนด	700 ตัน

\* OTTV : ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร

จะเห็นได้ว่า อาคารอนุรักษ์พลังงานใช้ไฟฟ้าแสงสว่างประมาณครึ่งหนึ่งของมาตรฐาน การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารมีค่าต่ำกว่าครึ่งของมาตรฐาน และใช้เครื่องปรับอากาศน้อยกว่า 1 ใน 3 ของอาคารทั่วไป

และเมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า จะเป็นดังนี้

	ค่า DEMAND CHARGE รวม/ปี	ค่าไฟฟ้ารวม/ปี
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	1,610,000 บาท	2,920,000 บาท
อาคารมาตรฐานตาม พ.ร.บ.	2,280,000 บาท	4,980,000 บาท
อาคารทั่วไป	3,400,000 บาท	8,000,000 บาท

โดยทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีจะน้อยกว่าอาคารที่ผ่านมาตรฐานพระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงานประมาณ 2 เท่า และน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 3 เท่า โดยที่คุณภาพชีวิตและสภาวะน่าสบายในอาคารดีกว่า

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นต่อเดือน (MBTU) โดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ

	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	449	510	659	648	606	525	508	580	499	478	476	406
อาคารมาตรฐาน ตาม พรบ.	676	758	952	924	874	787	757	849	731	695	698	604
อาคารทั่วไป	1,114	1,277	1,623	1,577	1,489	1,347	1,267	1,430	1,225	1,165	1,173	967

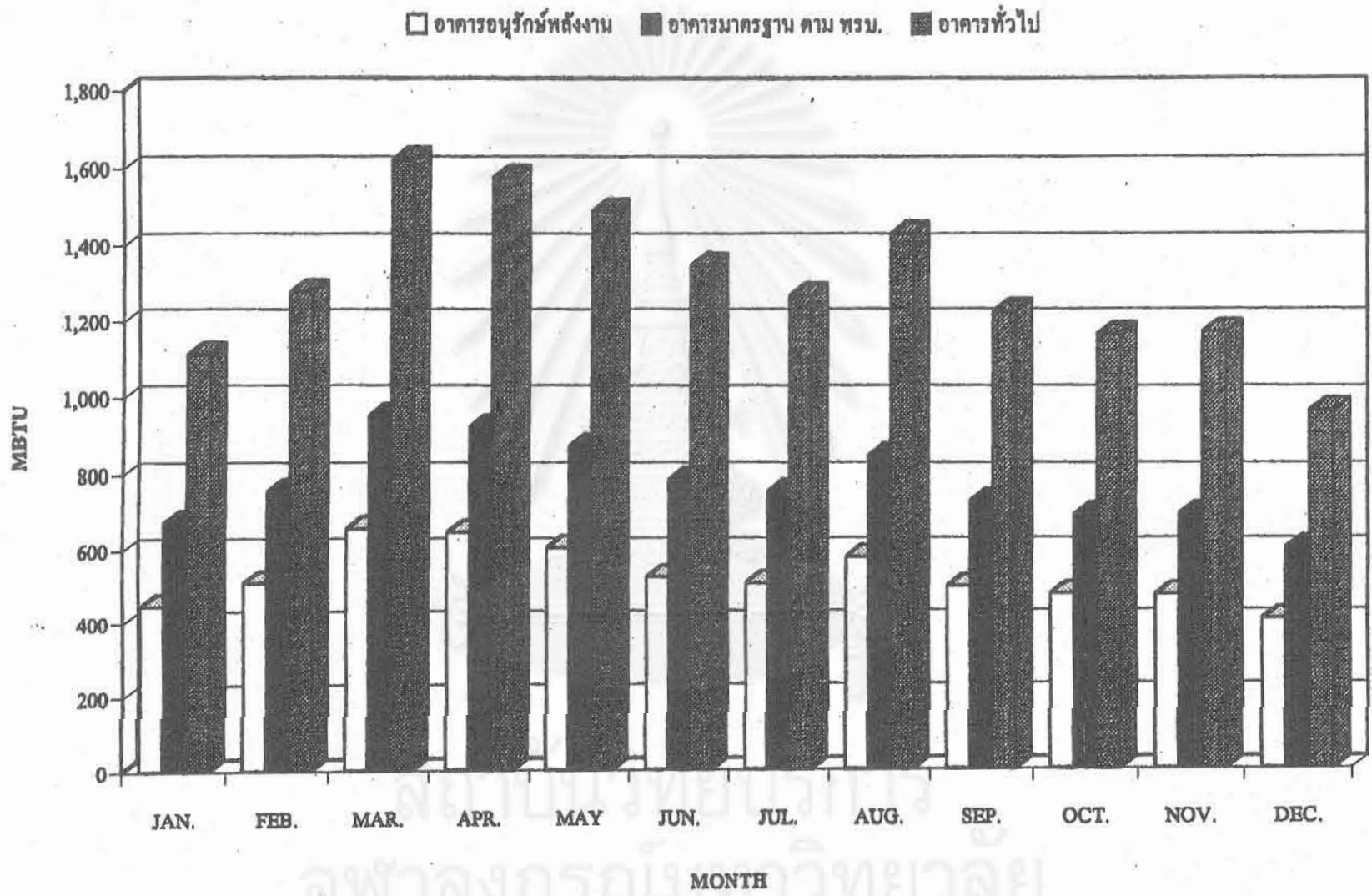
4-5

ตารางที่ 4-3 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเดือน (บาท) โดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ

	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
อาคารอนุรักษ์พลังงาน	241,000	226,000	254,000	249,000	259,000	253,000	249,000	259,000	248,000	250,000	241,000	105,000
อาคารมาตรฐาน ตาม พรบ.	436,000	434,000	487,000	472,000	478,000	465,000	439,000	467,000	433,000	439,000	428,000	417,000
อาคารทั่วไป	664,000	670,000	733,000	689,000	711,000	708,000	656,000	699,000	654,000	682,000	663,000	671,000

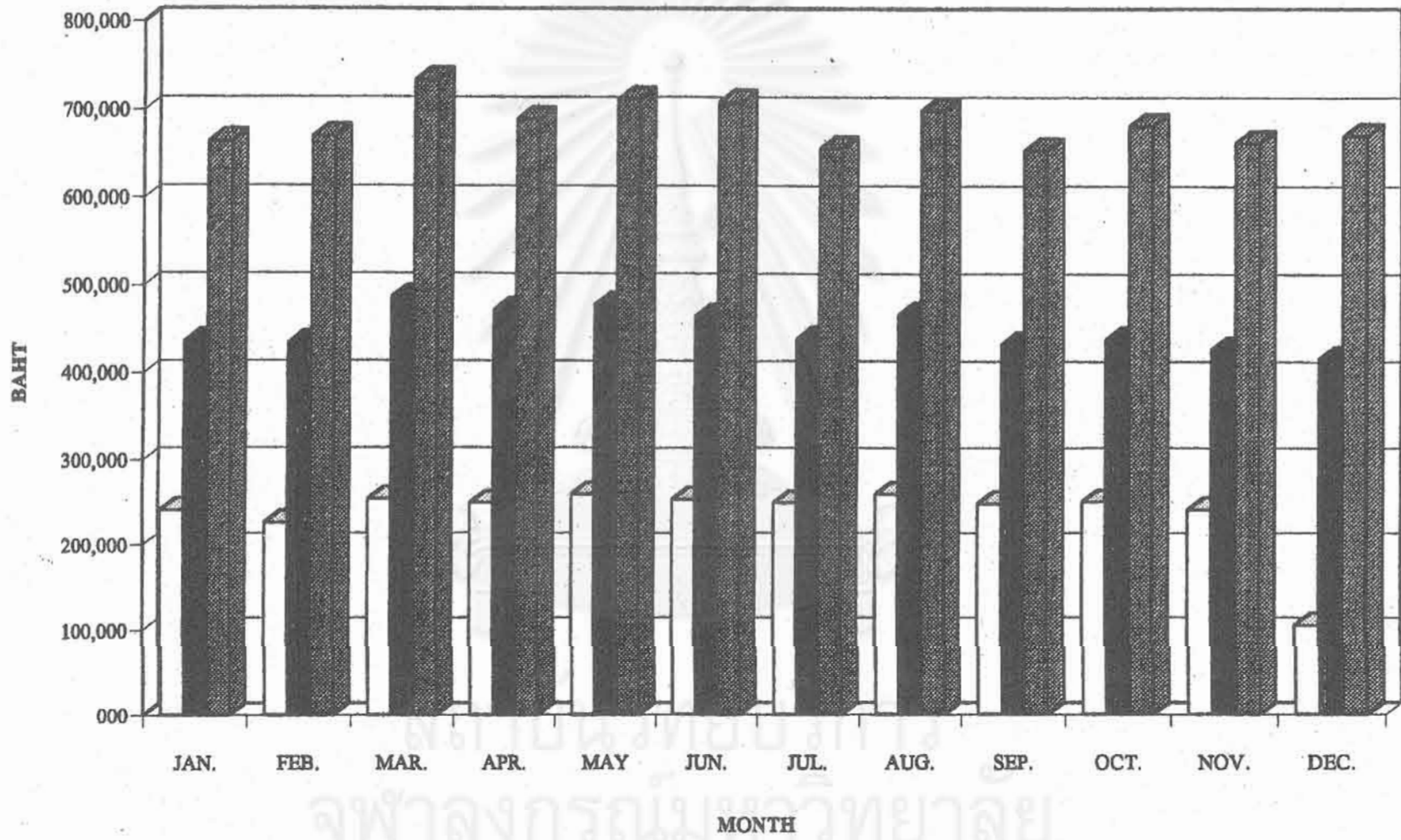
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความร้อนต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 4-2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ

□ อาคารอนุรักษ์พลังงาน ■ อาคารมาตรฐาน ตาม พรบ. ▨ อาคารทั่วไป



## บรรณานุกรมบทที่ 4

Allen, E. and Iano, J. The Architect's Studio Companion-Technical Guidelines for Preliminary Design. New York : John Wiley&Sons, 1938.

Boonyatikarn, S. "Smart Building Strategies: Research and Application." In ASHRAE International Conference Proceedings. January 29- February 3. Chicago, Illinois, 1989.

Boonyatikarn, S. Thailand's Energy Consumption and Energy Conservation Potential, Possible Areas of Cooperation in Energy Related Fields Between Central Asia, the Caucasus, and Other Asian Countries. TERI, New Delhi, India, 1995.

Boonyatikarn, S. "Thermal and Daylighting Simulation." ASHRAE Central Michigan Chapter Meeting Proceedings. Ann Arbor, 1988.

Boonyatikarn, S., Brandle, K., Rhee, E., Wu, H.F. "Opportunities and Constraints in the Redesign for Energy Conservation of the Art and Architecture Building, The University of Michigan." Building Redesign and Energy Challenges General Proceedings. Boston, Massachusetts, November 15-17, 1985.

Boonyatikarn, S., and Jones, J.R. "An Evaluation Tool for Determining Overall Building Efficiency." In International Symposium, Energy Option for the Year 2000, September 14-17. Vol. 3. pp. 3.131-3.137. Wilmington, Delaware, USA, 1988

Don A. York, Eva F. Tucker, and Charlene C. Cappiello, eds. Doe-2 Reference Manual (Version 2.1A). U.S.Department of Commerce, 1981.



ตอนที่ 3

บทสรุปงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### บทสรุปของงานวิจัย

#### 5.1 การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร

การศึกษาเรื่องอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร เป็นการศึกษาที่มีจุดประสงค์ที่จะนำผลการวิจัยมาประยุกต์ เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติและอาคารประหยัดพลังงานอื่นๆ ต่อไป โดยทำการศึกษาถึงตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ (ภายนอกอาคาร) ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติต่างกัน และศึกษาถึงตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินและน้ำในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติต่างกัน

โดยกระบวนการในการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการเลือกสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง คือ สนามกอล์ฟประเดมิย์เป็นสถานที่ที่ใช้เก็บข้อมูล ในการเก็บข้อมูลเป็นการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Record) ทำการวัดอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ ประกอบกับเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นตัวแปรตามที่กำหนดไว้ และนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์และประเมินผลหาข้อสรุป เพื่อหาแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานต่อไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.1.1 สรุปผลการวิจัยจากการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณรอบอาคารลดลง ได้แก่ ต้นไม้ ความลึกต่างๆของดินและน้ำ พืชคลุมดิน เช่น หญ้า ความเร็วลม ส่วนตัวแปรที่มีผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นคือ ผิวคอนกรีตบริเวณลานจอดรถภูมิสถาปัตยกรรมพื้นผิวแข็ง (Hardscape)

#### ต้นไม้

ผลการวิจัยพบว่าในบริเวณที่โล่งแจ้งในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิอากาศได้ต้นไม้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในบริเวณที่โล่งแจ้ง เนื่องจากการคายน้ำ (Transpiration) ของใบไม้จำนวนมากรวมทั้งร่มเงาที่เกิดจากพุ่มใบไม้ช่วยลดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ให้ตกกระทบพื้นผิวต่างๆ น้อยลง และยังคงดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีบางส่วน จึงควรที่จะออกแบบพื้นที่โดยรอบอาคารโดยใช้ต้นไม้ปลูกรอบอาคารเพื่อให้เกิดร่มเงาแก่พื้นผิวที่เป็นพื้นผิวแข็ง (Hardscape) และเกิดร่มเงาแก่ผนังเพื่อลดอุณหภูมิผิวของกรอบอาคาร (Surface Temperature)

#### ดิน

จากการวิจัยพบว่าอุณหภูมิดินที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0.60 ม. ลงไป มีค่าค่อนข้างคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงเวลาในการใช้งานอาคาร การออกแบบให้ผนังของอาคารสัมผัสกับดินที่มีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้ Mean Radiant Temperature ภายในอาคารลดต่ำลง ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีจากผู้ใช้อาคารให้กับผนังของอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเย็นขึ้น ทั้งๆที่อุณหภูมิอากาศภายในอาคารไม่ได้ลดลงเลย ส่งผลให้สามารถตั้งอุณหภูมิอากาศภายในห้องให้สูงขึ้นได้อีก ซึ่งทำให้เกิดการประหยัดพลังงานเนื่องจากการทำงานที่น้อยลงของระบบปรับอากาศ

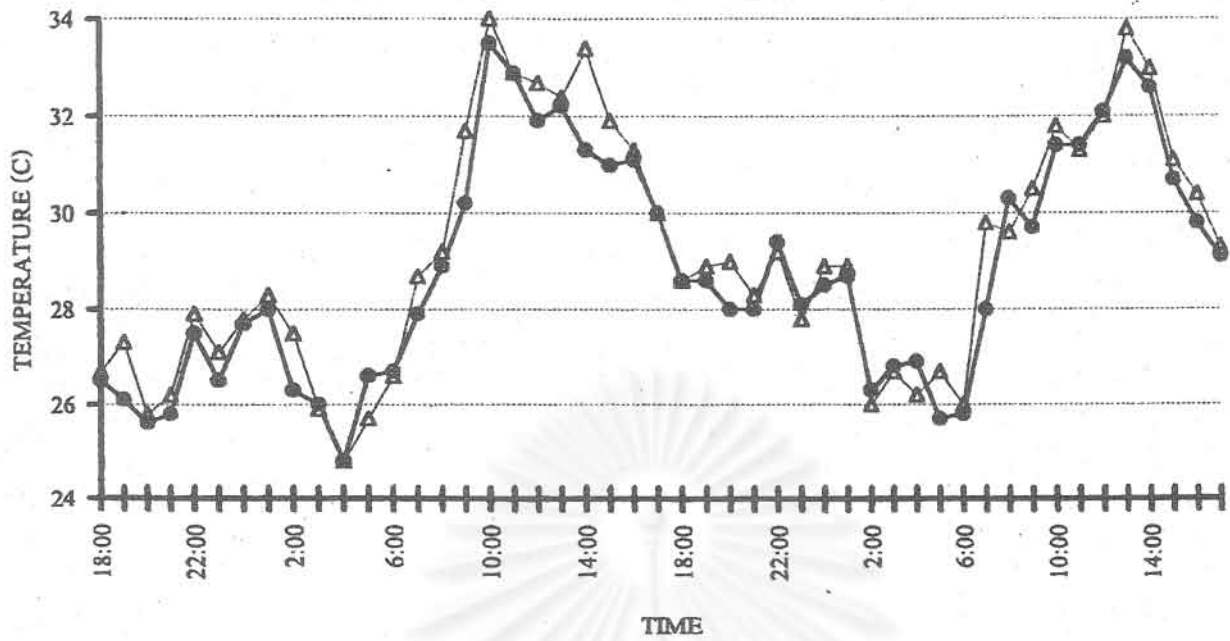
#### น้ำ

น้ำเป็นแหล่งกักเก็บความร้อนที่ดีเนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศในเวลากลางวัน ทำให้อากาศสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ น้ำ ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเย็นลง เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลง จะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกลดลงด้วย ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารลดน้อยลง

#### พืชคลุมดิน

จากผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณผิวดินและเหนือผิว ของสนามหญ้ากลางแจ้ง ในบริเวณได้ลมมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณเหนือลม ก็เนื่องจากลมที่เป็นตัวกลางในการพัดพาความเย็นจากพื้นผิวของสระน้ำและสนามหญ้า ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ลมของสภาพแวดล้อมทั้งสองลดต่ำลง

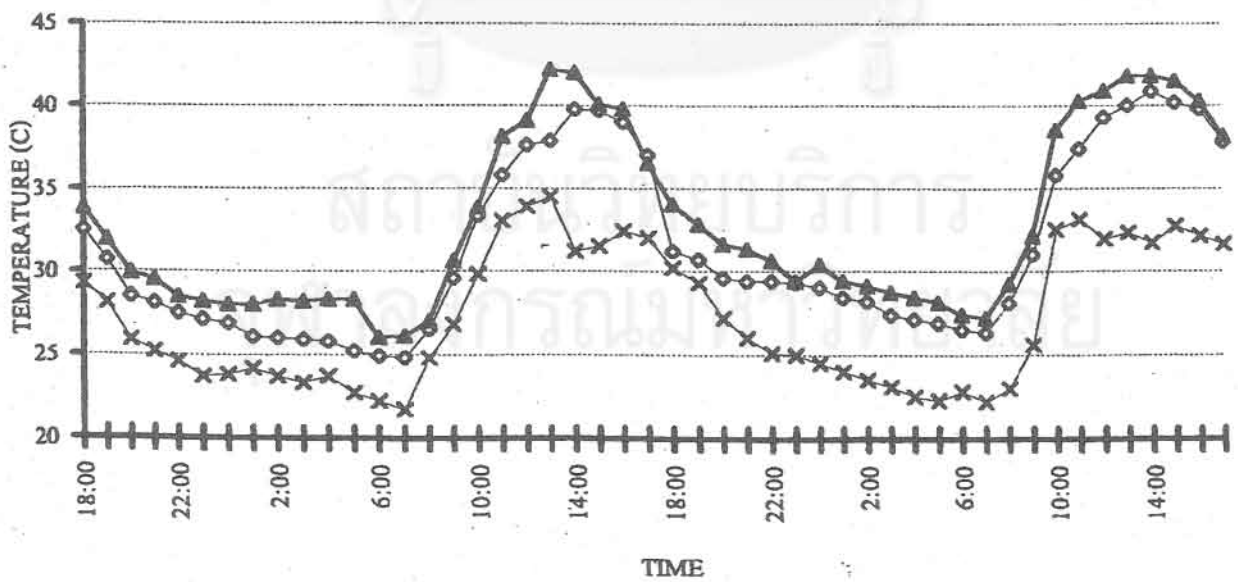
รูปที่ 5-1 แสดงอุณหภูมิอากาศในบริเวณสนามหญ้าในทิศทางเหนือลมและใต้ลม



- △— อุณหภูมิอากาศในทิศทางเหนือลม ที่ระดับความสูง +1.50 ม.จากผิวสนามหญ้า
- อุณหภูมิอากาศในทิศทางใต้ลม ที่ระดับความสูง +1.50 ม.จากผิวสนามหญ้า

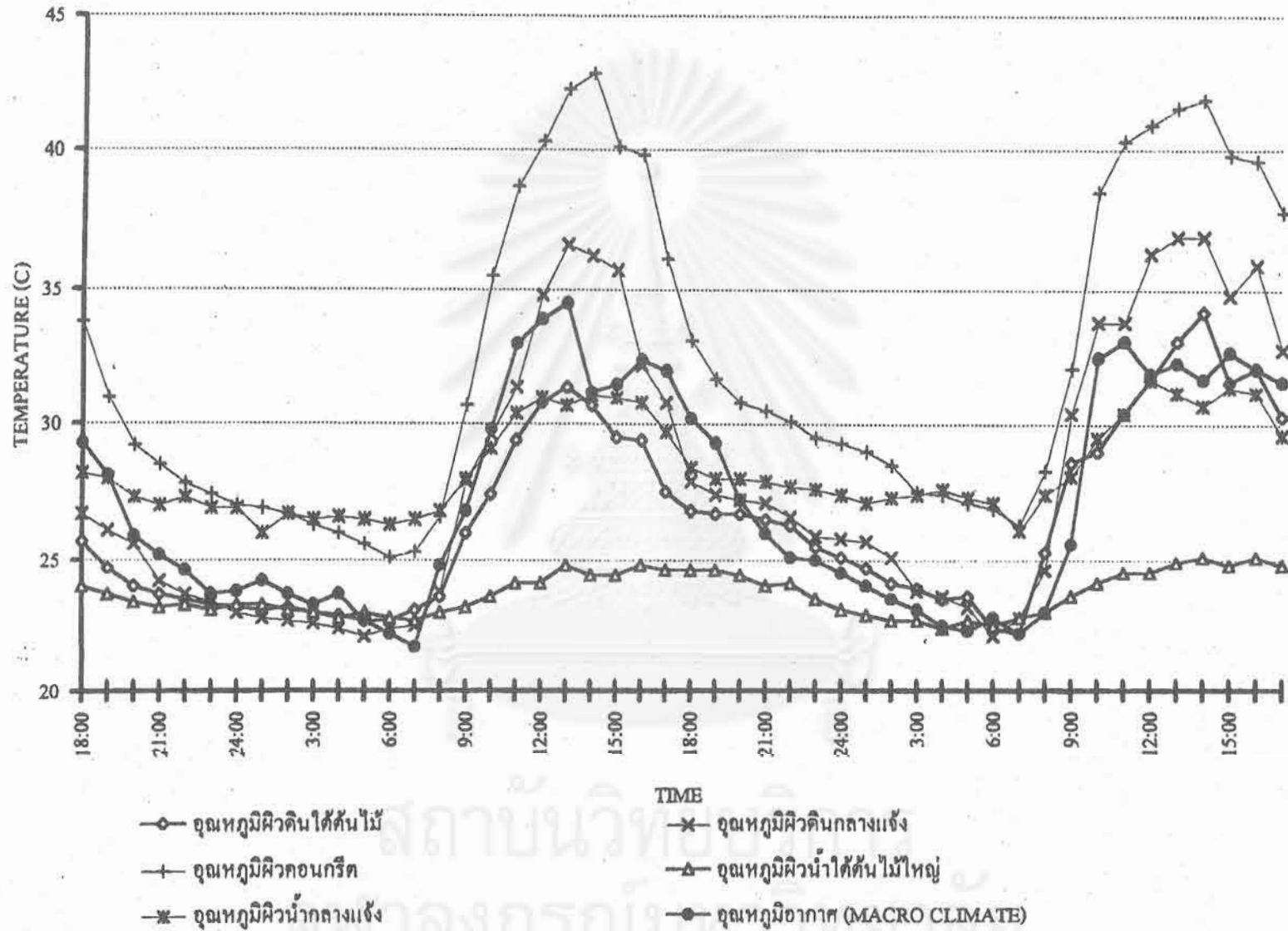
จากรูป 5 1 และ 5 2 แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิอากาศที่พัดผ่านตัวอย่างของสภาพแวดล้อมที่ดี (สนามหญ้า) ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศเย็นลง กับสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี (ลานจอดรถ) ซึ่งมีผลทำให้ อุณหภูมิของอากาศร้อนขึ้น

รูปที่ 5-2 แสดงอุณหภูมิอากาศในบริเวณลานจอดรถเทียบเคียงกับอุณหภูมิอากาศในบริเวณใกล้เคียงกัน



- ◇— อุณหภูมิผิวคอนกรีต เหนือลม
- อุณหภูมิผิวคอนกรีต ใต้ลม
- ×— อุณหภูมิอากาศ (MACRO CLIMATE)

รูปที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวพื้นในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก



จากรูป แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวในบริเวณต่าง ๆ กัน จะเห็นว่าสภาพแวดล้อมที่ดีที่สุด 2 แบบ เป็นสภาพแวดล้อมส่วนใหญ่ที่ได้ถูกเลือกใช้กับอาคารอนุรักษ์พลังงาน

### 5.1.2 ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้กับอาคารเทคโนโลยีนิคมพระเกียรติ

ตัวแปรทางธรรมชาติ (Micro Climate) ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศบริเวณรอบอาคารที่นำมาประยุกต์ใช้ คือ ต้นไม้ (Vegetation), ดิน (Soil), น้ำ (Water Body), พืชคลุมดิน (Ground Cover), และลม (Wind)

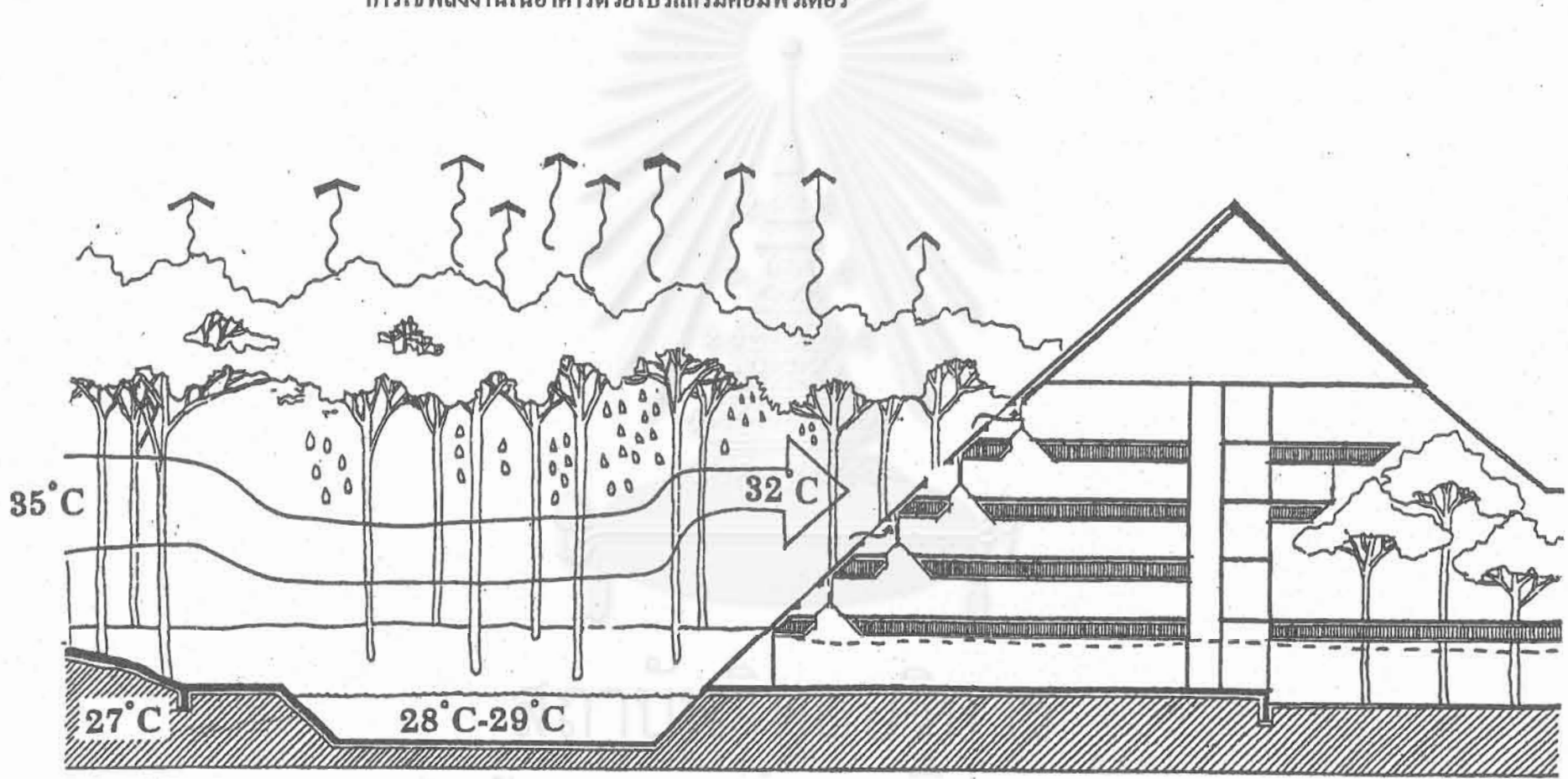
การออกแบบสภาพแวดล้อมรอบอาคารนั้นมีจุดประสงค์เพื่อการลดอุณหภูมิอากาศ โดยรอบอาคารให้ต่ำลง ส่งผลให้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคารลดต่ำลง ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยลง ซึ่งจะช่วยในการประหยัดพลังงานในการปรับสภาวะอากาศภายในอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย

องค์ประกอบทางธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ น้ำ ดิน พืชคลุมดิน ลม และสภาพภูมิประเทศของที่ตั้งอาคารมีความสัมพันธ์ต่อกัน องค์ประกอบทางธรรมชาติต่าง ๆ จะช่วยปรุงแต่งให้สภาพแวดล้อมรอบอาคารมีอุณหภูมิลงต่ำลง โดยลมจะทำหน้าที่พัดพาเอาความชื้นเข้าสู่อาคาร ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารลดลง

การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมจึงมีความสำคัญต่อการประหยัดพลังงานของอาคาร โดยควรที่จะใช้พื้นที่ภูมิสถาปัตยกรรมพื้นผิวแข็ง (Hardscape) เช่น ลานจอดรถ ซึ่งทางเดินคอนกรีตเท่าที่จำเป็น และจัดให้มีร่มเงากันภูมิสถาปัตยกรรมพื้นผิวแข็ง (Hardscape) เหล่านั้น เพื่อลดการสะสมความร้อนในวัสดุซึ่งจะมีผลต่ออุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้น และพยายามเลือกใช้ภูมิสถาปัตยกรรมพื้นผิวอ่อน (Softscape) เช่น ต้นไม้ สระน้ำ หรือสนามหญ้า เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ เพื่อที่จะนำเอาความชื้นจากภูมิสถาปัตยกรรมที่ร่มเย็นมาใช้กับอาคาร เพื่อลดการทำงานของระบบปรับอากาศลง

หลังจากได้ทำการวิเคราะห์แล้ว ได้ผลสรุปเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิต่าง ๆ ที่คาดว่าจะสามารถทำได้ แล้วจึงประยุกต์อิทธิพลต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับดิน น้ำ ต้นไม้ และสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมของอาคาร โดยได้ตัวเลขเฉลี่ยดังปรากฏในรูปที่ 5-4

รูปที่ 5-4 แสดงการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมรอบอาคาร ที่ใช้ในการจำลองสภาพ  
การใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



5-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2 การนำความเย็นจากดินมาใช้

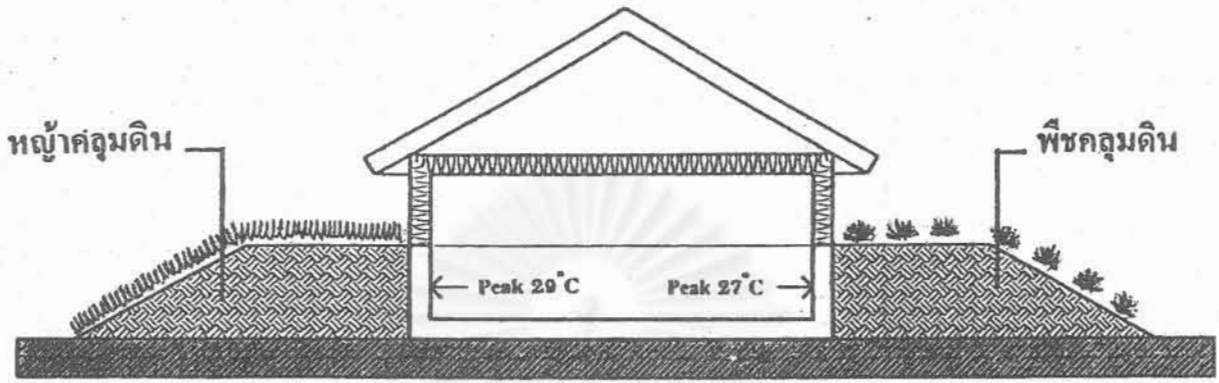
การศึกษาเรื่องการนำความเย็นจากดินมาใช้ เป็นการศึกษาที่มีจุดประสงค์ที่จะนำผลของการวิจัยมาประยุกต์ เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ หรืออาคารอื่น ๆ ต่อไป โดยทำการศึกษาในเรื่องของอิทธิพลของสภาพผิวดิน อิทธิพลของความชื้นในดินและอิทธิพลของคุณสมบัติการกักเก็บความชื้นของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลในการช่วยรักษาอุณหภูมิผิวดินเพื่อที่จะนำความเย็นจากดินดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบให้เกิดประโยชน์กับอาคาร

การศึกษานี้ทำโดยสร้างอาคารทดลองขนาด 8 x 8 เมตร สูง 2.5 เมตร เพื่อใช้ศึกษาและควบคุมตัวแปรตลอดจนสภาพของห้องทดลองให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง โดยในการเก็บข้อมูลมีการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Record) ทำการเก็บอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ประกอบกับเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นตัวแปรตามที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ (SPSS) เพื่อประเมินผลหาข้อสรุปและแนวทางที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคาร

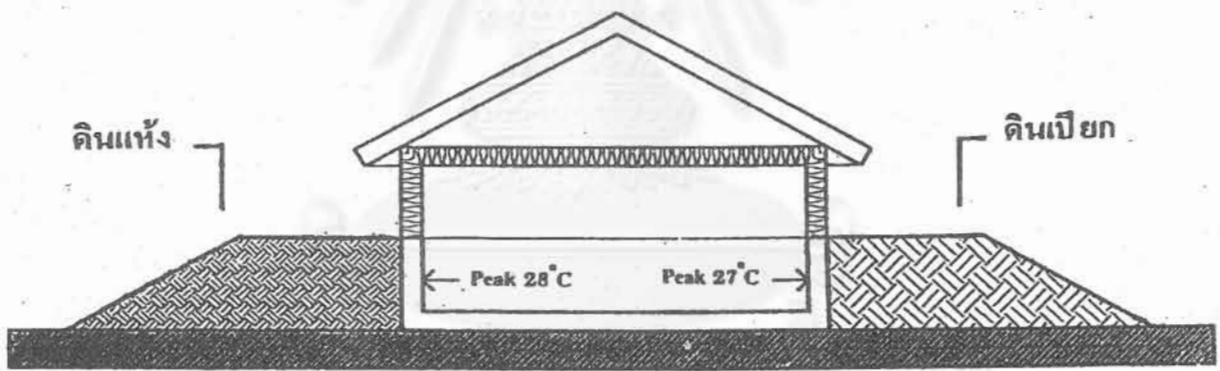
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปแสดงผลสรุปจากการทดลอง

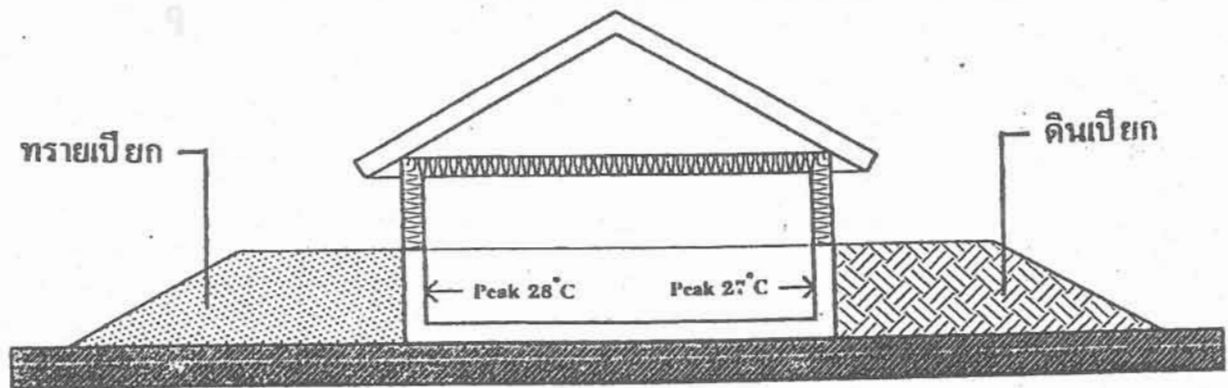
รูปที่ 5-5 แสดงการวิจัยอิทธิพลสภาพผิวดิน



รูปที่ 5-8 แสดงการวิจัยอิทธิพลความชื้นในดิน



รูปที่ 5-7 แสดงการวิจัยอิทธิพลจากคุณสมบัติของความสามารถในการเก็บกักความชื้นของดิน



## 5.2.1 สรุปผลการวิจัย

### 1. อิทธิพลสภาพผิวดิน

1.1 สภาพผิวดินที่มีหญ้าปกคลุมผิวดิน จะทำให้อุณหภูมิของดินลดลงจากเดิม 2-3 °C เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด โดยตรงที่จะมีผลต่ออุณหภูมิผิวดิน ดังนั้นอุณหภูมิจึงคงที่ และส่งผลต่ออุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอาคารที่มีผิวภายนอกสัมผัสผิวดินให้ มีค่าคงที่เช่นเดียวกัน

1.2 สภาพผิวดินที่มีพืชปกคลุมดิน จะมีผลในการช่วยลดอุณหภูมิของดินลงได้มากกว่า สภาพผิวดินที่มีหญ้าปกคลุม เนื่องจากสภาพผิวดินที่ปกคลุมด้วยพืชปกคลุมดิน ได้รับการปกคลุม และป้องกันจากอิทธิพลของแสงแดดได้มากกว่าการปกคลุมด้วยหญ้า ดังนั้นจึงมีผลต่อการลดอุณหภูมิได้มากกว่า เนื่องจากให้ร่มเงาแก่ผิวดินได้ดีกว่า ดังนั้นดินที่ลึกลงไปจึงมีอุณหภูมิที่คงที่ และส่งผลให้ผนังที่มีผิวภายนอกสัมผัสผิวดินมี ผิวผนังภายในที่มีอุณหภูมิคงที่ด้วยเช่นเดียวกัน

### 2. อิทธิพลความชื้นในดิน

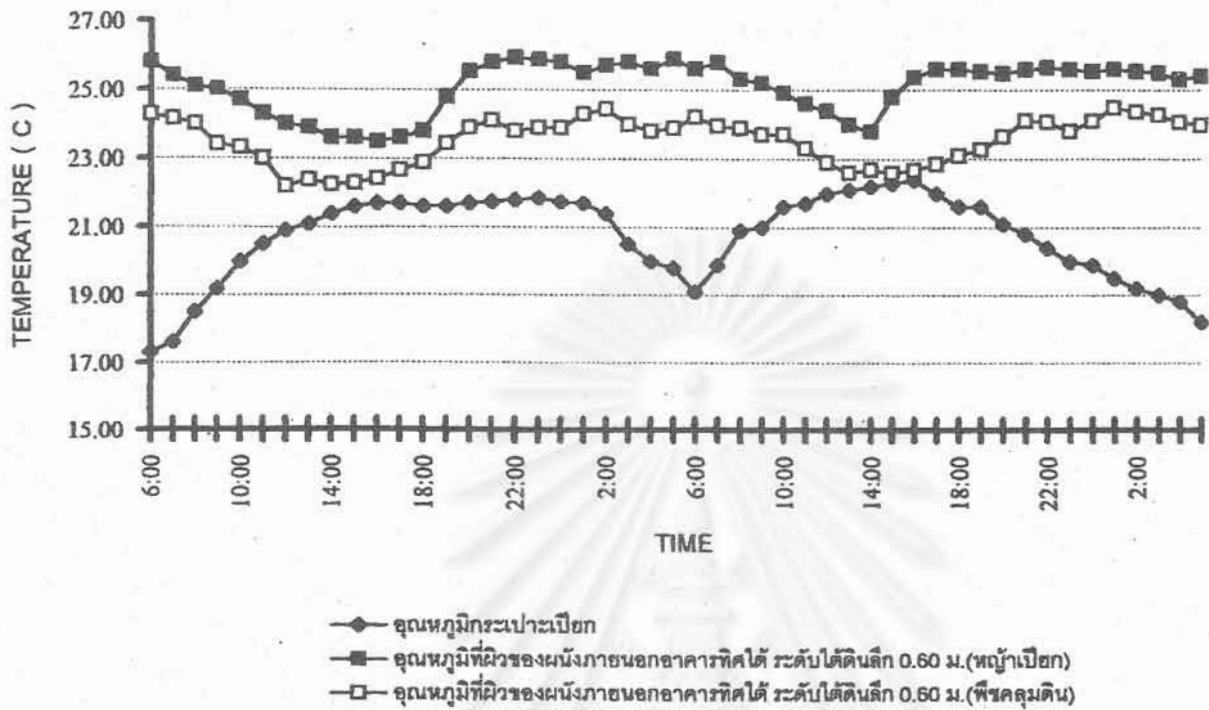
ดินที่มีความชื้นสูงจะมีผลทำให้ผิวผนังภายในของผนังที่มีผิวภายนอกสัมผัสผิวดิน มีอุณหภูมิ ต่ำกว่าดินที่มีความชื้นน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะความชื้นภายในดินช่วยลดอุณหภูมิดินลง ดังนั้นผิว สัมผัสของผนังที่สัมผัสผิวดินจะมีอุณหภูมิลดลงด้วย เป็นผลให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารลดลง

### 3. อิทธิพลจากคุณสมบัติของความสามารถในการกักเก็บความชื้นของดิน

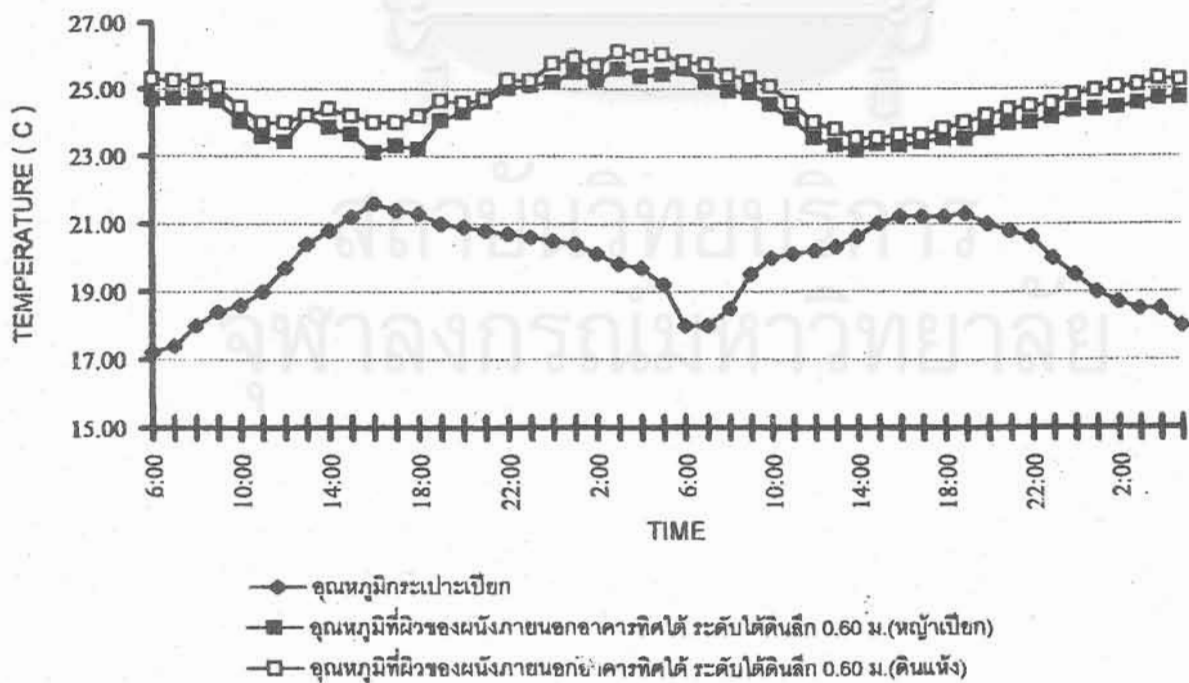
จากเรื่องอิทธิพลของความชื้นในดินทำให้เราทราบว่า ความชุ่มชื้นจะช่วยลดอุณหภูมิดินลง ได้ แต่เนื่องจากดินแต่ละชนิดมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้ต่างกัน โดยดินที่มีความ สามารถในการกักเก็บความชื้นไว้ได้นานกว่า จะช่วยพยุงอุณหภูมิดินให้มีค่าต่ำอยู่ในช่วงเวลาที่ยาวนานกว่าด้วย ซึ่งจะมีผลต่ออุณหภูมิของผิวผนังภายในของผนังที่มีผิวภายนอกสัมผัสผิวดินให้มีค่าลดลงในช่วงเวลาที่ยาวนานตามไปด้วย



รูปที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวผนังใต้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและพืชคลุมดินทางทิศใต้



รูปที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิที่ผิวผนังใต้ดินลึก 0.60 ม. ระหว่างผิวดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้งทางทิศใต้



### 5.2.2 ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารเทคโนโลยีพระเกี้ยว

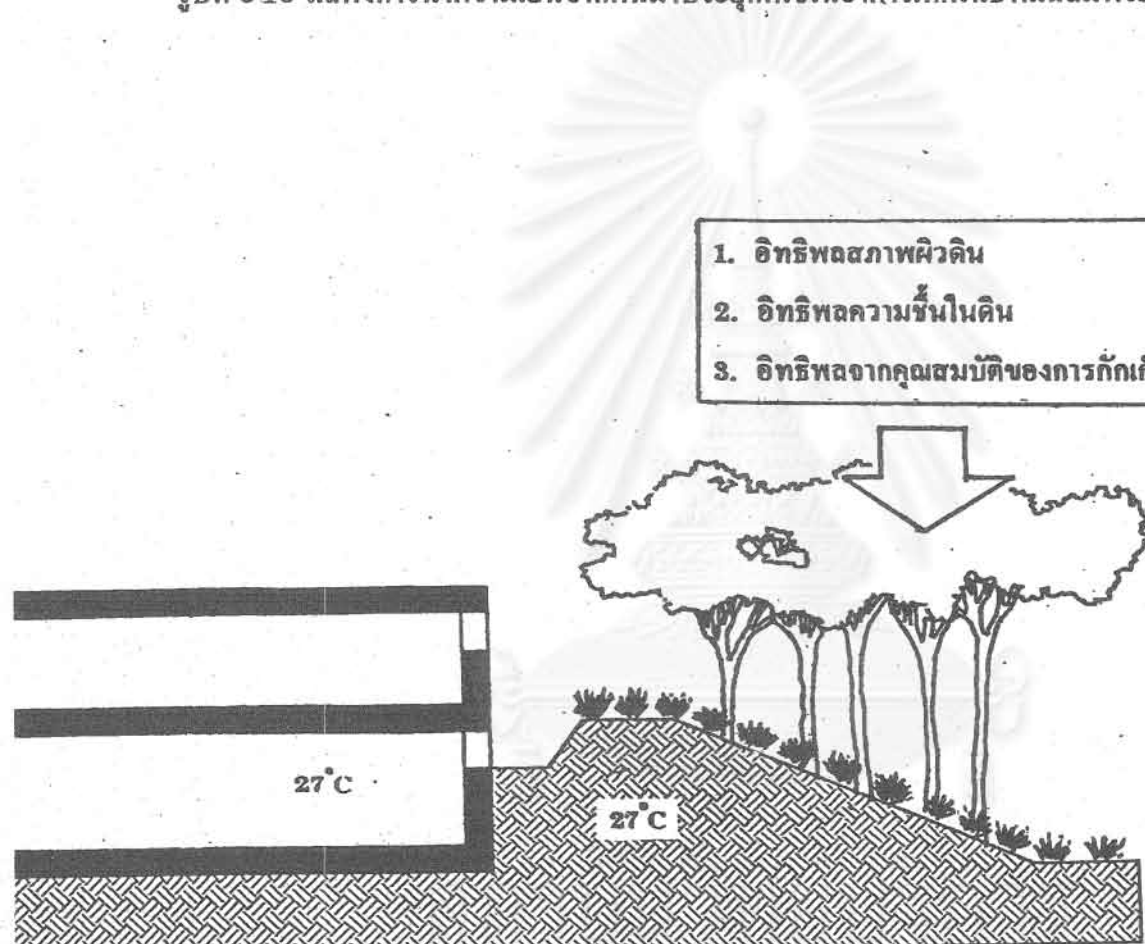
เมื่อนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยทั้ง 3 ข้อ คือ อิทธิพลสภาพผิวดิน, อิทธิพลความชื้นในดิน, อิทธิพลของคุณสมบัติความสามารถในการกักเก็บความชื้นในดินมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ โดยในส่วนของชั้นล่างสุดของอาคาร (Basement) นั้นจะเป็นส่วนที่ผนังได้รับการถมดินให้ผิวสัมผัสภายนอกของผนังสัมผัสดิน ดังนั้นพื้นที่ในชั้นล่างสุดของอาคารจึงสามารถดึงอุณหภูมิอากาศ ภายในของส่วนนี้ไว้ที่  $27^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่ส่วนอื่น ๆ ของอาคารดึงอุณหภูมิอากาศไว้ที่  $25^{\circ}\text{C}$  อันเนื่องมาจากว่าคุณสมบัติทั้ง 3 ข้อ ที่กล่าวมาแล้วคืออิทธิพลจากสภาพผิวดินที่ช่วยให้ดินมีอุณหภูมิกคงที่ เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด และอิทธิพลจากความชื้นที่ช่วยลดอุณหภูมิดินลงจากปกติที่  $29^{\circ}\text{C}$  ให้ลงมาที่ประมาณ  $27^{\circ}\text{C}$  และนอกจากนี้คุณสมบัติของดินที่ช่วยอุ้มน้ำไว้ก็จะช่วยให้ความชื้นในดินอยู่นานมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิดินให้มีค่าลดลงในช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น

แต่ในขณะที่เดียวกันความชื้นดังกล่าวไม่สามารถเข้ามาในอาคารได้เนื่องจากระบบผนังภายนอกของอาคารนี้เป็นผนังที่มีระบบกันความชื้น เมื่ออุณหภูมิของผนังภายนอกที่สัมผัสดินอยู่ที่  $27^{\circ}\text{C}$  เพื่อทำให้ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) เกิดขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สามารถดึงอุณหภูมิอากาศภายในไว้ที่  $27^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่พื้นที่ส่วนอื่น ๆ ตั้งไว้ที่  $25^{\circ}\text{C}$  จึงเป็นการช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศลงได้ส่วนหนึ่ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5-10 แสดงการนำความเย็นจากดินมาประยุกต์ใช้ในอาคารเทคโนโลยีนิเวศิมพระเกียรติ

1. อิทธิพลสภาพผิวดิน
2. อิทธิพลความชื้นในดิน
3. อิทธิพลจากคุณสมบัติของการกักเก็บน้ำของดิน



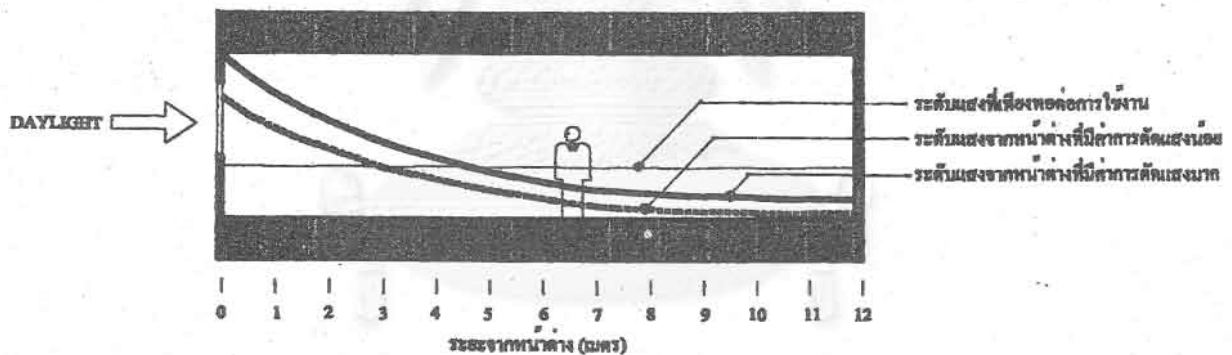
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคารอนุรักษ์พลังงาน

การใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคาร จะช่วยประหยัดการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างได้ส่วนหนึ่ง พื้นที่ส่วนที่มีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารอนุรักษ์พลังงาน ที่สำคัญได้แก่ พื้นที่ส่วนสำนักงาน และพื้นที่โถงหน้าห้องประชุมภายใต้โดม

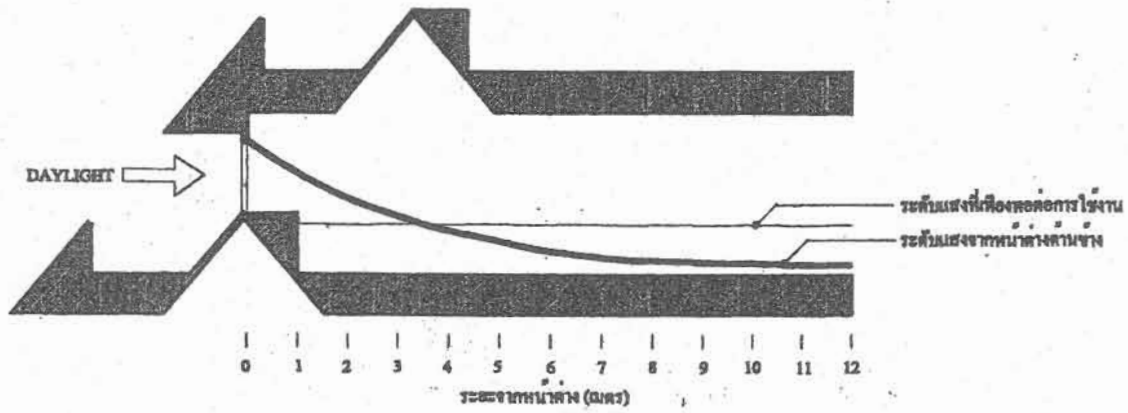
#### 5.3.1 พื้นที่ส่วนสำนักงาน

ในอาคารสำนักงานทั่วไป พื้นที่ภายในอาคารสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาผ่านทางหน้าต่าง วัสดุช่องเปิดมักเป็นกระจก ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) สูง เพื่อช่วยลดการถ่ายเทปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางช่องเปิด และโดยเหตุที่หน้าต่างด้านข้างอยู่ในตำแหน่งที่สายตายอมรับความจ้าได้น้อยจึงจำเป็นต้องเลือกกระจกที่สามารถตัดแสงได้มาก เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถมองออกไปภายนอกได้อย่างสบายตา การกระทำดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารลดน้อยลง การเลือกใช้กระจกตัดแสง จึงส่งผลให้ไม่สามารถดึงแสงธรรมชาติตามความประสงค์ของผู้ออกแบบได้ดังรูป

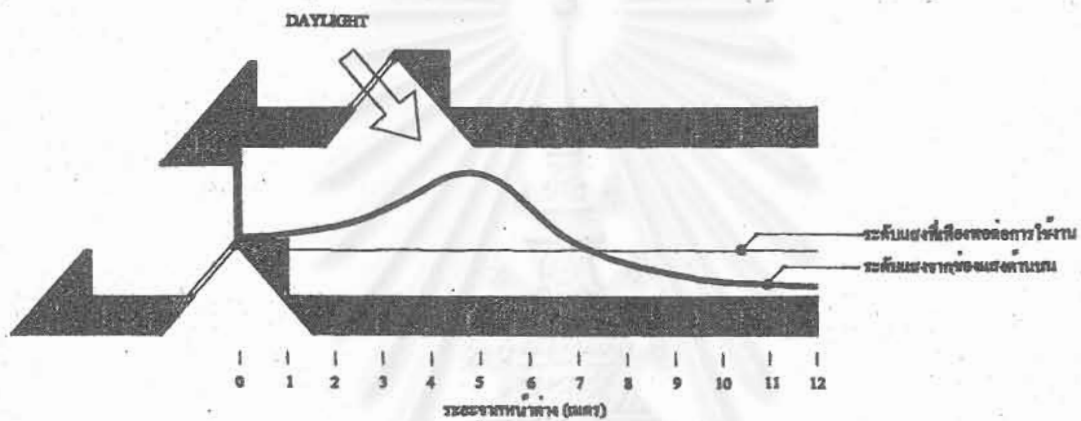


รูปที่ 5-11 แสดงปริมาณแสงภายในอาคารที่ได้จากหน้าต่างด้านข้างของอาคารทั่วไป เปรียบเทียบระหว่างกระจกที่มีค่าการตัดแสงมากซึ่งจะมีปัญหาในการปรับสายตาเมื่อมองออกไปภายนอกอาคารกับกระจกที่มีค่าการตัดแสงน้อย ซึ่งไม่มีปัญหาเรื่องการปรับสายตา แต่ทำให้มีแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารในปริมาณน้อย ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

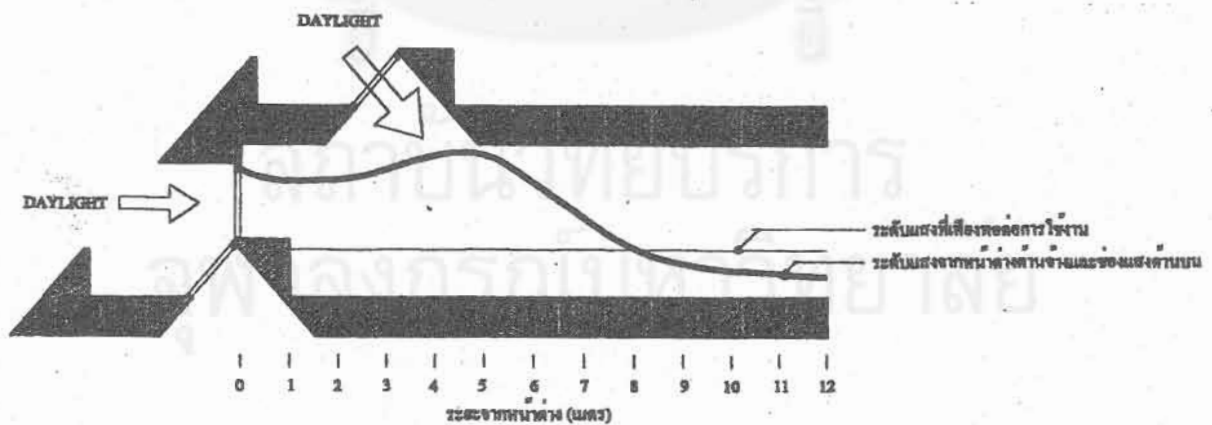
จากการวิจัยพบว่าเมื่อออกแบบอาคารให้มีหน้าต่างด้านข้างแต่เพียงอย่างเดียว จะทำให้มีแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานในอาคารได้ลึกเข้าไปในอาคารเพียง 3-4 เมตร จากหน้าต่างเท่านั้น ในขณะที่เมื่อใช้ช่องแสงด้านบนเข้าช่วยแล้วจะทำให้มีแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานได้ลึกถึง 7 - 8 เมตร อย่างมีประสิทธิภาพด้วยช่องแสงด้านบนที่มีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้ความร้อนเข้าสู่อาคารได้น้อยเมื่อเทียบกับการเพิ่มเนื้อที่ช่องเปิดในลักษณะอื่นๆ ดังรูปที่ 5.12-5.14



รูปที่ 5-12 แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากหน้าต่างด้านข้าง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียง 3-4 เมตร จากหน้าต่างเท่านั้น



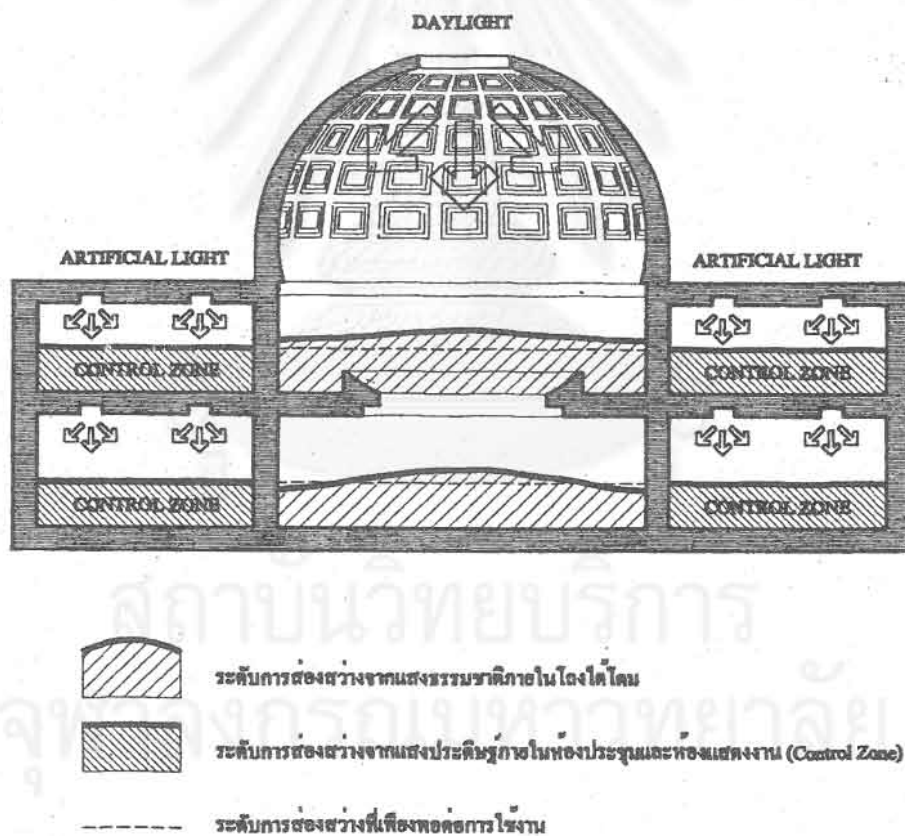
รูปที่ 5-13 แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากช่องแสงด้านบน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้ลึกกว่าแสงจากหน้าต่างด้านข้าง อย่างไรก็ตามถ้าใช้แต่เฉพาะช่องแสงด้านบน จะทำให้ ผู้ใช้อาคารไม่สามารถมองเห็นภูมิทัศน์โดยรอบอาคารได้



รูปที่ 5-14 แสดงถึงปริมาณแสงภายในอาคารจากการใช้หน้าต่างด้านข้าง และช่องแสงด้านบนร่วมกัน ช่องเปิดทางด้านข้างและด้านบนสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้ใช้อาคารสามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้ โดยไม่มีปัญหาเรื่องการปรับสายตาเมื่อมองออกไปภายนอกอาคาร

### 5.3.2 พื้นที่โถงทางเดิน

ด้วยเหตุที่ห้องรอบๆ โถง เป็นห้องแสดงงานและห้องประชุมเป็นห้องที่มีกิจกรรมที่มีความจำเป็นต้องการควบคุมปริมาณแสงให้คงที่อยู่ตลอดเวลาในขณะที่ใช้งาน จึงไม่ควรใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ดังกล่าวมากนัก ในขณะที่ส่วนพื้นที่ทางเดินเป็นกิจกรรมที่สามารถยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการส่องสว่างได้มาก จึงสามารถใช้แสงธรรมชาติในบริเวณนี้ได้แต่ก็ไม่ควรให้เกิดความจ้ามากเกินไป ผู้ออกแบบจึงออกแบบให้ปริมาณแสงมีค่าอยู่ระหว่าง 15-35 Footcandle (150-350 Lux) ตลอดวัน จากการวิจัยพบว่าปริมาณแสงธรรมชาติภายในโถงอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน ตลอดเวลาทำงานตามปกติ นอกจากนี้ชั้น Basement ซึ่งจะมีแสงธรรมชาติส่องไปถึงในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยในช่วงเช้าและช่วงเย็น โดยการกระจายของแสงมีค่าสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณภายในโถง เมื่อสภาพท้องฟ้าภายนอกมีเพียงแสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Diffuse Light)



รูปที่ 5-15 แสดงถึงปริมาณแสงธรรมชาติภายในโถงได้โดมที่ชั้น Ground และชั้น Basement ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกระจายของแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอทั้ง 2 ชั้น ส่วนห้องประชุมและห้องแสดงงานด้านข้างเป็นห้องที่มีการควบคุมปริมาณแสงในการใช้งานให้คงที่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

#### 5.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยคอมพิวเตอร์

การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานตัวอย่างนี้ มีการใช้โปรแกรม DOE 2.1 D และโปรแกรม OTTV ในการวิเคราะห์และประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร โดยวิธีการสภาพจำลองด้วยคอมพิวเตอร์(Computer Simulation) และได้นำภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครมาเป็นพื้นฐานในการคำนวณ แต่เนื่องจากการออกแบบได้มีการนำระบบธรรมชาติมาใช้ โดยการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เย็นลงด้วยภูมิสถาปัตยกรรม (ดังการวิจัยในบทที่ 1 และ 2) ทำให้ต้องปรับอุณหภูมิจากข้อมูลเดิมให้ต่ำลง และนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณพลังงานของอาคารอนุรักษ์พลังงาน

ส่วนระบบผนัง พื้นและหลังคา ได้เลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่สามารถสกัดกั้นความร้อนและความชื้นจากภายนอกได้ดี โดยยังคงคุณค่าและสุนทรียภาพของงานสถาปัตยกรรม เพื่อควบคุมพลังงานที่เข้ามาจากภายนอกอาคารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และยังออกแบบอาคารให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาช่วยลดการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร (ดังการวิจัยในบทที่ 3) โดยผลจากการคำนวณทำให้ทราบว่า สามารถลดภาระการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างลงประมาณ 50 % เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไป

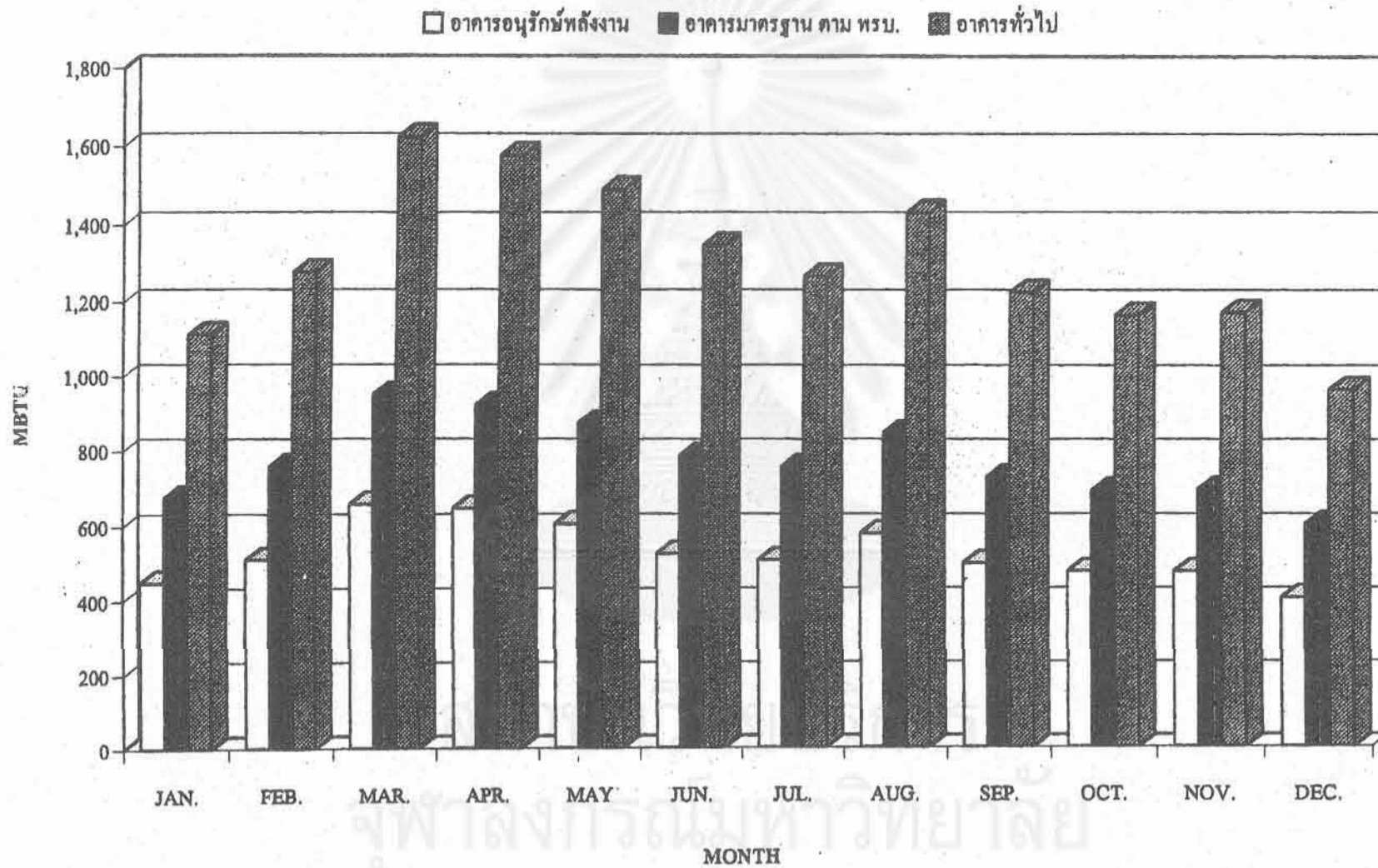
จากการออกแบบอาคารโดยใช้หลักการต่างๆมาประกอบกัน ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) มีค่า 18 WATT/SQ.M. ซึ่งต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของอาคารมาตรฐาน ( 45 WATT/SQ.M.) และใช้เครื่องปรับอากาศที่น้อยกว่าหนึ่งในสามของที่อาคารทั่วไปใช้ โดยทั้งหมดนี้ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนจะน้อยกว่าอาคารที่ผ่านมาตรฐานตามพระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงานประมาณ 2 เท่า (ค่าไฟฟ้าน้อยกว่าประมาณ 2,400,000 บาทต่อปี) และน้อยกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 3 เท่า (ค่าไฟฟ้าน้อยกว่าประมาณ 5,200,000 บาทต่อปี) โดยที่มีคุณภาพชีวิตและสภาวะอากาศภายในอาคารที่ดีกว่า

ตารางที่ 5-1 แสดงรายการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานตาม พ.ร.บ. ค่าเฉลี่ยของอาคารทั่วไป

รายการ	อาคารอนุรักษ์พลังงาน	มาตรฐานตาม พ.ร.บ.	ค่าเฉลี่ยของอาคารทั่วไป
*OTTV	18 วัตต์ / ตร.ม.	45 วัตต์ / ตร.ม.	65 วัตต์ / ตร.ม.
ไฟฟ้าแสงสว่าง	8 วัตต์ / ตร.ม.	16 วัตต์ / ตร.ม.	25 วัตต์ / ตร.ม.
ภาระการทำความเย็น	63 ตร.ม. / ตัน	ไม่ได้กำหนด	20 ตร.ม. / ตัน
ขนาดของเครื่องปรับอากาศ	250 ตัน	ไม่ได้กำหนด	700 ตัน

\* OTTV : ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร

รูปที่ 5-16 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ





รูปที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อเดือนโดยประมาณของอาคารทั้ง 3 แบบ

□ อาคารอนุรักษ์พลังงาน    ■ อาคารมาตรฐาน ตาม พรบ.    ■ อาคารทั่วไป

