

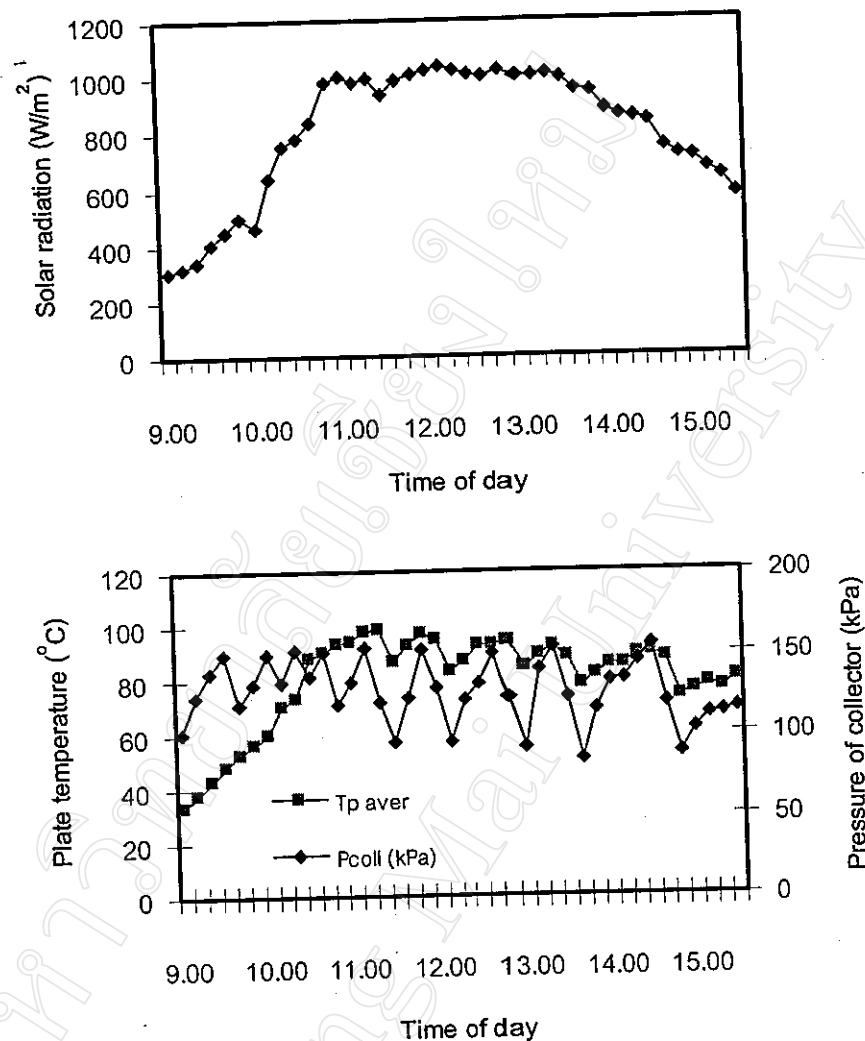
บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

4.1 ผลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่อความดันและอุณหภูมิในตัวรับรังสี

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวตัวรับรังสีและความดันในตัวรับรังสี กับเวลาสามารถแสดงได้ดังรูป 4.1 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวตัวรับรังสีและความดันในตัวรับรังสีขณะทำการทดลอง จากผลการทดสอบที่ความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 149.6 กิโลปาสกาล ระบบสามารถทำงานได้ทั้งสิ้น 9 รอบต่อวัน โดยเมื่อตัวรับรังสีได้รับแสงอาทิตย์จะทำให้ให้น้ำในตัวรับรังสีบางส่วนเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ทำให้ความดันในตัวรับรังสีเพิ่มสูงขึ้น จนถึงระดับที่กำหนดคือ 149.6 กิโลปาสกาล จึงเปิดวาล์วให้ไอน้ำที่ผลิตได้จากตัวรับรังสีเข้าไปดันน้ำในถังควบแน่นเพื่อจ่ายออกจากระบบ ในขณะที่ความดันในตัวรับรังสีจะตกลง และเมื่อไอน้ำเข้าตัวรับรังสีความดันก็จะยิ่งลดลงเพราะมีน้ำที่อุณหภูมิต่ำเข้าไปแทนที่ในตัวรับรังสี ถ้าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์มีค่าสูงพอ ตัวรับรังสีจะสามารถผลิตไอน้ำความดันสูงได้อย่างต่อเนื่อง การทำงานของระบบจะเป็นไปในลักษณะนี้จนปริมาณแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการสร้างไอน้ำ ซึ่งในการทดลองพบว่าในรอบแรกๆ ของการทำงานในช่วงเช้าไอน้ำจะไม่ถูกดันออกจากระบบ หรือถ้ามีก็เป็นปริมาณที่น้อยมากเพราะไอน้ำไม่สามารถดันน้ำออกไปได้ ในช่วงนี้ระบบจะอยู่ในช่วงที่เริ่มสะสมความร้อน (preheat) จากรูปพบว่าในช่วงเวลา 9.00-11.00 เป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีกำลังไต่ระดับขึ้นจาก 35 องศาเซลเซียส ไปเป็น 100 องศาเซลเซียส พิจารณาระยะเวลาเดียวกันนี้จะพบว่าความดันในตัวรับรังสีเพิ่มขึ้นถึง 149.6 กิโลปาสกาล ไปแล้ว 4 รอบ แต่อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีไม่ตกลงเลยกลับเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ความสัมพันธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ในช่วงเวลานี้เป็นช่วงที่ตัวรับรังสีกำลังสะสมความร้อน น้ำในตัวรับรังสีระเหยกลายเป็นไอน้ำในปริมาณไม่มาก ทำให้ความดันในตัวรับรังสีเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่กำหนด เมื่อเปิดวาล์วให้ไอน้ำไปดันน้ำในถังควบแน่นไอน้ำที่ไปดันน้ำในถังจึงควบแน่นหมดในถัง โดยที่ยังไม่สามารถผลิตไอน้ำได้อย่างต่อเนื่องเพื่อดันน้ำออกได้

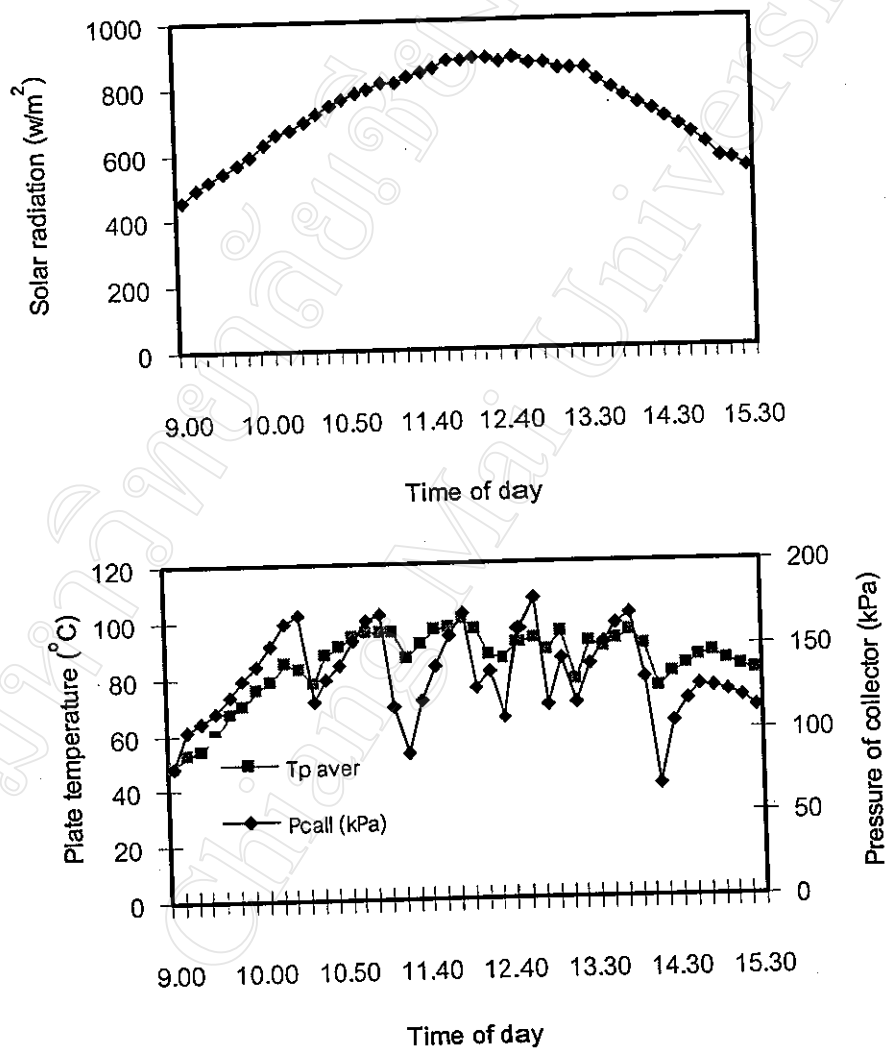
ในช่วงเวลา 11.00-14.30 น. เป็นช่วงที่ปริมาณรังสีที่ได้รับค่อนข้างคงที่อยู่ที่ 800-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร เป็นช่วงที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด ความดันในตัวรับรังสีจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องใช้เวลาในการสร้างความดันแต่ละครั้งประมาณ 30 นาที อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีก็เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องในระดับ 80-100 องศาเซลเซียส ตัวรับรังสีสามารถผลิตไอน้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อการไปดันน้ำออกจากระบบ จากการทดสอบพบว่าปริมาณน้ำในตัวรับรังสีหายไปส่วนหนึ่ง จึงต้องมีการเติมน้ำเข้าไปในตัวรับรังสีเพื่อสร้างไอน้ำให้ไอน้ำออกจากระบบในรอบต่อไป ทำให้ความดันและอุณหภูมิในตัวรับรังสีลดลง หลังจากเวลา 14.30 น. ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์อยู่ในช่วงขาลง ตัวรับรังสีผลิตไอน้ำได้น้อยลงไม่เพียงพอต่อการไปดันน้ำออกจากระบบ สังเกตจากความดันในตัวรับรังสีที่ไม่สามารถทำเพิ่มขึ้นได้หลังจากที่มีการดันน้ำออกไปแล้ว และอุณหภูมิผิวตัวรับรังสีที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก ระบบจึงไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ซึ่งการทำงานของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์นี้จะขึ้นอยู่กับพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์เป็นสำคัญ ถ้าหากได้รับรังสีแสงอาทิตย์ในปริมาณที่เพียงพออย่างต่อเนื่อง ระบบก็จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง จากรูปจำนวนรอบที่สามารถสูบน้ำได้ 6 รอบต่อวัน



รูป 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา
สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 149.6 กิโลปาสกาล (วันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2543)

รูป 4.2 แสดงผลการศึกษาที่ความดันในตัวรับรังสี 170.3 กิโลปาสกาล ระบบสามารถทำงานได้ทั้ง
สิ้น 5 รอบต่อวัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันในตัวรับรังสีก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการ
ทดลองที่ความดันตัวรับรังสีเท่ากับ 149.6 กิโลปาสกาล เพียงแต่จะใช้เวลาในการสร้างความดันให้ถึงระดับที่
ต้องการที่นานกว่า เนื่องจากกำหนดความดันในการทำงานที่สูงกว่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้การทำงานที่
ความดัน 170.3 กิโลปาสกาล ได้จำนวนรอบการทำงานที่น้อยกว่า 149.6 กิโลปาสกาล ซึ่งก็หมายถึงได้ปริมาตร
น้ำรวมต่อวันลดลง เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ความดัน 149.6 กิโลปาสกาล คือในรอบแรก ๆ ของการทำงาน
นั้นจะได้ใช้น้ำน้อยมาก เนื่องจากอยู่ในช่วงที่ระบบเริ่มสะสมความร้อน ช่วงสะสมความร้อนอยู่ในช่วงเวลา 9.00-
11.00 น. อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีได้ระดับจาก 48 องศาเซลเซียส ไปถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียส พบว่าความดัน

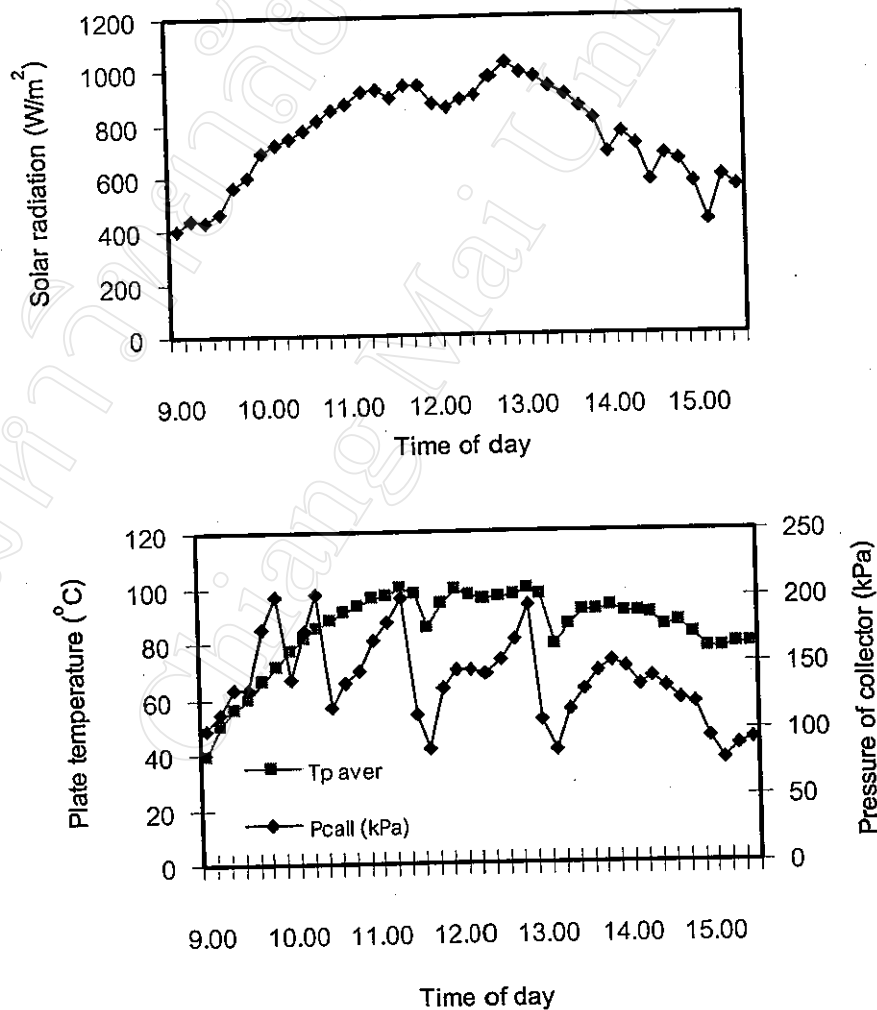
ในตัวรับรังสี เพิ่มขึ้นถึง 170.3 กิโลปาสกาล ไปแล้ว 1 รอบ แต่อุณหภูมิผิวตัวรังสีไม่ตกลงเลย และยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ความสัมพันธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในช่วงนี้เป็นช่วงที่ตัวรับรังสีกำลังสะสมความร้อน ในช่วง 11.00-14.00 น. เป็นช่วงที่ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับค่อนข้างคงที่อยู่ที่ในระดับ 750-900 วัตต์ต่อตารางเมตร เป็นช่วงที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด จากรูปพบว่าความดันในตัวรับรังสี จะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลาในการสร้างความดันแต่ละครั้งประมาณ 45 นาที เช่นเดียวกันอุณหภูมิผิวตัวรังสีก็เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องในระดับ 80-100 องศาเซลเซียส หลังจาก 14.00 น. พิจารณารูปที่ 4.3 พบว่าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์อยู่ในช่วงขาด ตัวรับรังสีได้รับรังสีแสงอาทิตย์น้อยลง ไม่เพียงพอต่อการสร้างความดันให้ถึงระดับที่ต้องการได้



รูป 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวตัวรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 170.3 กิโลปาสกาล (วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2543)

รูป 4.3 แสดงผลการศึกษาที่ความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 197.8 กิโลปาสกาล ระบบสามารถทำงานได้ทั้งสิ้น 3 รอบต่อวัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันในตัวรับรังสีก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับกรณี

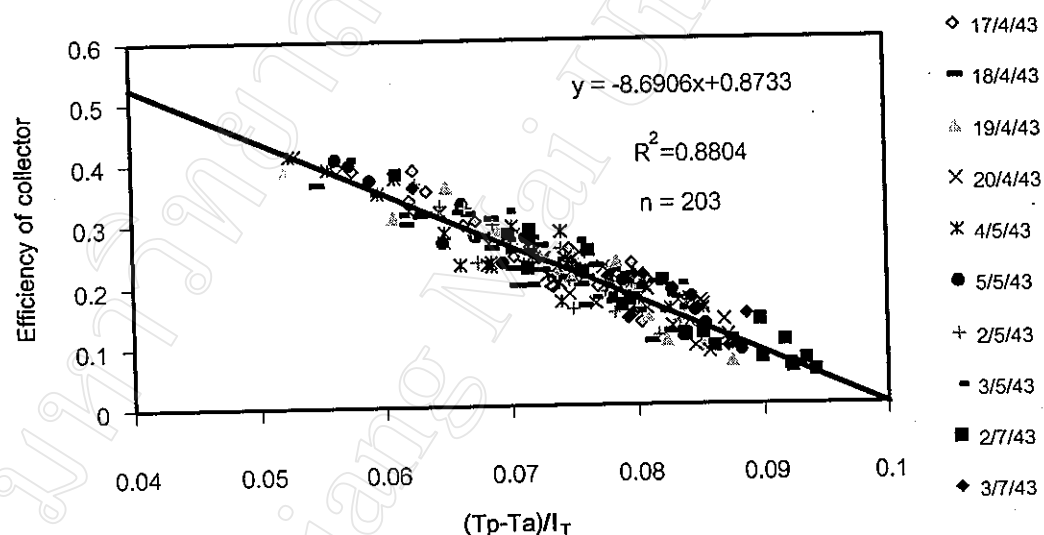
การทดลองที่ความดันตัวรับรังสีเท่ากับ 149.6 และ 170.3 กิโลปาสกาล เพียงแต่จะใช้เวลาในการสร้างความดันให้ถึงระดับที่ต้องการที่นานกว่า เนื่องจากกำหนดความดันในการทำงานที่สูงกว่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้การทำงานที่ความดัน 197.8 กิโลปาสกาล ได้จำนวนรอบการทำงานที่น้อยกว่า 149.6 และ 170.3 กิโลปาสกาล เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ความดัน 149.6 และ 170.3 กิโลปาสกาล คือในรอบแรก ๆ ของการทำงานนั้นจะไม่ถูกคั่นออกจากระบบ หรือถ้ามีก็น้อยมาก เพราะอยู่ในช่วงที่ระบบเริ่มสะสมความร้อน จากกราฟช่วงสะสมความร้อนอยู่ในช่วงเวลา 9.00-11.00 น. ในช่วง 11.00-13.00 น. เป็นช่วงที่ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับค่อนข้างคงที่ อยู่ในระดับ 850-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร เป็นช่วงที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด พิจารณาวงเวลาดังกล่าวในกราฟรูปที่ 4.6 พบว่าความดันในตัวรับรังสี จะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องใช้เวลาในการสร้างความดันแต่ละครั้งประมาณ 60 นาที เช่นเดียวกันอุณหภูมิผิวตัวรังสีก็เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องในระดับ 80-100 องศาเซลเซียส หลังจาก 13.00 น. พิจารณารูปที่ 4.5 พบว่าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์อยู่ในช่วงกลางตัวรับรังสีได้รับรังสีแสงอาทิตย์น้อยลง ไม่เพียงพอต่อการสร้างความดันให้ถึงระดับที่ต้องการได้



รูป 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวตัวรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 197.8 กิโลปาสกาล (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2543)

4.2 ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี

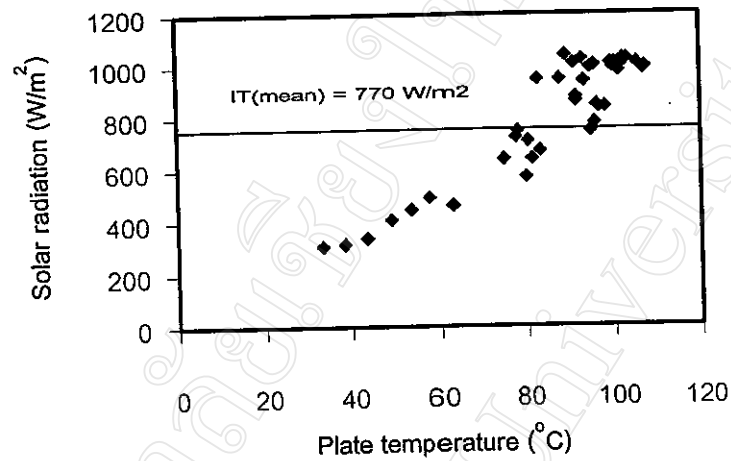
ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของตัวรับรังสีในการเพิ่มอุณหภูมิของตัวรับรังสี กับผลต่างระหว่างอุณหภูมิผิวคูดรังสีกับอุณหภูมิบรรยากาศต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์ สามารถแสดงได้ดังรูป 4.4 พิจารณาที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน โดยใช้ตัวรับรังสีที่มีพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ 2.2 ตารางเมตร พิจารณาค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ค่อนข้างคงที่ในช่วง 750-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิบรรยากาศในช่วง 26.8-33 องศาเซลเซียส จากความสัมพันธ์ดังกล่าวบอกได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมเฉลี่ยของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบที่ใช้ในการทดสอบ กรณีไม่มีน้ำไหลเข้าและออกตัวรับรังสี จะมีค่าเท่ากับ 8.7 วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน และเมื่อนำไปคำนวณหาค่ารังสีแสงอาทิตย์ต่ำสุดที่จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้ (Threshold radiation) โดยที่อุณหภูมิผิวคูดรังสีประมาณ 100 องศาเซลเซียส จะได้เท่ากับ 770 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า ค่ารังสีแสงอาทิตย์ต่ำสุด ที่จะทำให้ระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี กรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน สามารถทำงานได้ มีค่าเท่ากับ 770 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดลองที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กันในรูป 4.5-4.7



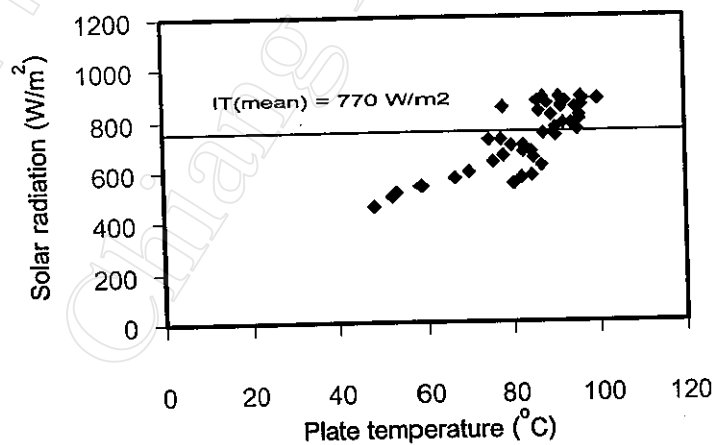
รูป 4.4 กราฟประสิทธิภาพของตัวรับรังสี (ช่วงการเพิ่มอุณหภูมิ) ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับในช่วง 750-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร

ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวคูดรังสี สามารถแสดงได้ดังรูป 4.5 4.6 และ 4.7 ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน แนวโน้มจากกราฟทั้ง 3 รูปสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อตัวรับรังสีได้รับรังสีแสงอาทิตย์จะทำให้อุณหภูมิของผิวคูดรังสีค่อยๆ เพิ่มขึ้น ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลให้อุณหภูมิผิวคูดรังสีเพิ่มขึ้นตาม ในช่วงแรกจะมีลักษณะค่อนข้างชันขึ้น อุณหภูมิของผิวคูดรังสีเริ่มไต่ระดับจากต่ำไปหาสูง ช่วงนี้ระบบยังไม่ทำงาน เนื่องจากค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าขีดจำกัดที่จะสามารถทำให้ระบบทำงานได้ เป็นการปรับอุณหภูมิของน้ำในตัวรับรังสีให้สูงขึ้น ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะเสถียรอยู่ในช่วง 800-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร และอุณหภูมิผิวคูดรังสีจะเสถียรในช่วง 85-

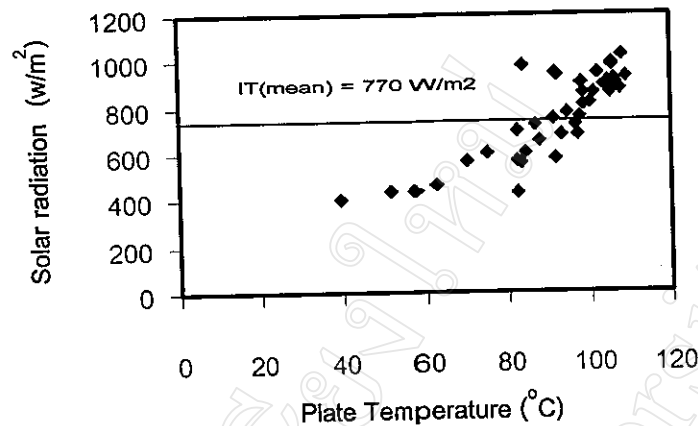
110 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่มีรังสีแสงอาทิตย์เพียงพอต่อการทำให้น้ำในตัวรับรังสีบางส่วนกลายเป็นไอ ซึ่งช่วงเวลานี้เองที่ตัวรับรังสีจะสามารถสร้างไอได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้ในการคั่นน้ำออกจากระบบ ถือเป็นช่วงการทำงานของระบบ โดยค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เพียงพอที่จะทำให้ระบบทำงานได้ประมาณ 800 วัตต์ต่อตารางเมตร หลังจากช่วงเวลานี้แล้วปริมาณรังสีแสงอาทิตย์จะลดลงอย่างมาก แต่อุณหภูมิผิวตัวรับรังสีจะค่อยๆ ลดลง



รูป 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวตัวรับรังสีทดสอบที่ความดันในตัวรับรังสี 149.6 กิโลปาสกาล ความสูงด้านดูด 1 เมตร (วันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2543)



รูป 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวตัวรับรังสีทดสอบที่ความดันในตัวรับรังสี 170.3 กิโลปาสกาล ความสูงด้านดูด 2 เมตร (วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2543)



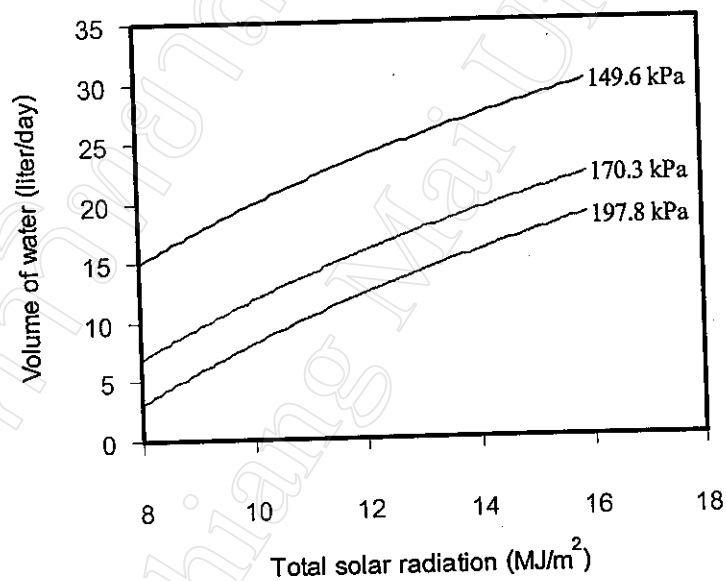
รูป 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวผิวดูดรังสีทดสอบที่ความดันในตัวรับรังสี 197.8 กิโลปาสกาล ความสูงด้านดูด 2 เมตร (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2543)

4.3 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่มีผลกับปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้

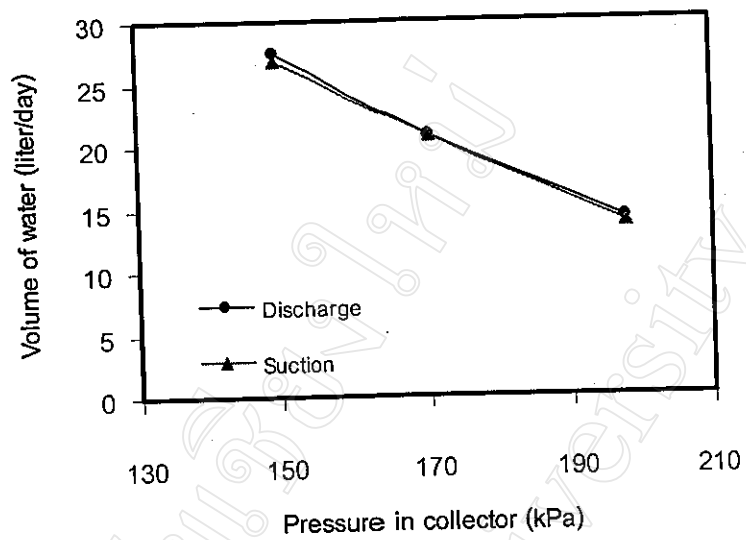
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตัวรับรังสีได้รับ กับปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้ สำหรับการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆกัน แสดงในตาราง 4.1 ที่ความดันเดียวกันแต่เมื่อความสูงด้านดูดเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่สูบได้ในแต่ละรอบจะมีแนวโน้มที่ลดลง และการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีน้อยๆ ปริมาณน้ำที่ได้รับรวมจะสูง ซึ่งผลดังกล่าวยังแสดงได้ในรูป 4.8 ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีสูงๆ ต้องใช้เวลาในการสร้างความดันให้ถึงระดับที่กำหนดนาน จึงทำให้ระบบทำงานได้ไม่ครบในรอบหนึ่งวัน ปริมาณน้ำที่ได้ต่อวันจึงมีน้อย ในขณะที่การทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีที่ต่ำกว่าจะใช้เวลาในการสร้างความดันให้ถึงระดับที่กำหนดได้เร็ว จึงทำงานได้หลายรอบในรอบหนึ่งวัน ปริมาณน้ำที่ได้จึงสูงขึ้นตาม เนื่องจากความจุของถังกำหนดไว้ที่ปริมาตร 5 ลิตร ซึ่งความดัน 149.6 กิโลปาสกาล สามารถดันน้ำออกได้หมดถึง ดังนั้นความดันที่สูงกว่าจึงดันน้ำออกได้ปริมาตรเท่าๆกันในแต่ละรอบ ซึ่งปริมาณน้ำที่ได้รับรวมทั้งวันแสดงได้ดังรูป 4.9 และ 4.10 เพื่อสนับสนุนข้อสรุปดังกล่าวจึงได้พิจารณารูปที่ 4.11 ถึง 4.16 ซึ่งแสดงปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ตามเวลาการทำงานในหนึ่งวัน ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน พบว่าในช่วงแรกของการทำงานคือช่วงเวลา 9.00-11.00 น. จะไม่ได้น้ำหรือถ้าได้ก็มีปริมาณที่น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงที่ระบบสะสมความร้อนเพื่อปรับอุณหภูมิ น้ำในตัวรับรังสีให้สูงขึ้น ช่วงเวลาทำงานของระบบคือช่วง 11.00-14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด โดยปริมาณน้ำที่จ่ายออกและที่สูบได้จะใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีต่างกัน พบว่าการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสี 149.6 กิโลปาสกาล จะได้จำนวนรอบการทำงานที่สูงที่สุด จึงได้ปริมาณน้ำสะสมรวมสูงสุด ถัดมาคือที่ความดัน 170.3 กิโลปาสกาล และ 197.8 กิโลปาสกาลตามลำดับ

ตาราง 4.1 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ กับปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้

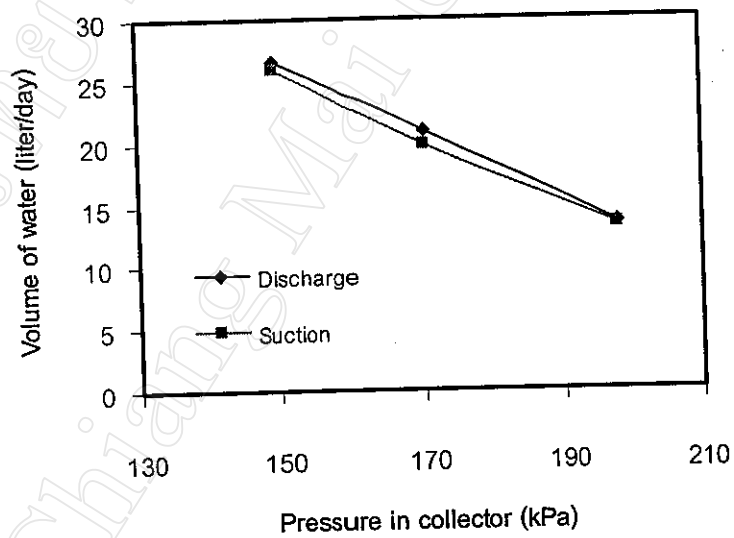
ค่าที่วัด	149.6 kPa		170.3 kPa		197.8 kPa	
	h = 1 m	h = 2 m	h = 1 m	h = 2 m	h = 1 m	h = 2 m
ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับรวม (MJ/m^2)	13.46	14.22	14.00	13.61	12.85	12.56
ปริมาณน้ำที่จ่ายได้ (liter/day)	27.52	26.63	20.83	20.85	14.19	13.40
ปริมาณน้ำที่สูบได้ (liter/day)	26.90	25.93	20.74	19.74	13.83	13.31



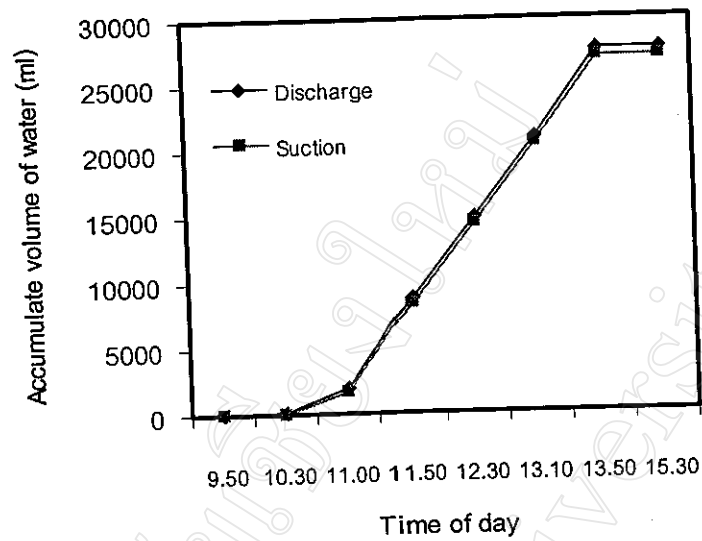
รูป 4.8 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์และความดันในตัวรับรังสี ที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่จ่ายออก



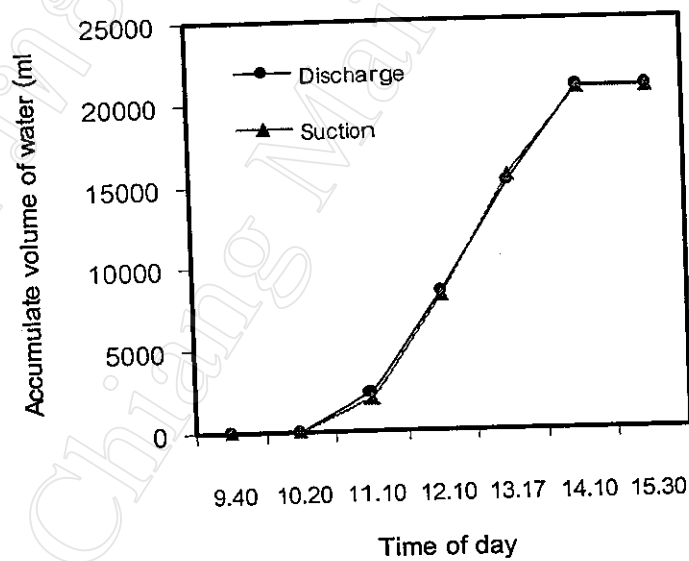
รูป 4.9 ปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้ตลอดวัน สำหรับความสูง 1 เมตร



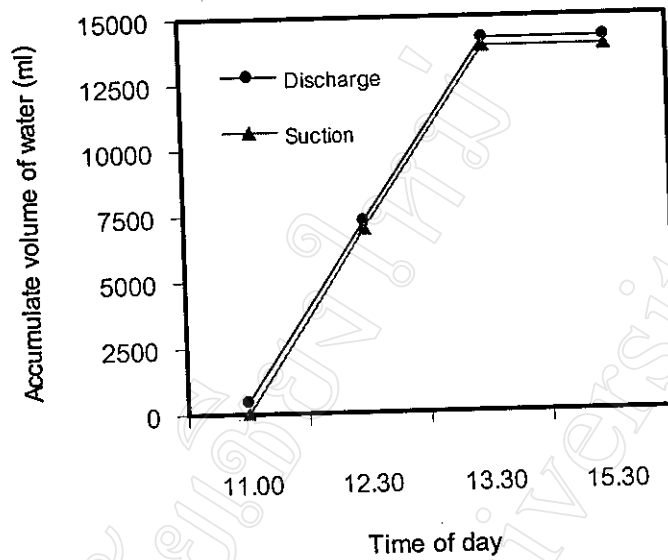
รูป 4.10 ปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้ตลอดวัน สำหรับความสูง 2 เมตร



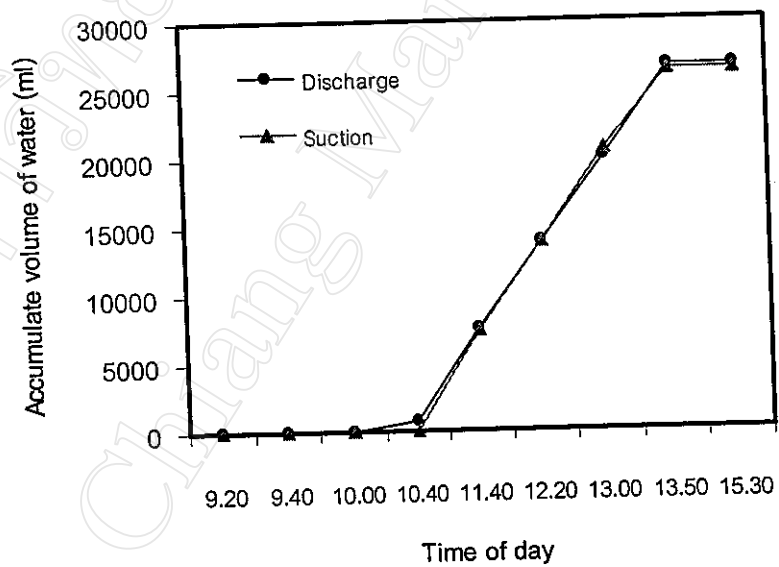
รูป 4.11 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 149.6 กิโลปาสคาล ความสูง 1 เมตร



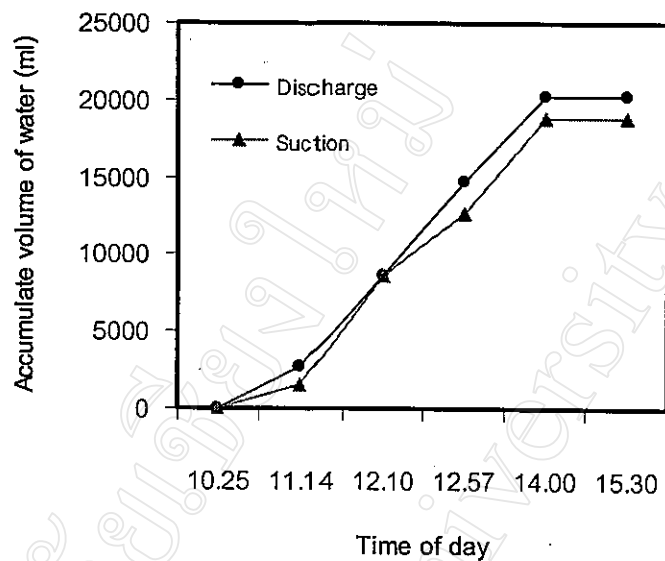
รูป 4.12 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 170.3 กิโลปาสคาล ความสูง 1 เมตร



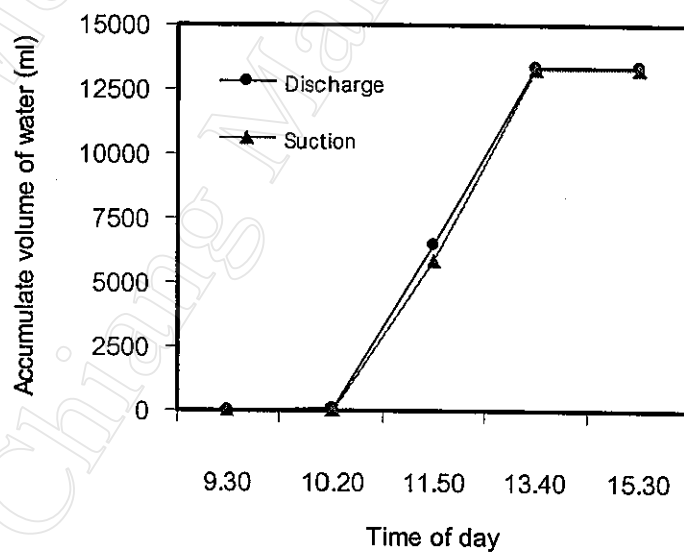
รูป 4.13 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 197.8 กิโลปาสกาล ความสูง 1 เมตร



รูป 4.14 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 149.6 กิโลปาสกาล ความสูง 2 เมตร



รูป 4.15 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 170.3 กิโลปาสกาล ความสูง 2 เมตร



รูป 4.16 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 197.8 กิโลปาสกาล ความสูง 2 เมตร

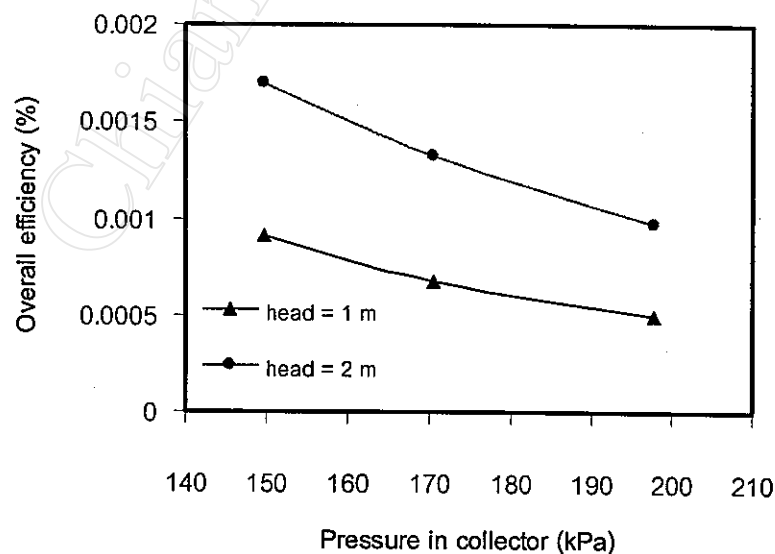
4.4 ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพรวมของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ (Overall efficiency) สามารถแสดงได้ดังรูป 4.17 จากกราฟสามารถบอกได้ว่าประสิทธิภาพรวมของระบบจะขึ้นอยู่กับระดับความสูงทางด้านจุด และความดันในตัวรับรังสี โดยที่ระดับความสูงทางด้านจุดเดียวกัน การทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีที่ต่ำกว่า จะให้ประสิทธิภาพ

รวมของระบบที่สูงกว่า เนื่องจากได้จำนวนรอบการทำงานที่สูงกว่า โดยปริมาณน้ำที่ได้ในแต่ละรอบจะไม่แตกต่างกันมากนัก จึงทำให้ได้ปริมาณน้ำรวมทั้งวันสูงกว่า และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีเดียวกัน แต่ระดับความสูงทางด้านดูดต่างกัน พบว่าระดับความสูงทางด้านดูดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ต้องพิจารณาถึงความสูงที่สูงที่สุดที่จะสามารถสูบน้ำขึ้นได้ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่สูบได้ลดลง ดังนั้นในการทำงานความสูงทางด้านดูดต้องอยู่ในเกณฑ์ที่จะสามารถสูบน้ำขึ้นได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงพอสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพรวมของระบบขึ้นอยู่กับความสูงทางด้านดูด และความดันในตัวรับรังสีเป็นสำคัญ เพื่อสนับสนุนข้อสรุปข้างต้นจึงได้พิจารณาจากสมการประสิทธิภาพรวมของระบบซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$\eta_{\text{sys}} = \frac{\rho_w g h V_w}{H_{\text{tot}} A_c}$$

จากสมการข้างต้นค่าประสิทธิภาพรวมของระบบจะขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญได้แก่ ระดับความสูงทางด้านดูด (h) ปริมาณน้ำที่ได้ (V_w) ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับ (H_{tot}) และพื้นที่รับรังสี (A_c) โดยในการทดลองจะไม่เปลี่ยนแปลงพื้นที่รับรังสี จึงไม่นำมาพิจารณา ที่ความดันในตัวรับรังสีเดียวกัน ความสูงที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำที่ได้ไม่แตกต่างกันมาก และที่ความสูงทางด้านดูดเดียวกัน การทำงานที่ความดันในตัวรับรังสีที่ต่ำกว่า จะสร้างความดันได้เร็ว ทำให้ได้จำนวนรอบการทำงานเพิ่มขึ้น จึงได้ปริมาณน้ำมากขึ้น ได้ประสิทธิภาพรวมของระบบที่สูงขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวต้องพิจารณาถึงปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับเป็นสำคัญ เนื่องจากระบบจะทำงานได้เมื่อได้รับรังสีแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง โดยประสิทธิภาพรวมของระบบสูงสุดเท่ากับ 0.0017 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะความดันในตัวรับรังสี 149.6 กิโลปาสกาล ความสูงทางด้านดูด 2 เมตร

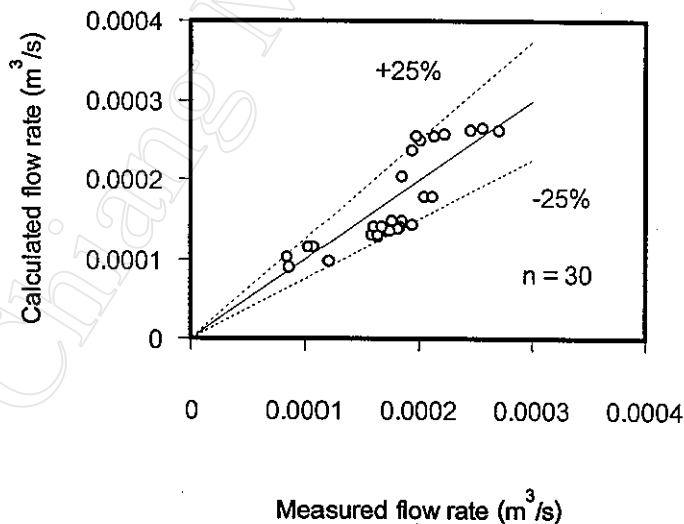


รูป 4.17 ประสิทธิภาพรวมของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ สำหรับความสูงทางด้านดูด 1 และ 2 เมตร ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน

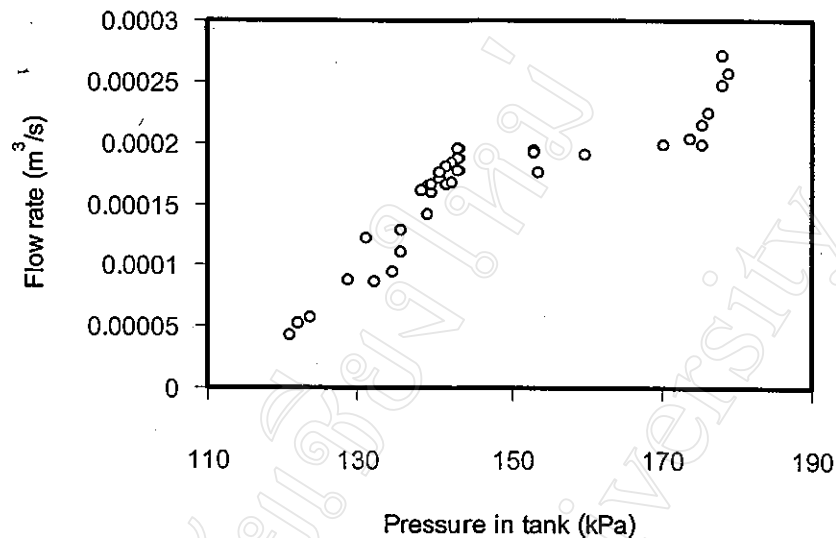
4.5 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหลในระบบ

4.5.1 กรณีอัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ

ผลความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่าอัตราการไหลเฉลี่ยในช่วงจ่าย สามารถแสดงได้ดังรูป 4.18 ซึ่งเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการวัดโดยตรงเทียบกับการคำนวณ จากกราฟสามารถบอกได้ว่า อัตราการไหลที่คำนวณได้ 93.33% จะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 25\%$ และจากการทดลองพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการไหลช่วงจ่ายคือ ความดันที่ใช้ในการดันน้ำออกจากระบบ พิจารณารูป 4.19 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหล พบว่าที่ความดันในถังต่ำๆ อัตราการไหลของน้ำจะต่ำ ความดันในถังต่ำไม่สามารถเอาชนะแรงเนื่องจากความสูงของน้ำที่จะดันออก ทำให้ดันน้ำออกได้ยาก น้ำถูกดันออกเพียงบางส่วน ปริมาณน้ำที่ได้ก็น้อย ใช้เวลาในการดันน้ำออกจากระบบนาน จึงได้อัตราการไหลช่วงจ่ายที่ต่ำ ในขณะที่ความดันในถังสูง อัตราการไหลช่วงจ่ายก็จะสูงตาม เมื่อความดันในถังสูงพอที่จะเอาชนะแรงเนื่องจากความสูงของน้ำที่ดันออก ทำให้ดันน้ำออกได้ง่าย ได้ปริมาณน้ำมาก ใช้เวลาในการดันน้ำออกจากระบบน้อย จึงได้อัตราการไหลช่วงจ่ายที่สูง ซึ่งความดันที่ใช้ในการดันน้ำออกจากระบบ เกิดจากการเปลี่ยนเฟสของของไหลในตัวรับรังสีจากของเหลวกลายเป็นไอทำให้ความดันเพิ่มสูงขึ้น และใช้ไอความดันสูงที่ผลิตได้ไปดันน้ำออกจากระบบ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนเฟสของการไหลในตัวรับรังสีคือรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งถ้าระบบได้รับรังสีแสงอาทิตย์ในปริมาณที่มากพอ ก็จะช่วยให้การเปลี่ยนเฟสของของไหลเกิดได้ดียิ่งขึ้นและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างความดันไปดันน้ำออกจากระบบ ดังนั้นตัวรับรังสีจะผลิตไอน้ำได้มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับเป็นสำคัญ



รูป 4.18 การเปรียบเทียบอัตราการไหลช่วงจ่ายจากการวัดโดยตรงกับอัตราการไหลช่วงจ่ายจากการคำนวณ

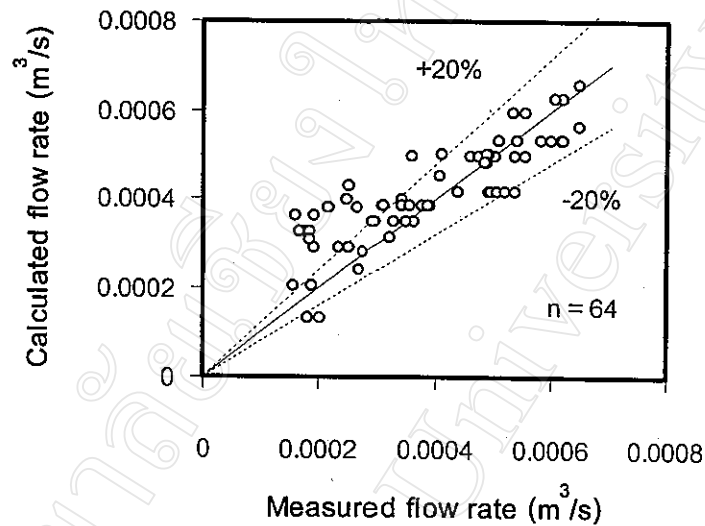


รูป 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังกับอัตราการไหลช่วงจ่าย

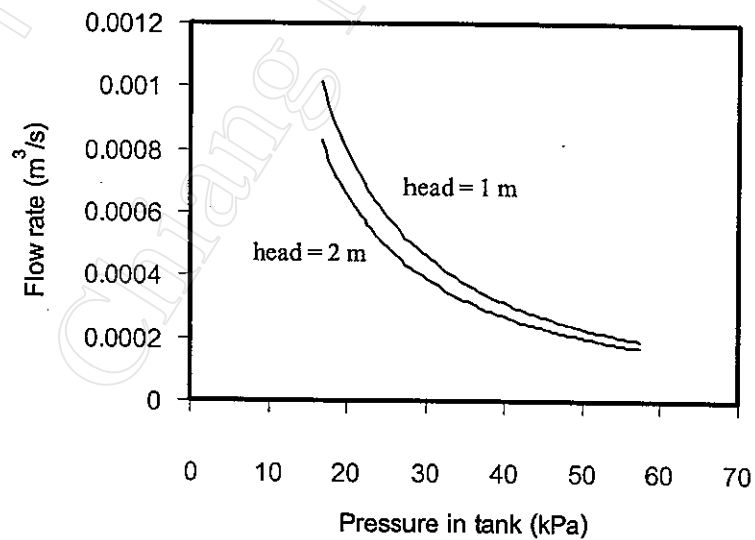
4.5.2 กรณีอัตราการไหลช่วงดูดน้ำ

ผลความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่าอัตราการไหลเฉลี่ยในช่วงดูด สามารถแสดงได้ดังรูป 4.20 ซึ่งเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการวัดโดยตรงเทียบกับการคำนวณ จากกราฟเราสามารถบอกได้ว่า อัตราการไหลที่คำนวณได้ 77 % จะมีค่าพิสัยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm 20\%$ และจากการทดลองพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการไหลช่วงดูดคือ ความดันในถังควบแน่น พิจารณารูป 4.21 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังควบแน่นกับอัตราการไหลช่วงดูด พบว่าถ้าความดันในถังควบแน่นลดลงต่ำมาก ๆ จะได้อัตราการไหลที่สูง ทำให้ดูดน้ำได้ในปริมาณมาก เนื่องจากความดันในถังควบแน่นช่วงดูดนี้เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำจากตัวรับรังสี เมื่อไอควบแน่นจะทำให้ความดันในถังลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศ จึงสามารถดูดน้ำจากถังด้านล่างขึ้นมาได้ ยิ่งความดันในถังลดลงมากก็จะสามารถดูดน้ำขึ้นมาได้มากและเร็วขึ้น ซึ่งความดันในถังควบแน่นจะลดลงมากหรือน้อยก็ขึ้นกับ ความแตกต่างของอุณหภูมิในถังควบแน่น โดยพิจารณาจากรูป 4.22 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ลดลงในถังควบแน่นกับความแตกต่างของอุณหภูมิในถังควบแน่น จากรูปสามารถบอกได้ว่า ความดันในถังควบแน่นจะลดลงได้น้อยถ้าหากความแตกต่างของอุณหภูมิในถังต่ำ แสดงว่าไอที่ผลิตได้จากตัวรับรังสีเข้าไปแทนที่น้ำในถังควบแน่นได้น้อย ไอคันน้ำออกได้ไม่หมดถึง ทำให้ช่วงอุณหภูมิแตกต่างภายในถังต่ำ อัตราการควบแน่นของไอน้ำ ความดันในถังจึงลดลงได้น้อย ความแตกต่างระหว่างความดันภายในถัง(ความดันสูญญากาศ) และภายนอกถัง(ความดันบรรยากาศ)ต่ำ จึงดูดน้ำขึ้นมาได้น้อย ใช้เวลาในการดูดน้ำนาน ทำให้อัตราการไหลช่วงดูดต่ำ พิจารณาจากกราฟรูปเดียวกันความดันในถังควบแน่นจะลดลงอย่างมากถ้าหากความแตกต่างของอุณหภูมิในถังควบแน่นสูง แสดงว่าไอที่ผลิตได้จากตัวรับรังสีเข้าไปแทนที่น้ำในถังควบแน่นได้มาก ไอคันน้ำออกจนหมดถึง ทำให้ช่วงอุณหภูมิแตกต่างในถังสูง อัตราการควบแน่นของไอน้ำ ความดันในถังจึงลดลงอย่างมาก ความแตกต่างระหว่างความดันภายในถัง และภายนอกถังมีสูง จึงดูดน้ำขึ้นมาได้มาก ใช้เวลาในการดูดน้อย ทำให้อัตราการไหลช่วงดูดสูง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ

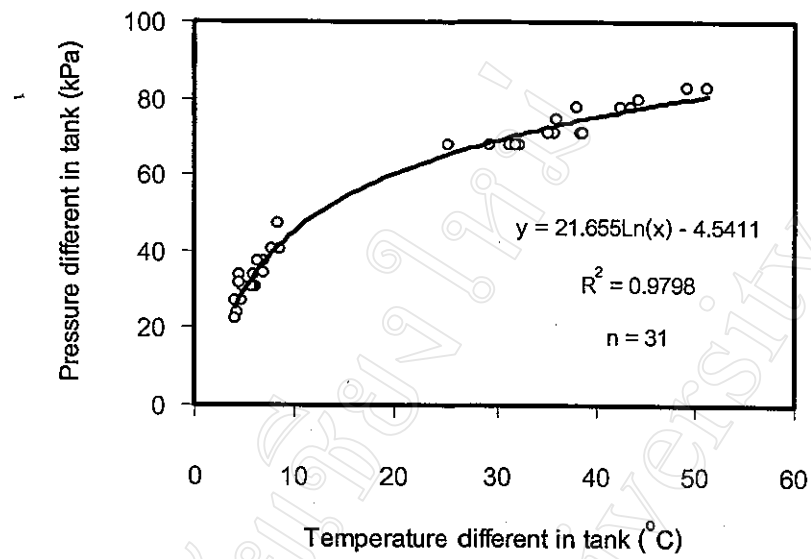
ไหลช่วงดูดอีกอย่างหนึ่งคือ ความสูงทางค้ำดันดูด จากการทดลองพบว่าการทำงานที่ความสูงทางค้ำดันดูดที่ต่ำกว่า จะได้อัตราการไหลที่สูงกว่า ความสูงทางค้ำดันดูดที่เพิ่มขึ้นจะเป็นอุปสรรคในการทำงานของระบบทำให้สูบน้ำได้ยากขึ้น



รูป 4.20 การเปรียบเทียบอัตราการไหลช่วงดูดจากการวัดโดยตรงกับอัตราการไหลช่วงดูดจากการคำนวณ



รูป 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังกับอัตราการไหลช่วงดูด



รูป 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความดัน ในถังควบแน่นกับผลต่างอุณหภูมิในถังควบแน่น (พิจารณาช่วงไอควบแน่น)