บทที่ 5
ผลการวิจัย

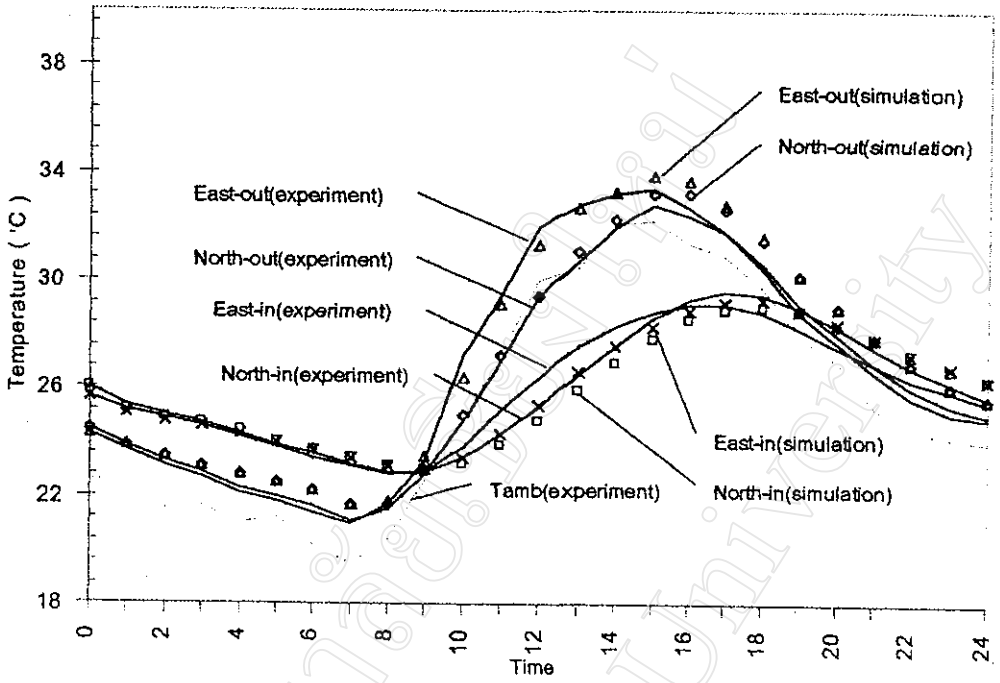
5.1 เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองและผลการทดสอบ

การทดสอบผนังเย็นเมื่อทดสอบกับค่าแสงแดดที่แตกต่างกันหลายวัน สามารถสังเกตได้ว่ามีพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากบางวันอาจมีค่าแสงแดดน้อยแต่ปรากฏว่าระบบปรับอากาศใช้กระแสไฟฟ้ามาก พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบนี้ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นในอากาศ ฝน ความแรงและทิศทางลม เมฆ อุณหภูมิน้ำเมื่อเริ่มทดสอบ มุมตกกระทบของแสงแดด ฯลฯ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้อุณหภูมิอากาศภายนอกมีผลต่อระบบปรับอากาศรองจากความเข้มของแสงแดด เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการเปรียบเทียบผลการทดลองในกรณีต่างๆ จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการจำลองแบบ ซึ่งจะสามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ให้คงที่และเปลี่ยนพารามิเตอร์บางค่าตามต้องการได้ การทดสอบดำเนินการกับผนัง 3 แบบคือผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังซีเมนต์บล็อค ผนังไม้อัด 2 ชั้น และการทำแบบจำลองจะทำกับผนังทั้ง 3 แบบเพื่อเปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริง โดยใช้ค่าแสงแดดและอุณหภูมิอากาศภายนอกจริงของวันนั้นๆ

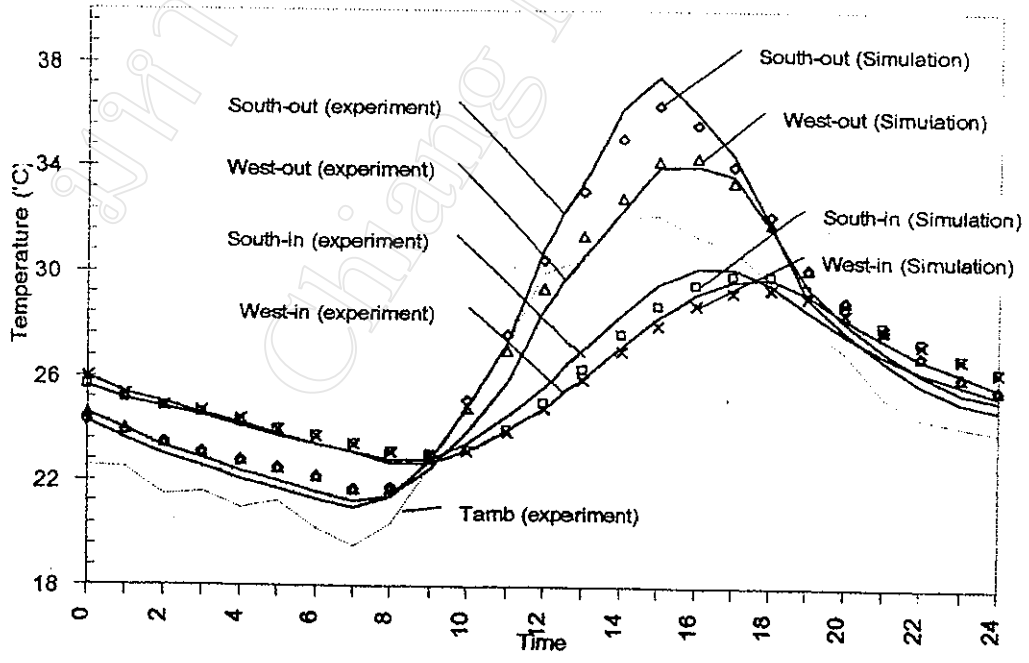
5.1.1 ผนังเย็นแบบไม่ใช้หอผึ่งเย็น

ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นตลอดวันเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริง แสดงดังรูปที่ 5.1 – 5.9

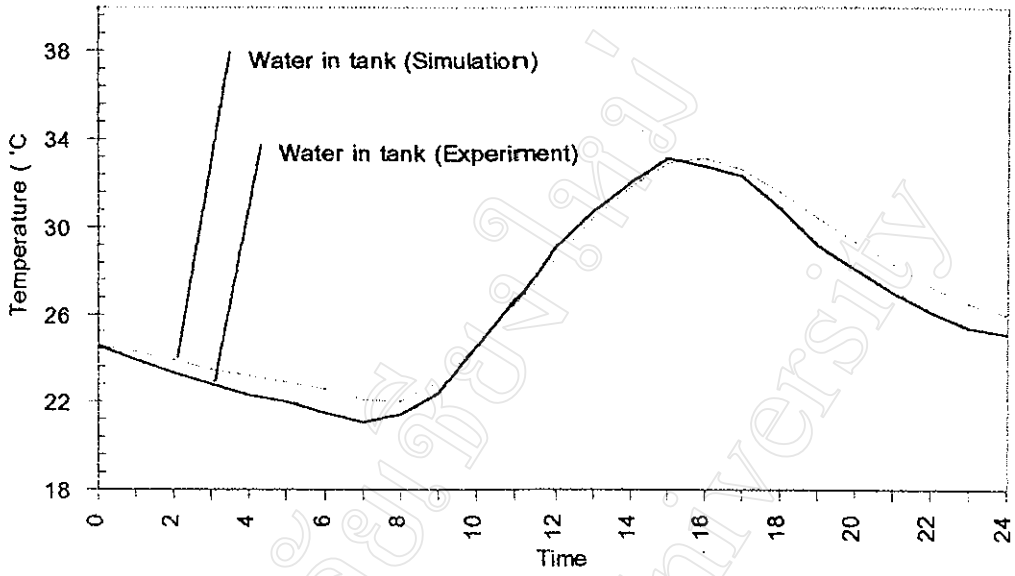
ผลการทำแบบจำลองของผนังก่ออิฐฉาบปูนดังแสดงในรูปที่ 5.1 – 5.3 จะเห็นว่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงจากการทดสอบ โดยเฉพาะอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตกใกล้เคียงกับการทดสอบมาก ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากผนังอาคารคำนวณจากการทำแบบจำลองมีค่า 3.45 kWh คำนวณจากอุณหภูมิผนังอาคารที่วัดได้จริงมีค่า3.55 kWh อ่านค่ากระแสไฟฟ้ารวมของภาระความเย็นทั้งหมดจากวัตต์มิเตอร์มีค่า 8.6 kWh ส่วนอุณหภูมิน้ำในถังมีค่าสูงเกินจริงเล็กน้อยในช่วงกลางคืน



รูปที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังก่ออิฐฉาบปูนวันที่ 19 ก.พ 2542

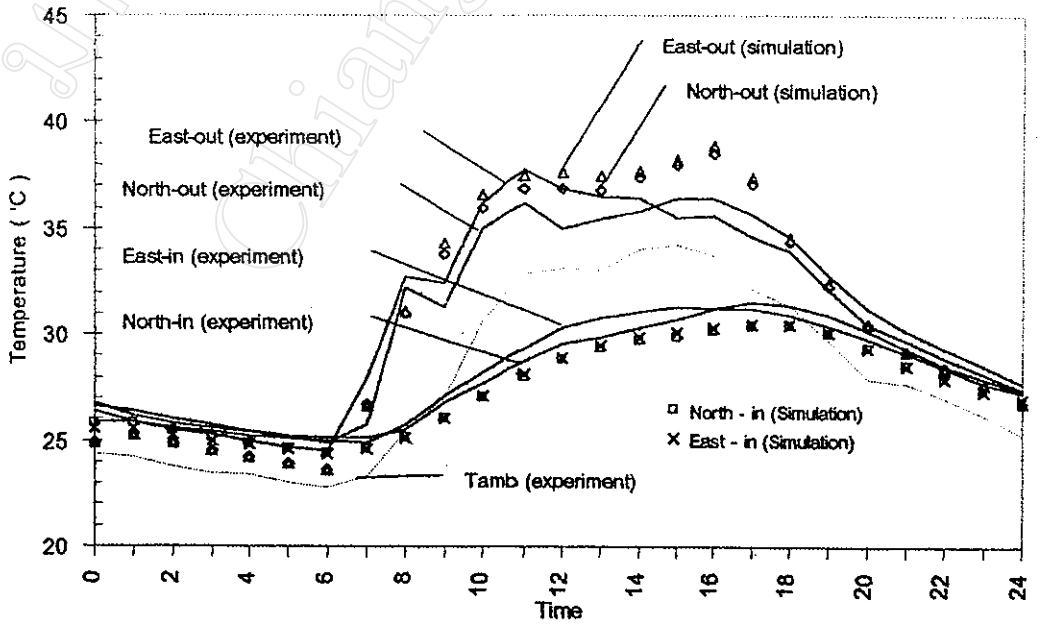


รูปที่ 5.2 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังก่ออิฐฉาบปูนวันที่ 19 ก.พ 2542

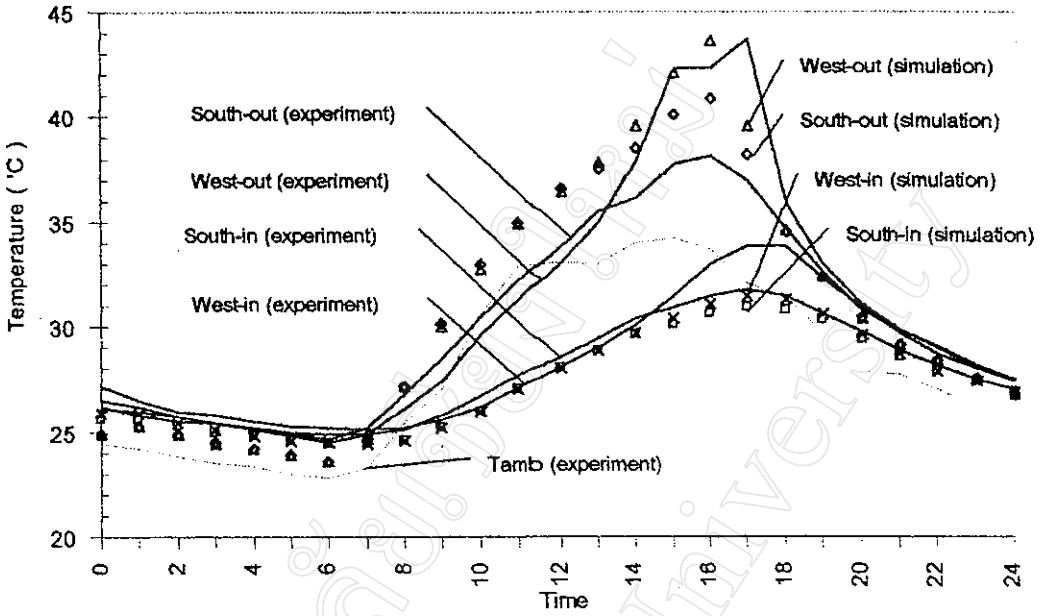


รูปที่ 5.3 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังก่ออิฐฉาบปูนวันที่ 19 ก.พ 2542

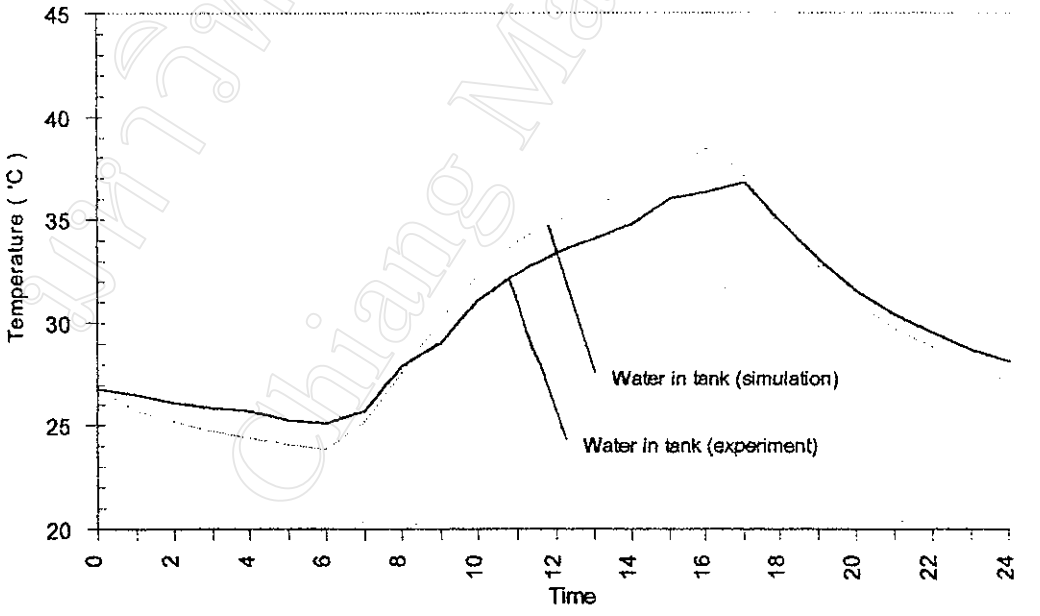
ผลการทำแบบจำลองของผนังซีเมนต์บล็อคดังแสดงในรูปที่ 5.4 – 5.6 มีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบจริง อุณหภูมิผนังอาคารด้านในจะต่ำกว่าค่าที่วัดได้จริงเล็กน้อย ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากผนังอาคารคำนวณจากการทำแบบจำลองมีค่า 6.5 kWh คำนวณจากอุณหภูมิผนังอาคารที่วัดได้จริงมีค่า 7.65 kWh อ่านค่ากระแสไฟฟ้ารวมของภาระความเย็นทั้งหมดจากวัตต์มิเตอร์มีค่า 16.1 kWh อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จริงเล็กน้อยในช่วงกลางวันและต่ำกว่าในช่วงกลางคืน



รูปที่ 5.4 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อควันที่ 22 ก.ค 2542



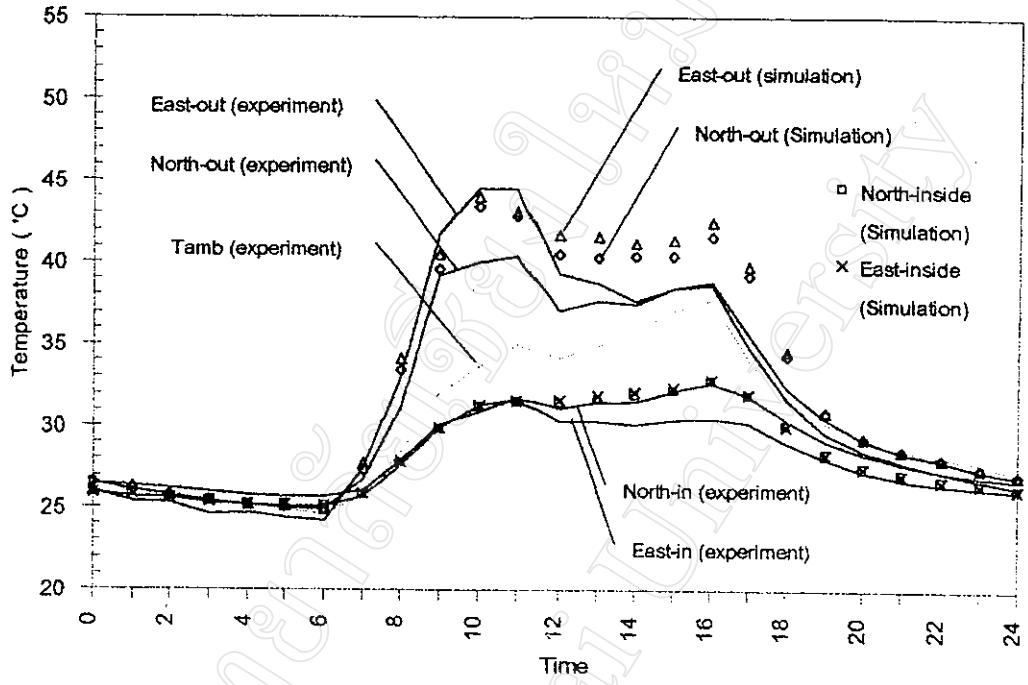
รูปที่ 5.5 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อควันที่ 22 ก.ค 2542



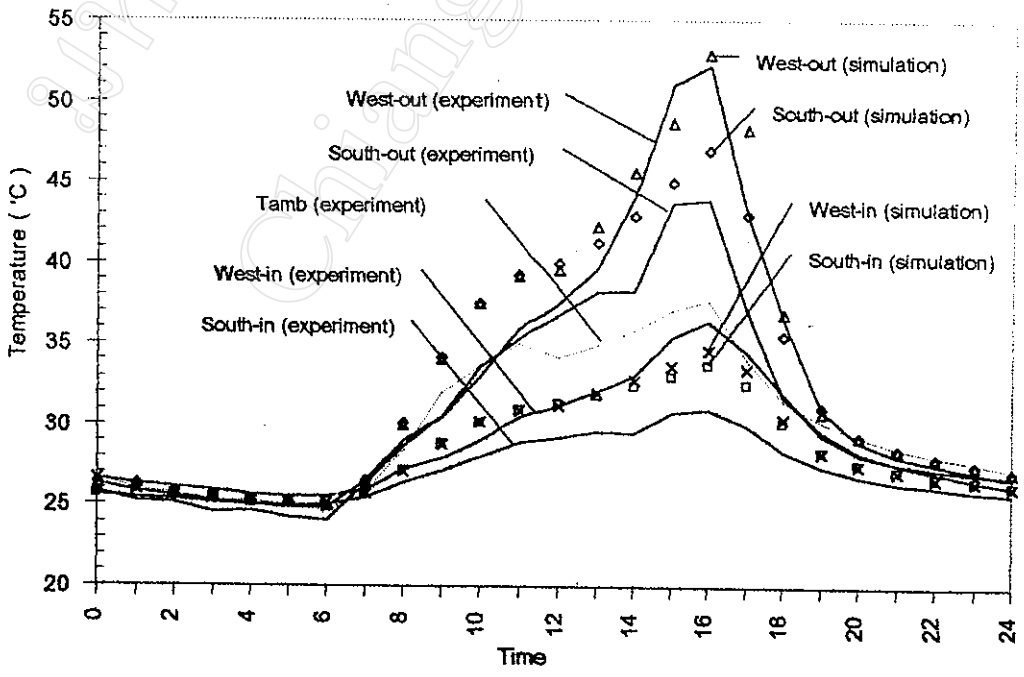
รูปที่ 5.6 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังซีเมนต์บล็อควันที่ 22 ก.ค 2542

ผลการทำแบบจำลองบนผนังแบบไม้อัด 2 ชั้นดังแสดงในรูปที่ 5.7 - 5.9 มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยอุณหภูมิผนังด้านในมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จริงในทิศตะวันออกและใต้ ต่ำกว่าค่าที่วัดได้จริงในทิศตะวันตก ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากผนังอาคารคำนวณจากการทำแบบจำลองมีค่า 7.01 kWh คำนวณจากอุณหภูมิผนังอาคารที่วัดได้จริงมีค่า 6.16 kWh อ่านค่ากระแสไฟฟ้ารวมของภาระความเย็นทั้งหมดจาก

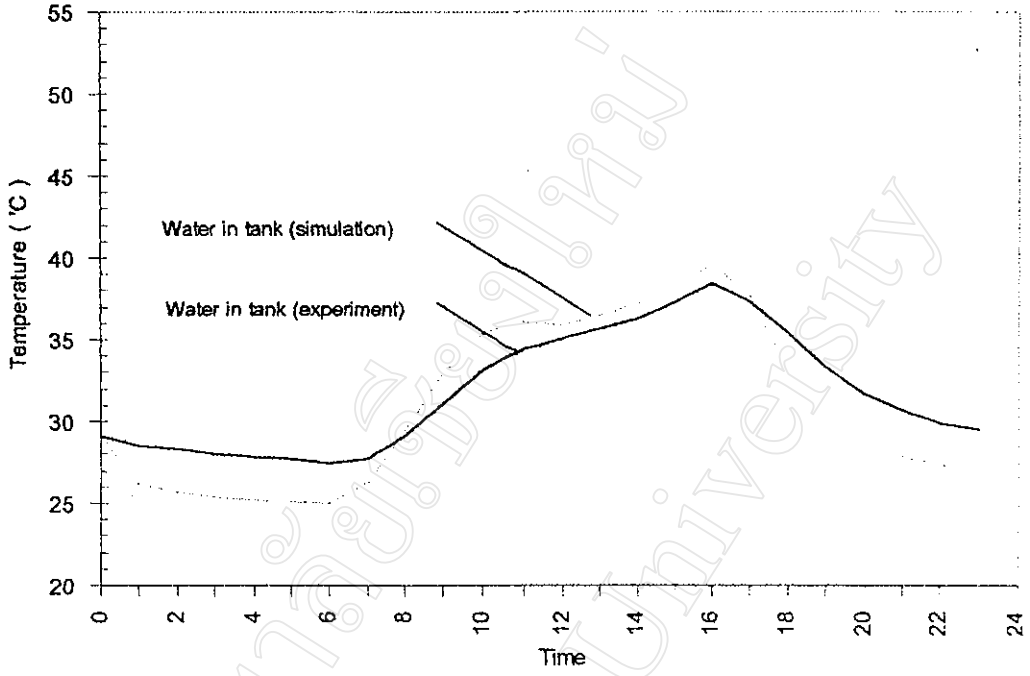
วัตต์มิเตอร์มีค่า 15.3 kWh อุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จริงเล็กน้อยในช่วงกลางวันและต่ำกว่าในช่วงกลางคืน



รูปที่ 5.7 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศเหนือและตะวันออกเปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542



รูปที่ 5.8 แสดงอุณหภูมิผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตก เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542



รูปที่ 5.9 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังเก็บน้ำ เปรียบเทียบผลการทำแบบจำลองบนผนังไม้อัด 2 ชั้น วันที่ 17 เม.ย 2542

5.1.2 การหาค่าภาระความเย็นจากแหล่งความร้อนต่าง ๆ

ภาระความเย็นของระบบปรับอากาศเกิดขึ้นจากแหล่งความร้อนต่างๆ หลายแหล่ง ซึ่งเราสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนจากแหล่งต่าง ๆ ได้โดยประมาณ ดังนี้

5.1.2.1 ความร้อนจากร่างกายมนุษย์

การหาค่าความร้อนจากร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในอาคาร สามารถคำนวณได้จากตาราง ง.1 [9] ตัวอย่างเช่น Seated ,very light work 78F ได้ค่า Sensible heat 215 Btu/hr, Latent heat 185 Btu/hr สมมติคน 1คน อยู่ในห้องวันละ 10 ชั่วโมง

Q = ((215*10)+(185*10))/3410 = 1.1730 kWh

5.1.2.2 หลอดไฟ และบัลลาสต์

การหาค่าความร้อนจากหลอดไฟ จะคิดรวมค่าความร้อนจากบัลลาสต์ด้วย โดยทั่วไปจะประมาณ 25% ของหลอดไฟ ตัวอย่างเช่น หลอดไฟขนาด 40 W 1 หลอด เปิดวันละประมาณ 10 ช.ม

Q = 40 x 1.25 x 10 / 1000 = 0.5 kWh

5.1.2.3 พัดลมของเครื่องปรับอากาศ

พัดลมของเครื่องปรับอากาศอยู่ภายในห้อง จึงต้องคิดเป็นภาระความเย็นด้วย ตัวอย่างเช่น วัดกระแสไฟได้ 0.43 A ทำงานวันละ 24 ชั่วโมง

Q = (0.43 * 220)*24 / 1000 = 2.27 kWh

5.1.2.4 Data logger

วัดกระแสไฟได้ 0.09 A ทำงานตลอด 24 ช.ม

Q = (0.09*220)*24/1000 = 0.48 kWh

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

5.1.2.5 Computer

วัดกระแสไฟฟ้าได้ 0.4 A ทำงานประมาณ 3 ช.ม

Q = (0.4*220)*3/1000 = 0.264 kWh

5.2.1.6 ความร้อนแฝงจากความชื้น

ถ้าทราบน้ำหนักของความชื้นที่เข้าไปในห้อง ความร้อนแฝงในหน่วยของความร้อนหาได้โดยคูณน้ำหนักของความชื้นด้วย 1050 Btu/lb ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความร้อนแฝงของการทำไอน้ำ Super heat ให้กลายเป็นไอไปในอากาศ [12] ตัวอย่างเช่นวัดน้ำระบายจากท่อแอร์ได้วันละประมาณ 2-5 ปอนด์

Q = 2 *1050 / 3410 = 0.62 kWh

5.2.1.7ความร้อนจากแหล่งอื่นๆ

ความร้อนจากแหล่งความร้อนที่ไม่สามารถคำนวณค่าได้เช่นความร้อนสัมผัสที่มากับอากาศนอกห้อง

5.1.3 การใช้ผนังเย็นร่วมกับหอผึ่งเย็น

จากการทดสอบจริงเมื่อใช้ผนังเย็นร่วมกับหอผึ่งเย็นสามารถลดอุณหภูมิผนังอาคารด้านนอกลงไปได้มาก แต่ไม่ปรากฏว่าการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศลดลงอย่างเด่นชัด จากการทำแบบจำลองการใช้หอผึ่งเย็นปรากฏผลดังนี้

ทำแบบจำลองใช้ผนังธรรมดา (ผนังก่ออิฐฉาบปูน)โดยใช้ค่าแสงแดดในเดือนมีนาคม-เมษายน พบว่าเกิดภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ 4.19 kWh

เปรียบเทียบกับการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นตลอดวันร่วมกับหอผึ่งเย็น (ผนังก่ออิฐฉาบปูน)ทั้ง 4 ด้าน โดยกำหนดให้น้ำมีอุณหภูมิ 28 °C ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น.เกิดภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ 3.21 kWh เมื่อคิดรวมกับค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำ 1.08 kWh และค่าไฟฟ้าของหอผึ่งเย็น 3 kWh พบว่าจะสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นวันละ 3 + 1.08 – (4.19-3.21)= 3.1kWh

การทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นร่วมกับหอผึ่งเย็น (ผนังก่ออิฐฉาบปูน) ทั้ง 4 ด้านในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. โดยกำหนดให้น้ำมีอุณหภูมิ 28 °C.ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. เกิดภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ 3.34 kWh เมื่อคิดรวมกับค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำ 0.41 kWh และค่าไฟฟ้าของหอผึ่งเย็น 1 kWh พบว่าจะสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นวันละ 1 + 0.41 – (4.19-3.34)= 0.56kWh

การใช้หอผึ่งเย็นไม่เกิดความประหยัดไฟฟ้าเพราะต้องใช้ไฟฟ้าสำหรับพัดลมหอผึ่งเย็นสูงมาก ไม่ได้น้ำร้อนจากการทำงานและต้องใช้น้ำเติมลงในระบบจำนวนมาก ผนังเย็นร่วมกับหอผึ่งเย็นจึงไม่เหมาะสมต่อการใช้งานในทางปฏิบัติ

5.1.4 การใช้ผนังเย็นบนเพดาน

ผลการทดสอบใช้ผนังเย็นบนเพดานในวันที่ 21 มีนาคม 2542 โดยมีน้ำไหลหมุนเวียนตั้งแต่ 8.00-24.00น. และเปลี่ยนน้ำในตอนเย็นเวลาประมาณ 17.00 น. จากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศในช่วงเวลา 8.00- 17.00 น. มีค่า 8.9 kWh วัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศตลอดวันมีค่า 15.9 kWh แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นราบตลอดวันมีค่า 6.15 kWh/m^2

ผลการทดสอบในวันที่ 22 มีนาคม 2542 โดยไม่มีน้ำไหลหมุนเวียน จากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศในช่วงเวลา 8.00- 17.00 น. มีค่า 9.8 kWh วัดค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศตลอดวันมีค่า 15.9 kWh แสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นราบตลอดวันมีค่า 6.24 kWh/m^2

จากการทดสอบทั้ง 2 วันที่มีค่าแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกัน พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศตลอดวันมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าประสิทธิภาพของระบบผนังเย็นบนเพดานมีค่าต่ำมาก

ลักษณะการติดตั้งแผงท่อทองแดงบนเพดานใช้วิธีวางแผงท่อทองแดงทับบนโครงไม้ของฝ้าเพดาน ทำให้แผงท่อทองแดงวางอยู่เหนือฝ้าเพดานประมาณ 3 นิ้ว แผงท่อทองแดงจึงไม่สามารถรับความร้อนจากฝ้าเพดานแต่ได้รับความร้อนจากอากาศในห้องเพดานเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลต่อการลดภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ระบบผนังเย็นบนเพดาน

5.1.5 การใช้ผนังหุ้มฉนวน

จากการทดสอบหุ้มฉนวนใยแก้วที่ผนังด้านในของอาคารเปรียบเทียบกับผนังอาคารธรรมดา พบว่าเกิดความประหยัดการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศสูงมาก

ทดสอบผนังอาคารหุ้มฉนวนในวันที่ 11 พ.ย 2541 สิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศ 5.7 kWh เมื่อเปรียบเทียบกับผนังอาคารธรรมดาในวันที่ 26 ต.ค 2541 ซึ่งมีแสงอาทิตย์ตกกระทบในแนวราบใกล้เคียงกันพบว่าสิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้า 12.4 kWh คิดเป็นเปอร์เซนต์ความประหยัดได้ประมาณ 54 เปอร์เซนต์

ทดสอบผนังอาคารหุ้มฉนวนในวันที่ 9 พ.ย 2541 สิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศ 8.4 kWh เมื่อเปรียบเทียบกับผนังอาคารธรรมดาในวันที่ 4 ต.ค 2541 ซึ่งมีแสงอาทิตย์ตกกระทบในแนวราบใกล้เคียงกันพบว่าสิ้นเปลืองค่ากระแสไฟฟ้า 12.8 kWh คิดเป็นเปอร์เซนต์ความประหยัดได้ประมาณ 34 เปอร์เซนต์

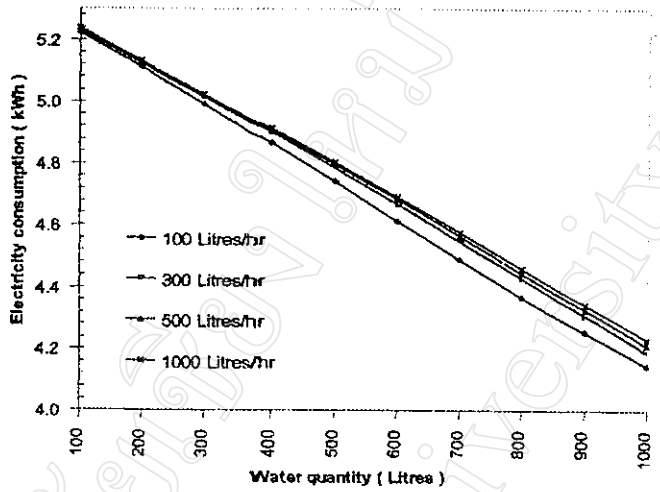
จากตัวเลขความประหยัดที่ได้ถือว่าผนังหุ้มฉนวนมีความประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงมาก แต่เนื่องจากการหุ้มฉนวนจะส่งผลกระทบต่อผู้พักอาศัยเช่น ทำให้เกิดอาการคันระคายเคืองสภาพของห้องไม่สวยงาม ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องมีการสร้างผนังอีกชั้นหนึ่งเพื่อปิดทับฉนวนไว้เป็นลักษณะผนัง 2 ชั้น จึงต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างผนังเพิ่มขึ้นด้วย

5.2 ผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ

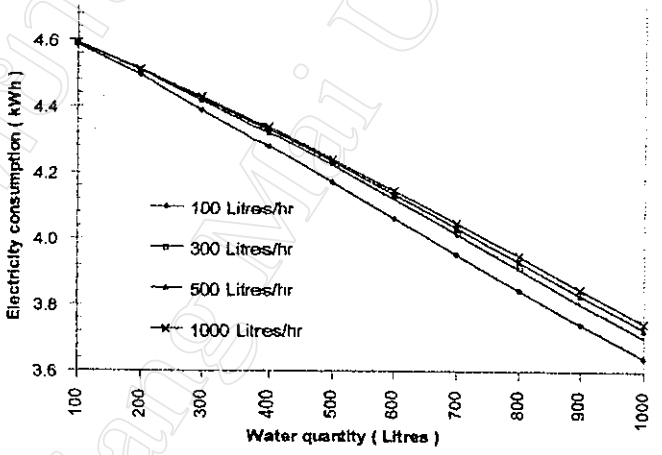
ในการทำแบบจำลองเพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่างๆ จะใช้ค่าแสงแดด ที่ Exell R.H.B. [20] ได้ให้ค่าไว้ (ดูภาคผนวก ข) ใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดและต่ำสุดจากจาก The Asean User's Manual [23] และนำมาทำเป็นค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดวันโดยใช้สมการของ Wachirapuvadon, S [24] ค่าอัตราการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศสามารถคำนวณดังรายละเอียดผลการศึกษา แสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 อัตราการไหล

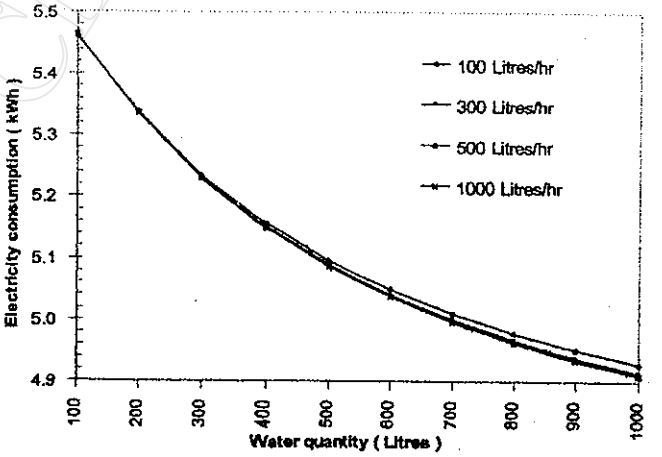
จากการทำแบบจำลอง โดยให้น้ำในถังเก็บน้ำเป็น 100, 300, 500 และ 1000 ลิตรตามลำดับ ใช้ค่าแสงแดดในช่วง 27 ก.พ – 12 เม.ย ที่ Exell R.H.B. [20] ได้ให้ค่าไว้ ทำแบบจำลองของผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังซีเมนต์บล็อค ผนังไม้อัด 2 ชั้น ที่อัตราการไหลต่างๆ ได้ผลการทำแบบจำลองดังตาราง ฉ.1 นำค่าจากตารางมาทำเป็นกราฟแสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้ดังรูปที่ 5.10 – 5.12



รูปที่ 5.10 ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังก่ออิฐฉาบปูน



รูปที่ 5.11 ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังซีเมนต์บล็อค



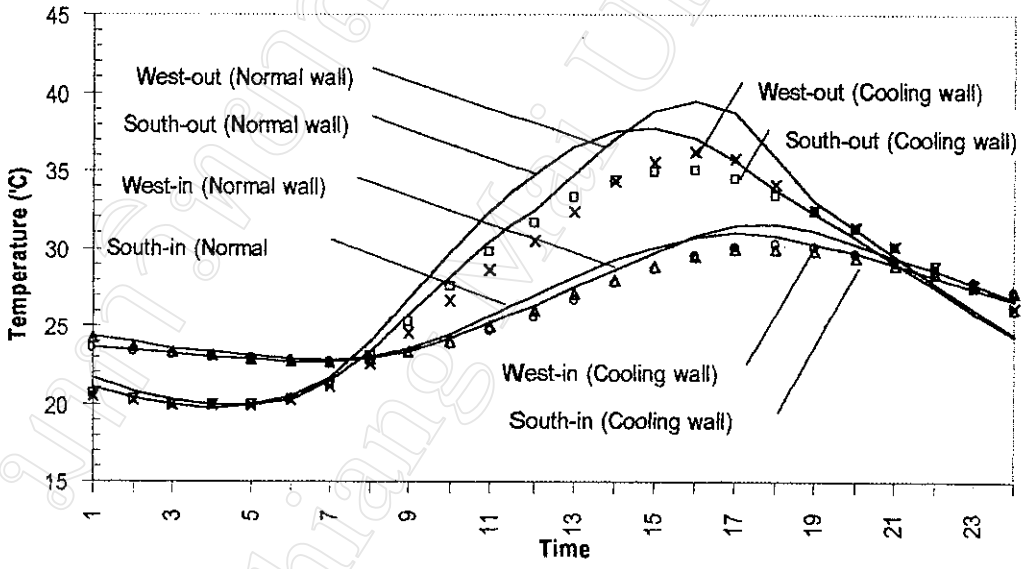
รูปที่ 5.12 ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหล ของผนังไม้อัด 2 ชั้น

ผลการทำแบบจำลองอัตราการไหลพบว่า อัตราการไหลมีผลต่อการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศน้อยมากเส้นกราฟทุกเส้นอยู่ชิดกัน อัตราการไหลที่สูงขึ้นจะสิ้นเปลืองไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องจากน้ำรับความร้อนจากผนังอาคารได้มากขึ้น

ยิ่งมีปริมาณน้ำหมุนเวียนมากขึ้นก็จะมีความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าของระบบปรับอากาศน้อยลง เนื่องจากน้ำจะรับความร้อนจากผนังออกไปทำให้อุณหภูมิจากผนังลดลง เมื่อมีปริมาณน้ำมากก็จะรับความร้อนได้มาก สำหรับผนังไม้อัด 2 ชั้น เมื่อน้ำในถังมีปริมาณมากขึ้นถึงระดับหนึ่งก็จะไม่ทำให้ความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าลดลงมากนัก เพราะการถ่ายเทความร้อนจากผนังอาคารไปสู่น้ำมีน้อย

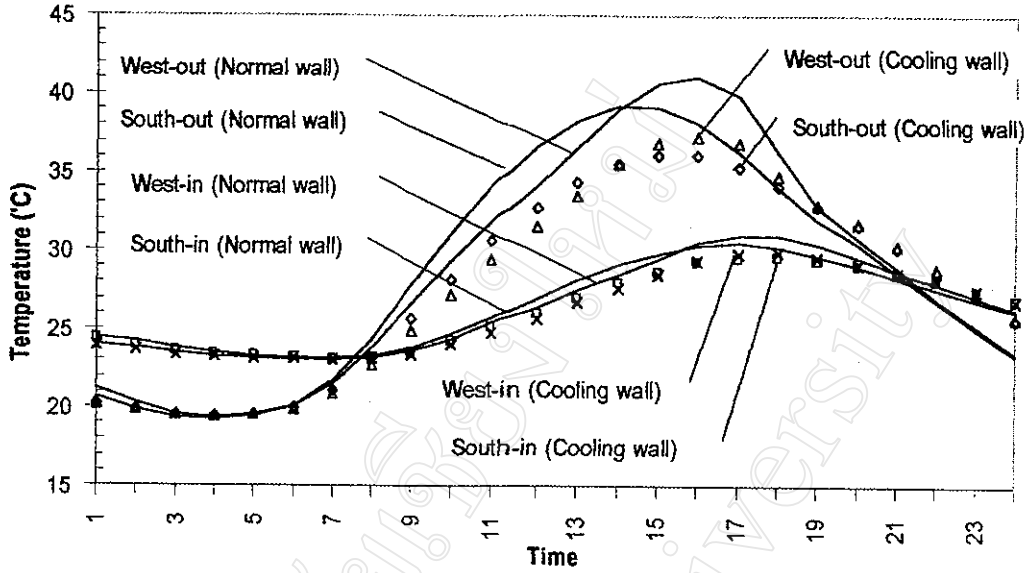
5.2.2 อุณหภูมิผนังอาคารด้านในที่ลดลง

จากการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นในช่วง 27 ก.พ – 12 เม.ย เพื่อศึกษาผลการลดอุณหภูมิด้านในของผนังอาคารจากการใช้ระบบผนังเย็น ซึ่งอุณหภูมิผนังอาคารด้านในจะเป็นแหล่งความร้อนเพิ่มภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ ได้ผลการทำแบบจำลองแสดงในตาราง ฉ 2 นำค่าจากตารางมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 5.13 –5.15



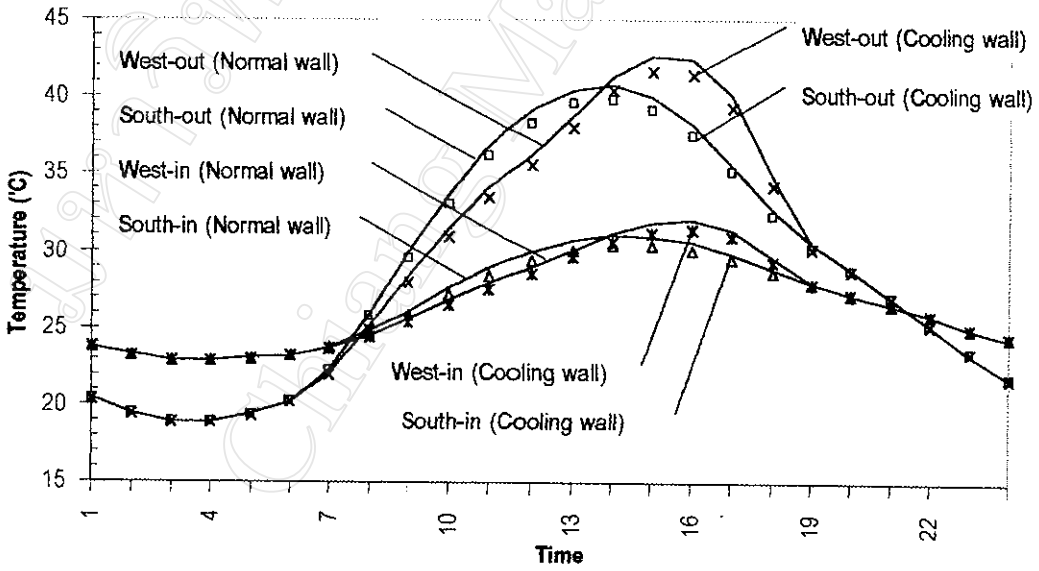
รูปที่ 5.13 แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังก่ออิฐฉาบปูน

การทำแบบจำลองของผนังก่ออิฐฉาบปูน. ผนังทิศใต้ด้านในมีอุณหภูมิลดลง 1.3 °C ที่เวลา 14.00-15.00 น. ผนังทิศตะวันตกด้านในมีอุณหภูมิลดลง 1.4 °C ที่เวลา 17.00



รูปที่ 5.14 แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังซีเมนต์บล็อค

การทำแบบจำลองของผนังซีเมนต์บล็อค ผนังทิศใต้ด้านในมีอุณหภูมิลดลง 1.2 °C ที่เวลา 13.00-15.00 น. ผนังทิศตะวันตกด้านในมีอุณหภูมิลดลง 1.2 °C ที่เวลา 16.00 -17.00 น



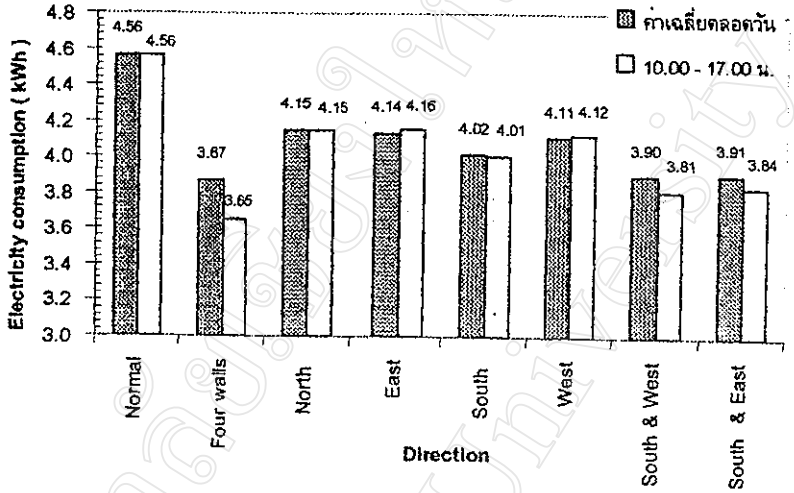
รูปที่ 5.15 แสดงอุณหภูมิที่ลดลงของผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา ของผนังไม้อัด 2 ชั้น

การทำแบบจำลองของผนังไม้อัด 2 ชั้น. ผนังทิศใต้ด้านในมีอุณหภูมิลดลง 0.6 °C ที่เวลา 13.00 -14.00 น. ผนังทิศตะวันตกด้านในมีอุณหภูมิลดลง 0.6 °C ที่เวลา 14.00-16.00 น

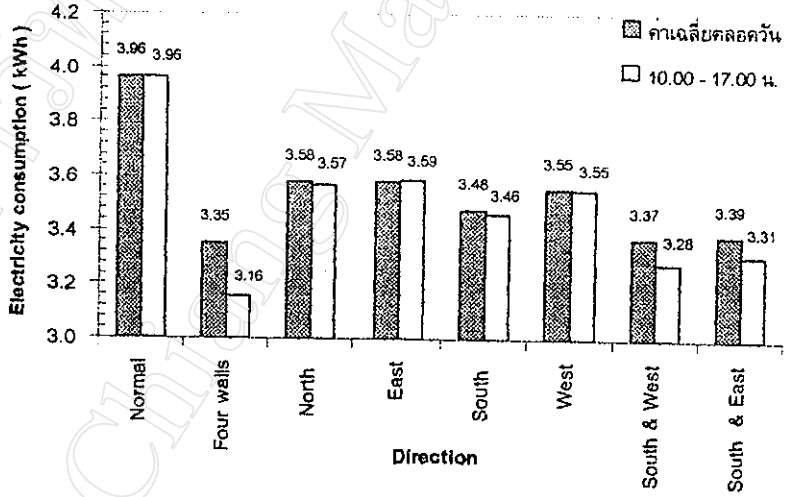
จากการทำแบบจำลองผนังอาคารทั้ง 3 แบบพบว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนมีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด รองลงมาคือผนังก่ออิฐฉาบปูน ส่วนผนังไม้อัด 2 ชั้นมีอุณหภูมิลดลงน้อย

5.2.3 ทิศของผนังเย็น

ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้าน ได้ผลดังแสดงในตาราง ฉ.3 ฉ.4 ฉ.5 นำค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีมาเขียนกราฟแสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้ดังรูป 5.16 – 5.18



รูปที่ 5.16 ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังก่ออิฐฉาบปูน

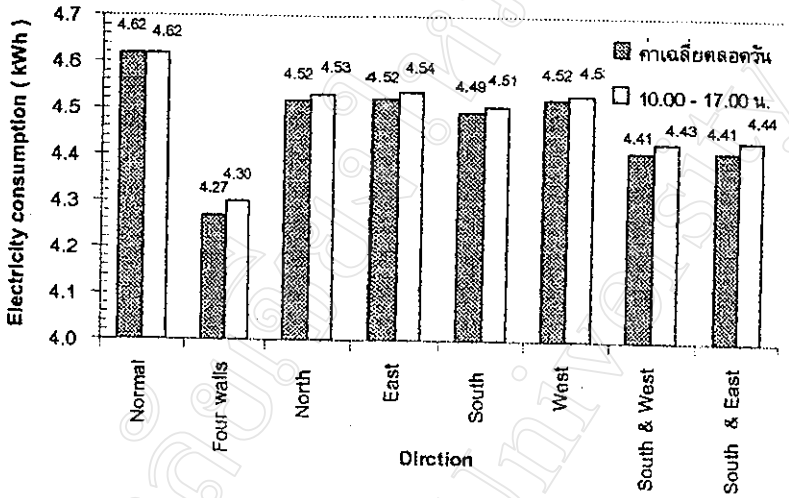


รูปที่ 5.17 ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังซีเมนต์บล็อค

ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้าน จากรูปที่ 5.16 5.17 5.18 จะเห็นว่าการใช้ผนังเย็นกับผนังอาคาร 2 ด้านพร้อมกัน จะสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าของระบบปรับอากาศใกล้เคียงการใช้ผนังเย็นกับอาคารทั้ง 4 ด้าน โดยที่การใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารด้านทิศใต้และตะวันตกพร้อมกันสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด มีข้อสังเกตว่าการใช้ผนังเย็นบนด้านที่มีแสงแดดตกกระทบมากจะเกิดความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าต่ำ

เมื่อใช้ระบบผนังเย็นบางช่วงของวันตั้งแต่ 10.00 – 17.00 น. พบว่าสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าของระบบปรับอากาศน้อยกว่าการใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันบนผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังซีเมนต์บล็อค เนื่องจากน้ำได้รับความร้อนจากผนังอาคารในตอนกลางวันและหยุดทำงานในตอนเย็น น้ำร้อนจึงไม่ได้ถ่ายเท

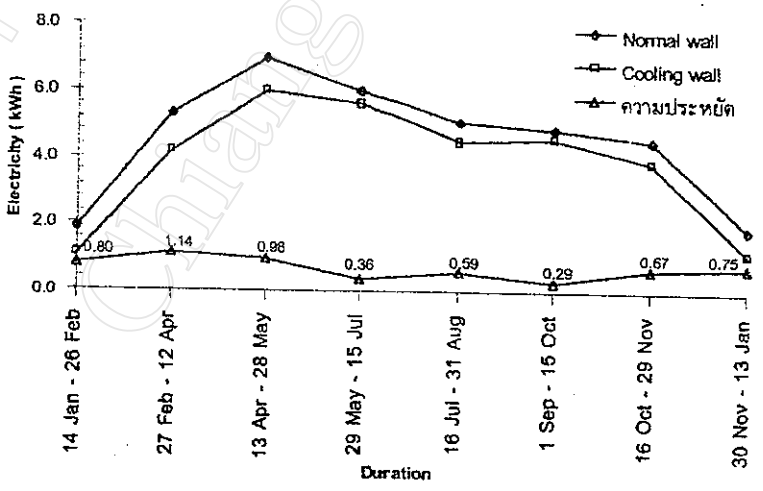
ความร้อนให้กับผนังอาคาร ยกเว้นในผนังไม้อัด 2 ชั้นจะสิ้นเปลืองมากกว่าใช้ผนังเย็นตลอดวันเพราะการถ่ายเทความร้อนไปสู่น้ำเกิดขึ้นน้อย ช่วงระยะเวลาที่น้ำรับความร้อนจากผนังอาคารมีน้อยจึงมีความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศมากกว่า



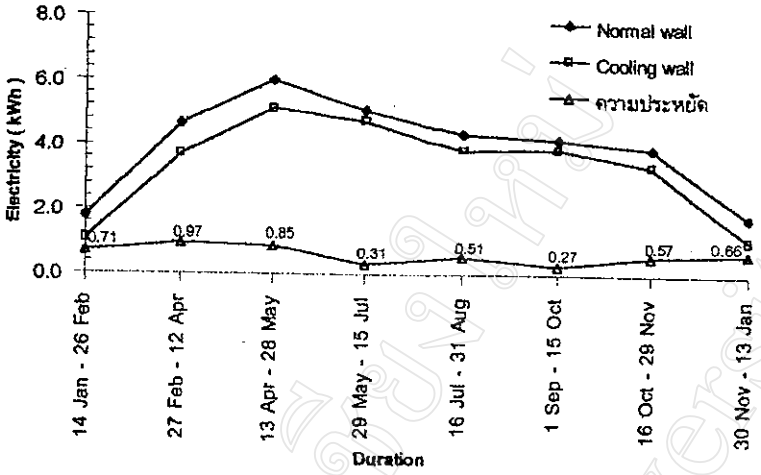
รูปที่ 5.18 ผลการทำแบบจำลองใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารแต่ละด้านของผนังไม้อัด 2 ชั้น

5.2.4 ช่วงฤดูกาล

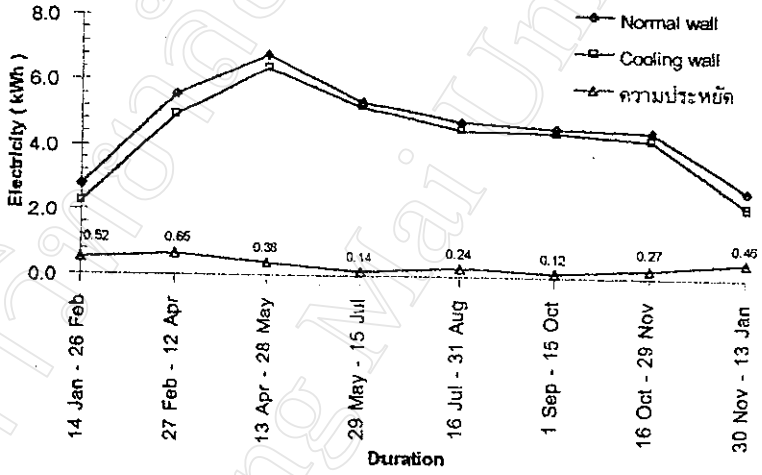
ผลการทำแบบจำลองเปรียบเทียบการใช้ผนังธรรมดาและเย็นตลอดวันในช่วงเดือนต่างๆ ดังค่าในตาราง ฉ.6 ฉ.7 ฉ.8 นำค่ามาเขียนกราฟแสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้ดัง 5.19 – 5.21



รูปที่ 5.19 ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันบนผนังก่ออิฐฉาบปูน



รูปที่ 5.20 ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับผนังเย็นตลอดวันบนผนังซีเมนต์บล็อค



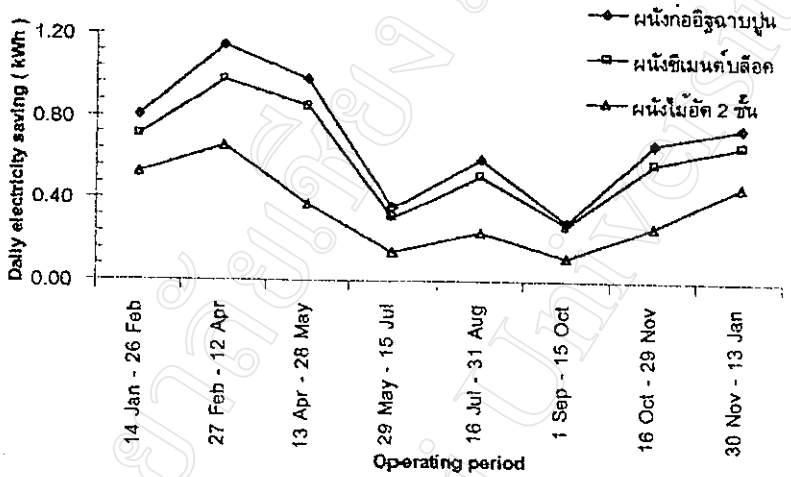
รูปที่ 5.21 ผลการทำแบบจำลองผนังธรรมดากับผนังเย็นตลอดวันบนผนังไม้อัด 2 ชั้น

จากทั้ง 3 รูปได้ตาราง ฉ.9 ซึ่งเป็นผลการทำแบบจำลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้ผนังเย็นกับผนังธรรมดาในช่วงเดือนต่างๆ จะเห็นว่าในช่วงฤดูร้อนมีความเหมาะสมที่จะใช้ผนังเย็นมากที่สุดเพราะมีความประหยัดสูง ทั้งนี้เพราะว่าในฤดูร้อนนั้นผนังอาคารได้รับภาระความร้อนจากแสงแดดและอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก เมื่อใช้ระบบผนังเย็นช่วยระบายความร้อนผนังออกไปจึงเกิดความประหยัดสูง ส่วนในฤดูหนาวอุณหภูมิผนังอาคารต่ำใกล้เคียงอุณหภูมิน้ำ จึงไม่สามารถลดอุณหภูมิผนังลงไปได้มากทำให้เกิดความประหยัดน้อย

5.2.5 ประเภทของผนังที่เหมาะสมต่อการใช้ระบบผนังเย็น

เมื่อนำค่าความประหยัดของผนังแบบต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างผนังเย็นและผนังธรรมดาจากหัวข้อ 5.2.4 ที่ผ่านมา นำมาเขียนกราฟแสดงความประหยัดการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเพื่อเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 5.22 พบว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนมีความประหยัดสูงสุดผนังชนิดนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้กับระบบผนังเย็นมากที่สุด รองลงมาคือผนังซีเมนต์บล็อคซึ่งใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ส่วนผนังไม้อัด 2 ชั้นไม่เหมาะสมกับการใช้ระบบผนังเย็นเพราะประหยัดน้อย

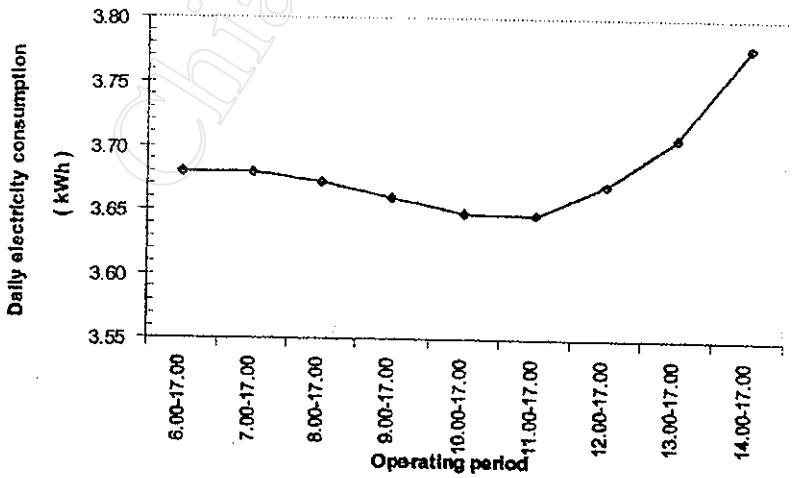
ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีการถ่ายเทความร้อนจากผนังไปสู่น้ำได้ดีจึงเกิดความประหยัดมาก ผนังซีเมนต์บล็อคมีลักษณะเป็นฉนวนความร้อนมากกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนอุณหภูมิผนังจึงต่ำกว่า ทำให้น้ำได้รับความร้อนน้อยกว่าจึงเกิดความประหยัดรองลงมา ส่วนผนังไม้อัด 2 ชั้นการถ่ายเทความร้อนจากผนังอาคารไปสู่น้ำเกิดขึ้นน้อยเพราะท่อน้ำสัมผัสกับอากาศในช่องผนังเป็นส่วนใหญ่มีการสัมผัสกับไม้อัดน้อย ความประหยัดจึงเกิดขึ้นน้อย



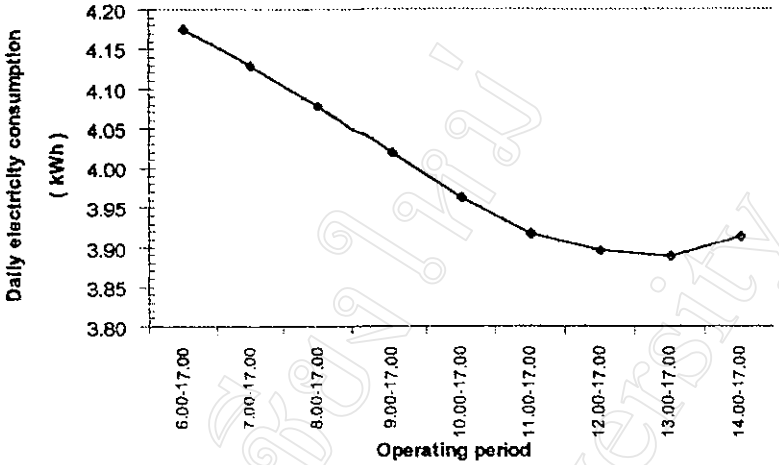
รูปที่ 5.22 เปรียบเทียบความประหยัดของผนังแบบต่างๆ

5.2.6 ช่วงเวลาทำงานของวัน

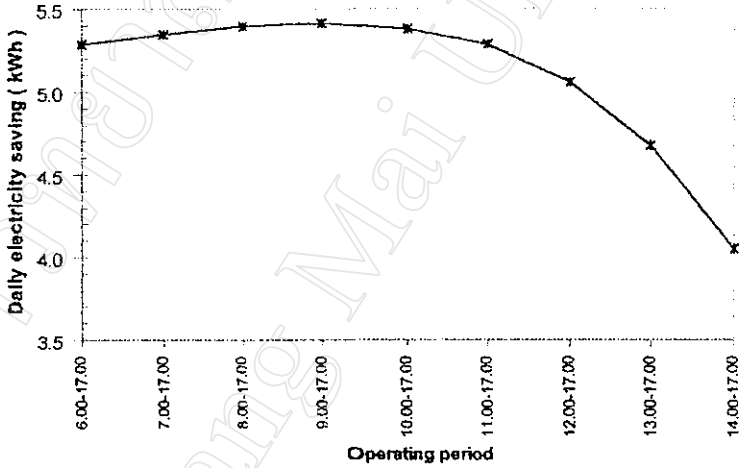
การทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวันเลือกทำบนผนังแบบก่ออิฐฉาบปูน ใช้ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี ทำแบบจำลองโดยเริ่มในตอนเช้าแล้วหยุดการใช้ผนังเย็นเวลา 17.00 น. (ดูค่าในตาราง ฉ.6) นำค่าจากแบบจำลองมาเขียนกราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าได้ดังรูป 5.23 – 5.25



รูปที่ 5.23 ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ



รูปที่ 5.24 ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้ารวมของระบบปรับอากาศและค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำ (ปั๊มน้ำขนาด 45 W)



รูปที่ 5.25 ผลการทำแบบจำลองการใช้ผนังเย็นบางช่วงของวัน แสดงค่าไฟฟ้ารวมของระบบปรับอากาศ ค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำ และความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาใช้

จากรูปที่ 5.23 ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศมีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มใช้ระบบผนังเย็นเมื่อเวลาประมาณ 10.00 ถึง 11.00 น. มีค่า 3.65 kWh/day เปรียบเทียบกับการใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันใช้ไฟฟ้า 3.87 kWh/day

จากรูปที่ 5.24 ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศคิดรวมค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำ (ปั๊มน้ำขนาด 45 W) มีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มใช้ระบบผนังเย็นเมื่อเวลาประมาณ 12.00 ถึง 13.00 น. มีค่า 3.89 kWh/day เปรียบเทียบกับการใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันใช้ไฟฟ้า 4.95 kWh/day

จากรูปที่ 5.25 ค่าเฉลี่ยความประหยัดไฟฟ้าคิดรวมของระบบปรับอากาศ ค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำ และความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาใช้ มีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มใช้ระบบผนังเย็นเมื่อเวลาประมาณ 9.00 น. มีค่า 5.41 kWh/day เปรียบเทียบกับการใช้ระบบผนังเย็นตลอดวันมีความประหยัดรวม 4.73 kWh/day

จากรูป 5.23 – 5.25 จะเห็นว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมของการใช้ผนังเย็นควรเป็นช่วง 10.00 – 17.00 น. เนื่องจากรูปกราฟมีการเปลี่ยนความโค้ง ผลการทำแบบจำลองผนังทั้ง 3 ชนิดในการทำงานบางช่วงของวันได้แสดงในตาราง ฉ.10

ความประหยัดไฟฟ้าเนื่องจากได้น้ำร้อนมาใช้มีวิธีการคำนวณดังนี้คือ ตัวอย่างเช่นน้ำร้อนขึ้นจากอุณหภูมิ 27 เซลเซียส ไปเป็น 42 เซลเซียส

$$Q = mC\Delta t$$

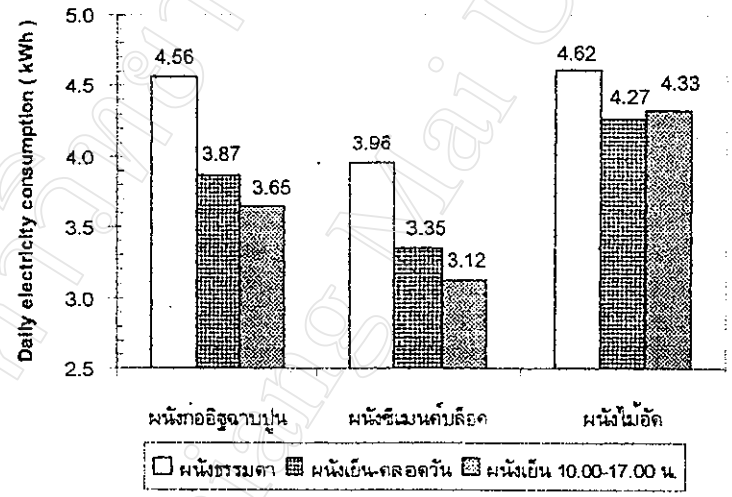
= 100 kg x 4.18 kJ/kg -K x (42 – 27) K

= 6270 kJ

เปลี่ยนค่าความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ = 6270/3600 kWh = 1.74 kWh

5.2.7 ความสิ้นเปลืองพลังงาน

จากค่าในตาราง ฉ.6 ฉ.7 ฉ.8 เป็นค่าเฉลี่ยตลอดปีในการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของผนังธรรมดาและผนังเย็นทำงานตลอดวัน และทำงานช่วง 10.00 – 17.00 น. เปรียบเทียบระหว่างผนังทั้ง 3 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 5.26



รูปที่ 5.26 ค่าเฉลี่ยตลอดปีการใช้ไฟฟ้าของผนังธรรมดาและผนังเย็นใช้ผนังเย็น ทำงานตลอดวัน และทำงานช่วง 10.00 – 17.00 น

จากรูปที่ 5.26 พิจารณาผนังก่ออิฐฉาบปูนพบว่าการใช้ผนังเย็นตลอดวันเกิดความประหยัด 0.69 kWh/day การใช้ผนังเย็นในช่วง 10.00 – 17.00 น. เกิดความประหยัด 0.91 kWh/day พิจารณาผนังซีเมนต์บล็อคพบว่าการใช้ผนังเย็นตลอดวันเกิดความประหยัด 0.61 kWh/day การใช้ผนังเย็นในช่วง 10.00 – 17.00 น. เกิดความประหยัด 0.84 kWh/day พิจารณาผนังไม้อัด 2 ชั้นพบว่าการใช้ผนังเย็นตลอดวันเกิดความประหยัด 0.35 kWh/day การใช้ผนังเย็นในช่วง 10.00 – 17.00 น. เกิดความประหยัด 0.29 kWh/day

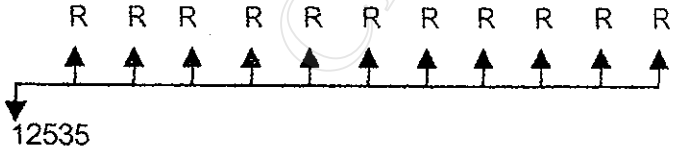
5.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการทำแบบจำลองในกรณีต่างๆ พบว่าการใช้ผนังเย็นกับผนังอาคาร 2 ด้านมีค่าใช้จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกับการใช้ผนังเย็นกับผนังอาคารทั้ง 4 ด้าน เมื่อคำนวณหาค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อใช้ผนังเย็นกับผนังอาคาร 2 ด้าน คือด้านทิศใต้และตะวันตก จะวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนมีดังนี้คือ

ท่อทองแดง ½"	8225	บาท
ท่อทองแดง ¾ "	1020	บาท
บอลวาล์ว ½ "	80	บาท
ลวดเชื่อม	150	บาท
ฉนวนหุ้มสายยาง	210	บาท
ฉนวนหุ้มถังน้ำ	150	บาท
ถังน้ำ	300	บาท
ปั๊มน้ำ	1600	บาท
ค่าแรง	800	บาท
รวม	12535	บาท

หากมีการใช้ผนังเย็นทำงาน 20 ปี ผนังเย็นทำงาน 10.00 – 17.00 น. บนผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ด้านคือด้านทิศใต้และทิศตะวันตก เกิดความประหยัดเฉลี่ยวันละ 0.75 kWh/day ค่าไฟฟ้ายูนิตละประมาณ 2.50 บาท ดังนั้นเกิดความประหยัดปีละ 684.4 บาท วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แบบ IRR (Internal Rate of Retum) จะมีอัตราผลตอบแทนภายในดังนี้



$$12535 = \frac{684.4}{(1+i)} + \frac{684.4}{(1+i)^2} + \frac{684.4}{(1+i)^3} + \frac{684.4}{(1+i)^4} + \cdots + \frac{684.4}{(1+i)^{18}} + \frac{684.4}{(1+i)^{19}} + \frac{684.4}{(1+i)^{20}}$$

$$12535 = \frac{684.4\left[(1+i)^{20} - 1\right]}{\left[i\,(1+i)^{20}\right]}$$

$$18.32\left[i\,(1+i)^{20}\right] = (1+i)^{20} - 1$$

แก้สมการโดยวิธี Numerical ได้ค่าอัตราดอกเบี้ย $I = 0.86\ \%$

Pay back period

$$PP=\frac{12535}{684.4}=18.32$$

ระยะเวลาคืนทุนในการลงทุน = 18.32 ปี

เมื่อใช้วิธีคำนวณในลักษณะเดิมโดยเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเป็นผนังต่าง ๆจะได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง 5.1 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ผนังเย็นเทียบกับผนังธรรมดา

รายการ	ไม่คิดรวมความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาใช้		คิดรวมความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาใช้	
	IRR (%)	Pay back period (year)	IRR (%)	Pay back period (year)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน (0.00-24.00น.)	0	20.5	65.30	1.53
ผนังก่ออิฐฉาบปูน (10.00-17.00น.)	0.86	18.32	64.42	1.55
ผนังซีเมนต์บล็อค (0.00-24.00น.)	0	23.3	69.80	1.43
ผนังซีเมนต์บล็อค (10.00-17.00น.)	0	20.20	67.55	1.48
ผนังไม้อัด 2 ชั้น (0.00-24.00น.)	0	65.41	16.76	5.69
ผนังไม้อัด 2 ชั้น (10.00-17.00น.)	0	72.29	16.60	5.75

จากตาราง 5.1 จะเห็นได้ว่ากรณีที่เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดคือผนังก่ออิฐฉาบปูนทำงานในช่วง 10.00 – 17.00 น. ซึ่งมีค่า IRR 0.86 % และค่า Pay back period 18.32 ปี รองลงมาคือผนังซีเมนต์บล็อคทำงานในช่วง 10.00 – 17.00 น. ซึ่งมีค่า IRR 0 % และค่า Pay back period 20.20 ปี

เมื่อนำความประหยัดจากการได้น้ำร้อนมาคิดรวมด้วย จะเห็นได้ว่ากรณีที่เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดคือ ผนังซีเมนต์บล็อคทำงานในช่วง 0.00 – 24.00 น. คำนวณได้ค่า IRR 69.80 % และค่า Pay back period 1.43 ปี รองลงมาคือผนังซีเมนต์บล็อคทำงานในช่วง 10.00 – 17.00 น. คำนวณได้ค่า IRR 67.55 %และค่า Pay back period 1.48 ปี