หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

จุดประสงค์ของการศึกษาและออกแบบหาสมรรถนะของสระแสงอาทิตย์ชนิดคงเสถียรภาพด้วยเกลือเพื่อ

1. สร้างสระ, อุปกรณ์และทดสอบหาค่าอัตราพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทออกจากชั้นเก็บสะสมความร้อนสู่บรรยากาศ
2. เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในบทที่ 3
3. เพื่อศึกษาและหาค่าการแพร่กระจายที่เกิดขึ้นของน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อทำการทดลองคือแบบจำลองสระแสงอาทิตย์

สระแสงอาทิตย์แสดงในรูปที่ 4.1 สร้างขึ้นโดยใช้โครงสร้างเป็นคอนกรีตทรงกระบอกผนังภายนอกหุ้มด้วยใยแก้ว (Fiber Glass)

ขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ ของสระแสงอาทิตย์หมายเลข 1 แสดงในรูปที่ 4.1

4.3 รายละเอียดอุปกรณ์การทดลอง

4.3.1 สระแสงอาทิตย์

(1) โครงสร้างสระแสงอาทิตย์ ท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.95 เมตร สูง 0.40 เมตร หนา 2 ซม. จำนวน 5 ท่อ ฉาบด้วยซีเมนต์ติดเข้าด้วยกัน

(2) แผ่นใยแก้วหนา 50 มม.หุ้มโดยรอบภายนอกและใต้สระ

(3) ท่อทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 มม. ยาว 40 ซม. จำนวน 15 ท่อน ท่อทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.8 มม. ยาว 50 ซม. จำนวน 1 ท่อน

(4) สกรูพร้อมน็อตทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว 16 มม. ยาว 70 มม. จำนวน 12 ชุด

(5) เทอร์โมคัปเปิล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(6) ลวดยูกใยแก้วโดยรอบสระ

(7) แกนไม้ยึดเทอร์โมคัพเบิล

(8) ฮีทเตอร์ (Heater) ขนาด 1 กิโลวัตต์

(9) ชุดแสงอาทิตย์เทียม

(10) ชุดเครื่องมือวัด

4.4 <u>เครื่องมือวัด</u>

เครื่องมือที่ใช้วัดในการหาข้อมูลประกอบด้วย

(1) โวลท์ซัพพลาย (Volt Supply) ปรับค่าได้

(2) เทอร์โมคัพเบิล (Thermocouple) และเทอร์โมมิเตอร์

(3) วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter)

(4) ชุดหลอดแก้ววัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือ

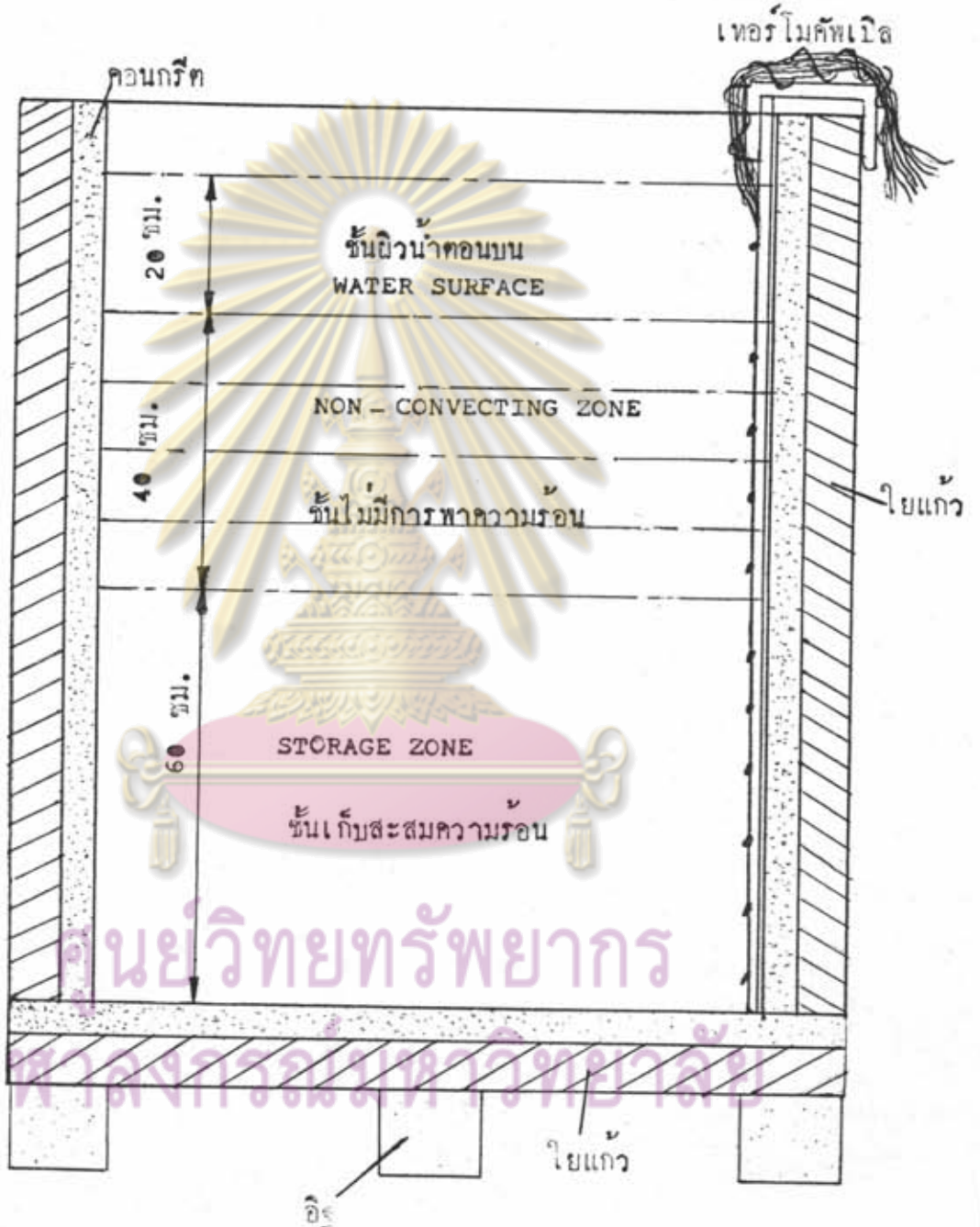
4.5 <u>วิธีการทดลอง</u>

การทดลองสระแสงอาทิตย์ที่ทำการวิจัย ทำเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ใช้ฮีทเตอร์ให้ความร้อนแก่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) ของสระแสงอาทิตย์จนได้อุณหภูมิคงที่เท่ากับ 60 °ซ โดยใช้เทอร์โมสแตทเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ เพื่อทำการศึกษาหาสมรรถนะหรือความสามารถเก็บความร้อนภายในชั้นเก็บสะสมความร้อนได้นานเท่าใดพร้อมกับหาค่าอัตราพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทออกจากชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระสู่บรรยากาศ

2. ให้แสงอาทิตย์เทียมให้ความร้อนแก่สระโดยปรับปรุงระยะหลอดไฟและเพิ่มค่าแรงดันให้ได้ค่าพลังงานความร้อนบริเวณผิวน้ำตอนบนของสระ เท่าเทียมกับแสงอาทิตย์จริงแล้วจดบันทึกของความร้อนที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในแต่ละวัน ความร้อนที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนพร้อมกับหาค่าอัตราพลังงานความร้อนด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงภาคตัดของระแสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การวัดอัตราการรวมตัวของน้ำเกลือ

การวัดอัตราการรวมตัวของน้ำเกลือที่เกิดจากการแพร่กระจาย คือ การวัดผลของความเข้มข้นหรือค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือที่ระดับความสูงทุก ๆ 10 ซม. ในสระแสงอาทิตย์ทุก ๆ วันซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ ลักษณะการตรวจหาค่าความถ่วงจำเพาะน้ำเกลือดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 แสดงการตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือจากสระแสงแสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 ลักษณะการเติมน้ำเกลือ

ในการวิจัยได้ทำการทดลองโดยเติมน้ำและน้ำเกลือเข้าไปในสระแสงอาทิตย์เป็นชั้น ๆ จำนวน 6 ชั้นดังนี้คือ

ชั้นที่ 1 ชั้นใต้สระสูงจากพื้นล่างสระ 0.60 เมตรมีความเข้มข้นของเกลือ 20 % โดยน้ำหนัก

ชั้นที่ 2 ชั้นนี้อยู่บนชั้นที่ 1 เติมสูง 0.10 เมตร ความเข้มข้นของเกลือ 16 % โดยน้ำหนัก

ชั้นที่ 3 ชั้นนี้อยู่บนชั้นที่ 2 เติมสูง 0.10 เมตร ความเข้มข้นของเกลือ 12 % โดยน้ำหนัก

ชั้นที่ 4 ชั้นนี้อยู่บนชั้นที่ 3 เติมสูง 0.10 เมตร ความเข้มข้นของเกลือ 8 % โดยน้ำหนัก

ชั้นที่ 5 ชั้นนี้อยู่บนชั้นที่ 4 เติมสูง 0.10 เมตร ความเข้มข้นของเกลือ 4% โดยน้ำหนัก

ชั้นที่ 6 ชั้นนี้อยู่บนชั้นที่ 5 เติมสูง 0.20 เมตร ความเข้มข้นของเกลือ 0 % โดยน้ำหนัก

ลักษณะการเติมน้ำเกลือจะใช้ถังน้ำเกลืออยู่ในระดับความสูงกว่าสระ(ดังรูปที่ 4.3) ต่อเข้ากับสายยางข้างสระแสงอาทิตย์ ขณะเดียวกันจะมีสายยางต่อท่อภายในสระแสงอาทิตย์อีกปลายข้างหนึ่งติดตั้งบนแผ่นไม้อัดเรียบเพื่อให้ไหลแบบราบเรียบบนแผ่นไม้อัดจะค่อย ๆ สร้างชั้นความเข้มข้นของเกลือขึ้น ขณะเดียวกันแผ่นไม้อัดเบาและลอยน้ำจึงไม่มีปัญหาเรื่องจะรบกวนใต้สระ และปัญหาการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อเป็นการรักษาชั้นของเกลือไปด้วย ลักษณะการเติมน้ำเกลือดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4

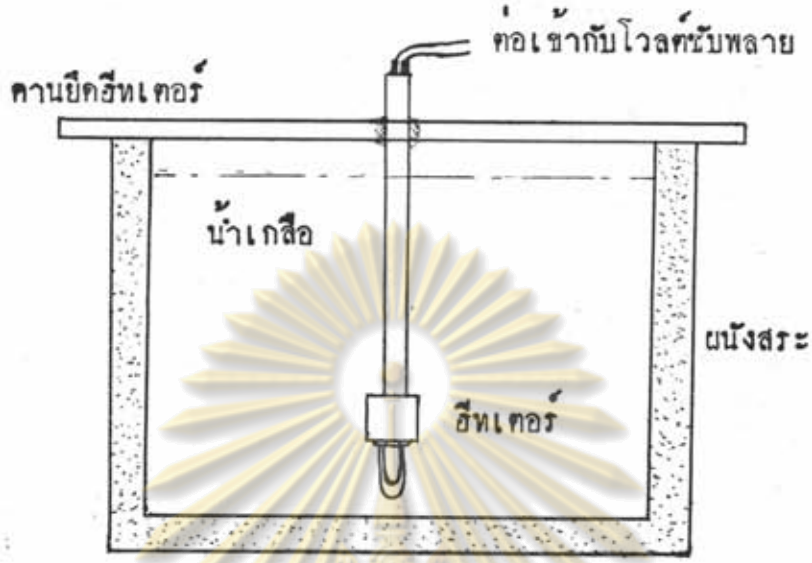
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 ลักษณะการเติมน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.4 ลักษณะการสร้างชั้นน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์

1. การให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์



รูปที่ 4.5 แสดงการให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์

ลักษณะการทำงาน

(1) ต่อฮีทเตอร์เข้ากับโวลต์ซัพพลาย (Voltage Supply)

(2) ปรับ Voltage Supply ให้มีค่า 82.5 โวลต์คงที่

(3) วัดวัตต์ ด้วยวัตต์มิเตอร์ (Watt meter)

(4) เทอร์โมสแตท (Thermostat) ควบคุมอุณหภูมิภายในชั้นเก็บสะสมความร้อน 60° ซ.

(5) ใช้ฮีทเตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 โปรแกรม คือผลรวมของอุณหภูมิทั้งหมดที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน (Storage Zone) ใต้สระแสงอาทิตย์และในการคำนวณหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ต้องป้อนข้อมูลต่าง ๆ เข้าไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังนี้

3.3.1 ข้อมูลต่าง ๆ ที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

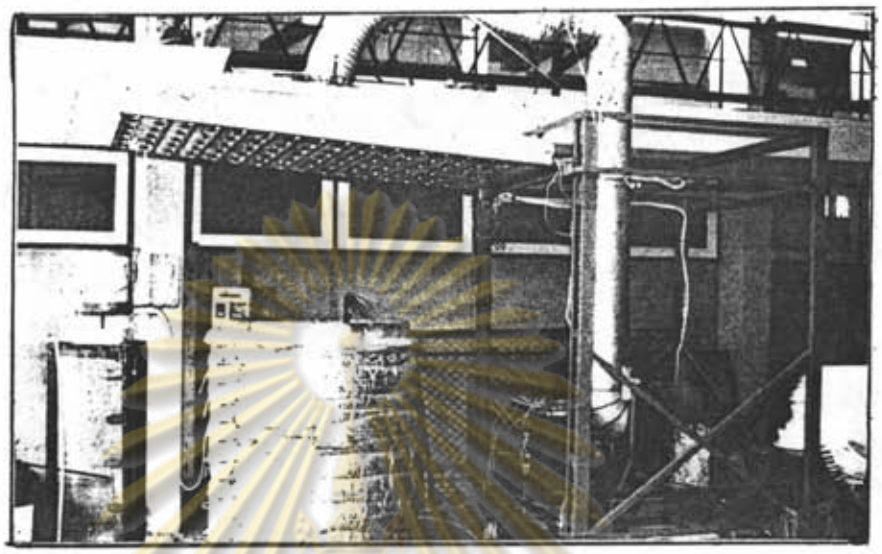
1. ค่าความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผิวน้ำตอนบนของสระในประเทศไทยดังแสดงไว้ในบทที่ 2 (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2.6) (ϕ_0)
2. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดเก็บความร้อนจากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (θ)
3. ค่าการนำความร้อนของน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์ (K)
   = 119 คาลอรี่/ซม.-วัน-°ซ.
4. ค่าการแพร่กระจายของโมเลกุลของน้ำเกลือ (α) = 128 ซม^2/วัน
5. จำนวนวันที่ต้องการทราบปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น (t) เช่น 44 วัน 88 วัน, 132 วัน, 176 วัน, 264 วัน, 308 วัน และ 364 วันเป็นต้น
6. ค่าความลึกของสระทั้งหมด (h) = 120 ซม.
7. ค่าอุณหภูมิของบรรยากาศเฉลี่ย ($\bar{T}_{2bar}$) = 28.07 °ซ.
8. ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย ($\bar{T}_{bar}$) = 3.4 °ซ.

3.3.2 ข้อมูลของผลการวิจัย

เมื่อป้อนข้อมูลต่างๆ นี้เข้าไปในโปรแกรมทั้ง 5 โปรแกรมจะคำนวณและให้ค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนคือ T_a, T_b, T_d, T_e และ T_c แต่สำหรับการคำนวณนี้ไม่มีการนำค่าความร้อนออกไปใช้งานดังนั้นค่าอุณหภูมิ T_c จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ผลรวมของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนจะได้รับดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การให้ความร้อนด้วยแสงอาทิตย์เทียม



รูปที่ 4.6 แสดงการให้ความร้อนด้วยแสงอาทิตย์เทียม

ลักษณะการทำงาน

(1) เปิดแสงอาทิตย์เทียมปรับโวลต์ 220 โวลต์ได้ค่าความร้อนที่ผิวบนของน้ำเท่ากับแสงอาทิตย์จริงมีค่าเท่ากับ 492.3 วัตต์/ม^2

(2) จดบันทึกค่าอุณหภูมิทุก ๆ หนึ่งชั่วโมงตามความลึกทุก ๆ 10 ซม.

(3) การทดลองเริ่ม 09.00 น. - 16.00 น.

(4) วัดค่าความถ่วงจำเพาะที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองแต่ละวัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.8 คุณสมบัติของน้ำเกลือที่เติมลงในสระแสงอาทิตย์

น้ำและน้ำเกลือที่เติมในแบบจำลองของสระแสงอาทิตย์จะมีค่าความหนาแน่นและค่าความร้อนจำเพาะของน้ำและน้ำเกลือแตกต่างกันตามปริมาณเปอร์เซนต์ของเกลือที่ผสมในน้ำที่เติมเข้าไปในสระแสงอาทิตย์แต่ละชั้น (แสดงในหัวข้อที่ 4.7) สำหรับค่าความร้อนจำเพาะของน้ำเกลือที่เติมในสระแสงอาทิตย์ในแต่ละชั้นมีดังต่อไปนี้

4.8.1 ชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (Storage Zone) สูงจากใต้สระขึ้นมา 60 ซม. น้ำเกลือมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 3.444 กิโลจูล/กก.-°ซ

4.8.2 ชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non-convecting Zone)สูงจากผิวบนของชั้นเก็บสะสมความร้อนขึ้นมา 40 ซม. แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ๆ ละ 10 ซม. และในแต่ละชั้นมีเปอร์เซนต์เกลือแตกต่างกันซึ่งให้ค่าความร้อนจำเพาะมีค่าเท่ากับ 3.562 กิโลจูล/กก.-°ซ 3.675 กิโลจูล/กก. °ซ., 3.821 กิโลจูล/กก. °ซ. และ 4.014 กิโลจูล/กก. °ซ. ตามลำดับ

4.8.3 ชั้นผิวน้ำตอนบนสุดสูงจากผิวน้ำเกลือชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non-convecting Zone) ขึ้นมา 20 ซม ไม่มีเกลือผสมเป็นน้ำบริสุทธิ์ซึ่งมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 4.19 กิโลจูล/กก. - °ซ.

คุณสมบัติของน้ำและน้ำเกลือที่เติมลงในสระแสงอาทิตย์ทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงคุณสมบัติของน้ำเกลือที่เติมลงในแบบจำลองของสระแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นทดลอง

ความลึกของสระวัดจากใต้สระถึงผิวน้ำตอนบน (cm)	เปอร์เซนต์ของเกลือโดยน้ำหนัก (%)	น้ำหนักของเกลือ kg	ค่าความหนาแน่น kg/m^3	ค่าความร้อนจำเพาะ kJ/kg-°C
0 - 10	20		1.110	3.444
10 - 20	20		1.110	3.444
20 - 30	20	122.4	1.110	3.444
30 - 40	20		1.110	3.444
40 - 50	20		1.110	3.444
50 - 60	20		1.110	3.444
60 - 70	16	10.8	1.090	3.562
70 - 80	12	8.2	1.080	3.675
80 - 90	8	5.4	1.042	3.821
90 -100	4	2.7	1.028	4.014
100 -110	0	-	1.000	4.19
110 -120	0	-	1.000	4.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.9 การทดลอง

การทดลองสระแสงอาทิตย์ (ดังอธิบายการทดลองหัวข้อที่ 4.5) ใช้ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ช่วงแรกทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528 โดยใช้ฮีทเตอร์ช่วยให้ความร้อนในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (Storage Zone) ก่อนเพื่อลดระยะเวลาในการทดลองลงจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 60° ซ. จึงตัดฮีทเตอร์ออกแล้วใช้แสงอาทิตย์เทียมให้ความร้อนแก่สระแสงอาทิตย์ต่อไปโดยปรับค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เทียมให้มีความเข้มของพลังงานเท่ากับแสงอาทิตย์จริงในประเทศไทยเพื่อศึกษาการแพร่กระจายของน้ำเกลือจากค่าความหนาแน่นเมื่อความถ่วงจำเพาะที่มีค่าสูงใต้สระไปสู่ความหนาแน่นที่ต่ำกว่าในชั้นบนของสระ (แสดงผลไว้ในบทที่ 5) และผลจากการทดลองนี้จะนำไปคำนวณเพื่อหาอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมและอัตราพลังงานสูญเสียจากสระสู่บรรยากาศ

2. ช่วงสองทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528 ให้พลังงานความร้อนแก่สระแสงอาทิตย์ด้วยแสงอาทิตย์เทียม

จากตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสระแสงอาทิตย์เป็นการทดลองช่วงแรกตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528 เริ่มทดลองจากอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นการทดลองที่ 27.3° ซ. ในวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 โดยใช้ฮีทเตอร์ให้ความร้อนบริเวณชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระโดยตรงใช้แรงดันไฟฟ้า 82.5 โวลต์ ทั้งสิ้น16 วัน หลังจาก 16 วันแล้วเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้แก่ฮีทเตอร์เป็น 120 โวลต์ ตั้งแต่ 17-28 วัน เมื่อครบ 28 วันได้อุณหภูมิสูงถึง 60.2° ซ. เทอร์โมสแตทก็ตัดแรงดันไฟฟ้าออก การใช้ฮีทเตอร์ช่วยในการให้ความร้อนแก่ชั้นเก็บสะสมใต้สระโดยตรงเพื่อเป็นการให้ร้อนเร็วขึ้น ต้องการจะศึกษาการคงเสถียรภาพของน้ำเกลือเมื่ออุณหภูมิของชั้นเก็บสะสมความร้อนคงที่ที่ 60° ซ. จะสามารถคงการเสถียรภาพของน้ำเกลือได้เท่าใด และหลังจาก 28 วันแล้วก็จะใช้แสงอาทิตย์เทียมเป็นแหล่งให้ความร้อนแก่สระเพื่อเป็นการรักษาให้อุณหภูมิที่ชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระคงที่ที่ 60° ซ. ตลอดเวลา เพื่อที่จะศึกษาการคงเสถียรภาพของน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์ซึ่งความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์เทียมที่ให้แก่ผิวน้ำคอนบนของสระมีค่าเท่ากับแสงอาทิตย์จริงประมาณ 492.3 วัตต์/ม^2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสระแสงอาทิตย์ช่วงแรกตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528

ความลึกของสระวัดจากใต้สระถึงผิวน้ำตอนบน (ซม)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (°ซ)							
	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน	14 วัน	16 วัน
0 - 60	27.7	28.05	28.45	28.85	29.25	29.55	29.9	30.3
60 - 70	27.3	27.4	27.6	27.65	27.75	27.80	27.95	28.4
70 - 80	27.3	27.3	27.3	27.3	27.35	27.35	27.38	27.4
80 - 90	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
90 - 100	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
100 - 110	27.2	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
110 - 120	27.2	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสระแสงอาทิตย์ช่วงแรกตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528

ความลึกของสระวัดจากใต้สระถึงผิวน้ำตอนบน (ซม.)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ (°ซ)						
	16 วัน	18 วัน	20 วัน	22 วัน	24 วัน	26 วัน	28 วัน
0 - 60	30.3	34.4	39.2	44.6	50.3	55.4	60.2
60 - 70	27.6	31.5	36.8	42.3	48.8	51.6	57.3
70 - 80	27.4	29.4	32.3	36.5	42.0	45.2	50.6
80 - 90	27.3	28.1	29.2	31.8	35.7	37.0	40.2
90 -100	27.3	27.6	28.1	29.4	31.5	32.6	34.8
100 -110	27.3	27.3	27.4	27.6	27.8	28.2	28.8
110 -120	27.3	27.3	27.4	27.5	27.6	27.8	28.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9(ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในธระแสงอาทิตย์ช่วงแรกตั้งแต่วันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528

ความลึกของธระวัดจากใต้ธระถึงผิวน้ำตอนบน (ซ)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้ธระ (°ซ)					
	28 วัน	32 วัน	36 วัน	40 วัน	44 วัน	48 วัน
0 – 60	60.20	60.12	59.60	60.00	60.21	60.42
60 – 70	57.30	57.30	57.20	57.30	57.32	57.46
70 – 80	50.60	50.50	50.40	50.40	50.50	50.6
80 – 90	40.20	40.20	40.25	40.35	40.46	40.50
90 –100	34.80	34.8	34.72	34.78	34.8	34.85
100 –110	29.40	31.6	32.6	33.20	33.20	32.6
110 –120	29.42	32.8	33.6	34.20	34.60	33.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในสระแสงอาทิตย์ช่วงที่สองตั้งแต่วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528 เริ่มการทดลองที่อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นเท่ากับ 27.3 ° ซ. พลังงานความร้อนที่ให้แก่สระแสงอาทิตย์คือ แสงอาทิตย์เทียมที่ให้พลังงานความร้อนที่ผิวน้ำตอนบนของสระมีค่าเท่ากับแสงอาทิตย์จริงประมาณ 492.3 วัตต์/ม^2 ซึ่งเมื่อให้ความร้อนถึง 48 วันได้อุณหภูมิเท่ากับ 37.62 ° ซ. ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.10

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของชั้นน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์เมื่อใช้แสงอาทิตย์เทียม เริ่มนับตั้งแต่อุณหภูมิคงที่ที่ 60 ° ซ ซึ่งจากตารางที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์ที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (0 - 60 ซม.) ชั้นป้องกันความร้อนสูญเสียสู่ด้านบนสระ (60-100 ซม.) และชั้นผิวน้ำตอนบน(100 - 120 ซม.) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะจะเปลี่ยนแปลงจากค่ามากที่บริเวณชั้นเก็บสะสมสู่ชั้นบนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าดังแสดงไว้ในตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในธาะแสงอาทิตย์ช่วงที่สองตั้งแต่วันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528

ความลึกของธาะวัดจากใต้ธาะถึงผิวน้ำก่อนบน (ซม.)	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้ธาะ (°ซ)															
	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	12 วัน	14 วัน	16 วัน	20 วัน	24 วัน	28 วัน	32 วัน	36 วัน	40 วัน	44 วัน	48 วัน
0 – 60	28.10	28.30	28.55	28.85	29.17	29.51	29.90	30.3	31.3	32.1	32.9	33.75	34.55	35.37	36.22	37.62
60 – 70	27.7	27.8	27.8	27.85	27.95	28.10	28.20	28.30	28.6	29.2	29.4	29.8	30.2	30.6	31.2	31.45
70 – 80	27.42	27.42	27.5	27.5	27.55	27.60	27.60	27.65	27.70	27.75	27.95	28.2	28.4	28.6	28.85	28.98
80 – 90	27.4	27.4	27.4	27.45	27.45	27.45	27.45	27.48	27.48	27.48	27.45	27.6	27.7	27.8	27.92	28.0
90 – 100	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.42	27.42	27.42	27.46	27.46	27.42	27.44	27.45	27.5	27.6	27.8
100 – 110	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.4	27.4	27.4	27.4	27.5	27.5	27.6	27.6	28.10
110 – 120	28.20	28.4	28.6	28.8	28.7	28.7	28.6	28.5	28.4	28.6	28.6	28.8	28.9	28.8	28.9	29.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของชั้นน้ำเกลือในสระแสงอาทิตย์เมื่อใช้แสงอาทิตย์เทียม เริ่มต้งแต่อุณหภูมิลงที่ที่ 60 °ซ.

ความลึกของสระจากใต้สระ (ซม.)	ณ.พ.ที่เกิดขึ้น				
	0 วัน	6 วัน	8 วัน	12 วัน	16 วัน
0 - 60	1.110	1.110	1.110	1.110	1.108
60 - 70	1.090	1.092	1.094	1.094	1.098
70 - 80	1.078	1.080	1.082	1.082	1.085
80 - 90	1.042	1.044	1.044	1.044	1.048
90 -100	1.028	1.028	1.028	1.028	1.030
100 -110	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
110 -120					

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.10 การคำนวณหาอัตราพลังงานจากผลการทดลอง

ขณะที่สระได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกเก็บสะสมไว้ในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระ อีกส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปกับบรรยากาศรอบ ๆ สระ ซึ่งเมื่อจำนวนวันที่ทำการทดลองนี้มากขึ้นอุณหภูมิที่เก็บสะสมก็จะมากขึ้นด้วย ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นสามารถนำไปคำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนได้, คำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระได้, คำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านใต้สระได้และคำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนสูญเสียด้านบนสระได้โดยคิดต่อหน่วยเวลา ต่อหน่วยพื้นที่ เช่น 1-2 ชั่วโมงเป็นต้น ผลการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.12, ตารางที่ 4.13, ตารางที่ 4.14 และพร้อมด้วยตัวอย่างแสดงการคำนวณท้ายตาราง

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงอัตราพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนใต้สระแสงอาทิตย์

วันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2528	เวลาที่ทำการทดลอง	09.00น	10.00น	10.00น	11.00น	11.00น	12.00น	12.00น	13.00น	13.00น	14.00น	14.00น	15.00น	15.00น	16.00 น
	อุณหภูมิที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (ซ)	57.40	57.50	57.50	57.60	57.60	57.70	57.70	57.82	57.82	57.96	57.96	58.01	58.01	58.28
	อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน (วัตต์/ม.^{2})	57.40		57.40		57.40		68.88		80.36		66.10		97.58	
วันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528	เวลาที่ทำการทดลอง	09.00 น	10.00 น	10.00 น	11.00 น	11.00 น	12.00 น	12.00 น	13.00 น	13.00 น	14.00 น	14.00 น	15.00 น	15.00 น	16.00 น
	อุณหภูมิที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (ซ)	59.80	59.92	59.92	60.05	60.05	60.18	60.18	60.33	60.33	60.48	60.48	60.64	60.64	60.80
	อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน (วัตต์/ม.^{2}.)	68.88		74.62		74.62		86.10		86.10		9.184		91.84	

ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 3.444 กิโลจูล/กก. ซ. ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนจากผลการทดลองกับคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองควบแสงอาทิตย์เพิ่ม	จำนวนวันที่ทดลอง	2 วัน	4 วัน	4 วัน	6 วัน	6 วัน	8 วัน	8 วัน	10 วัน	10 วัน	12 วัน	12 วัน	14 วัน	14 วัน	16 วัน
	อุณหภูมิที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (°ซ)	28.10	28.30	28.30	28.55	28.55	28.85	28.85	29.17	29.17	29.51	29.51	29.90	29.90	30.3
	อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน (วัตต์/ม^2)	7.18		8.97		10.764		11.48		12.20		13.99		14.35	
คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์	จำนวนวันที่ทดลอง	2 วัน	4 วัน	4 วัน	6 วัน	6 วัน	8 วัน	8 วัน	10 วัน	10 วัน	12 วัน	12 วัน	14 วัน	14 วัน	16 วัน
	อุณหภูมิที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (°ซ)	31.25	31.46	31.46	31.73	31.73	32.06	32.06	32.41	32.41	32.78	32.78	33.20	33.20	33.70
	อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน (วัตต์/ม^2)	7.53		9.69		11.84		12.56		13.28		15.07		17.22	

ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 3.444 กิโลจูล/กก.°ซ. ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นและอัตราพลังงานความร้อนในการทดลอง วันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528

เวลา	09.00 น.	10.00 น.	11.00 น.	12.00 น.	13.00 น.	14.00 น.	15.00 น.	16.00 น.
อุณหภูมิชั้นเก็บสะสมความร้อน T_w (°ซ)	59.80	59.92	60.05	60.18	60.33	60.48	60.64	60.80
อุณหภูมิที่ผิวน้ำคอนบน T_s (°ซ)	30.90	31.60	32.60	33.20	33.80	34.60	35.00	35.90
อุณหภูมิผิวใยแก้วด้านนอกบรรยากาศ T_{SG} (°ซ)	33.70	33.60	32.40	32.20	30.60	29.60	29.50	29.60
อุณหภูมิที่บรรยากาศ T_a (°ซ)	27.00	27.30	27.40	27.60	28.20	28.50	28.50	28.40
อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสม Q_I (วัตต์/ม^2)	68.68	74.62	74.62	86.10	86.10	91.64	91.64	
อัตราพลังงานความร้อนที่สูญเสียบนธระ Q_{LC} (วัตต์/ม^2)	46.66	54.18	59.73	64.17	67.21	70.18	80.42	
อัตราพลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังธระ $Q_{L,wall}$ (วัตต์/ม^2)	13.52	13.24	12.98	12.73	11.90	11.70	11.78	
อัตราพลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านใต้ธระ Q_{LB} (วัตต์/ม^2)	7.66	7.39	7.13	6.78	6.16	5.95	6.00	
ประสิทธิภาพของธระแสงอาทิตย์ช่วงเวลาที่สนใจ %	14	15.2	15.2	17.5	17.5	18.7	18.7	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง การคำนวณหาอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน (ดังค่าจากตารางที่ 4.12) พิจารณาการคำนวณหาอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระในวันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2528 เวลา 10.00 - 11.00 น. สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)\, dT$$

เมื่อ M_w = 425.3 กก.

$C_{p,w}$ = 3.444 กิโลจูล/กก.-°ซ.

dT = (57.60 - 57.50) = 0.1 °ซ.

$$\therefore Q_I = \frac{425.3 \times 3.444 \times 10^3 \times 0.1}{1 \times 3600} \text{ วัตต์}$$

เมื่อคิดอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระต่อพื้นที่ 1 ม.^{2} (พื้นที่หน้าตัดของสระ = $\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}(0.95)^2$ ม.^{2})

$$\therefore Q_I = \frac{425.3 \times 3.444 \times 10^3 \times 0.1 \times 4}{1 \times 3600 \times \pi (0.95)^2}$$

∴ อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระ = 57.40 วัตต์/ม.^{2}

ตัวอย่าง การคำนวณหาอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระแสงอาทิตย์ชั้นเก็บสะสมความร้อน (ดังค่าจากตารางที่ 4.13) พิจารณาการคำนวณหาอัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อนจากการทดลองด้วยแสงอาทิตย์เทียมในช่วง 8 วัน ถึง 10 วัน สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)\, dT$$

เมื่อ M_w = 425.3 กก.

$C_{p,w}$ = 3.444 กิโลจูล/กก.-°ซ.

dT = (29.17 - 28.85) = 0.32 °ซ.

$$Q_I = \frac{425.3 \times 3.444 \times 10^3 \times 0.32 \times 4}{12 \times 3600 \times \pi (0.95)^2}$$

∴ อัตราพลังงานที่เกิดขึ้นในสระ = 11.48 วัตต์/ม.^{2}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง การคำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นและพลังงานความร้อนที่สูญเสีย (ดังตารางที่ 4.14 และตาราง ๆ ในภาคผนวก จ.) พิจารณาการคำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสมความร้อน, พลังงานความร้อนสูญเสียด้านบนของสระ, พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระที่ชั้นเก็บสะสมความร้อน, พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านใต้สระ และการคำนวณหาประสิทธิภาพของสระจากผลการทดลอง ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528 เวลา 12.00-13.00 น.

การคำนวณหาอัตราพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นเก็บสะสม คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)\,dT$$

M_w = 425.3 กก.

$C_{p,w}(x)$ = 3.444 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (60.33-60.18) = 0.15 °ซ

$$Q_I = \frac{425.3 \times 3.444 \times 10^3 \times 0.15 \times 4}{1 \times 3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในสระ = 86.10 วัตต์/ม.^{2} = 60.96 วัตต์

การคำนวณหาพลังงานความร้อนสูญเสียด้านบนสระ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_{Lc} = h(T_{ws} - T_{\bar{a}}) + \varepsilon_s \sigma (T_{ws}^4 - T_{\bar{a}}^4)$$

$h = 5.7 + 3.8V$

V = 0.1 ม./วินาที

h = 6.08 วัตต์/ม.^{2} °ซ

$T_{\bar{a}}$ = 27.9 °ซ

T_{ws} = 33.5 °ซ

$T_{\bar{a}}$ = (27.9 + 273) °เคลวิน

T_{ws} = (33.5 + 273) °เคลวิน

ε_s = 0.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

σ = 5.674×10^{-8} วัตต์/ม.^{2} (เคลวิน)^4

$$Q_{Lc} = 6.08 \times (33.5 - 27.9) + \left[0.83 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(33.5 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

Q_{Lc} = 64.17 วัตต์/ม.^{2} = 45.43 วัตต์

การคำนวณหาพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_{\bar{a}})}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon_s \cdot \sigma (T_{SG}^4 - T_{\bar{a}}^4)$$

เมื่อ L = 0.60 เมตร

T_w = 60.26 °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

$T_{\bar{a}}$ = 27.9 °ซ

T_{SG} = 31.4 °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

T_{SG} = (31.4+273) (° เคลวิน)

$T_{\bar{a}}$ = (27.9+273) (° เคลวิน)

ε_s = 0.0476

A = 1.79 ม.^{2}

σ = 5.674×10^{-8} วัตต์/ม.^{2} (° เคลวิน)^4

r_1 = 0.475 เมตร

r_2 = 0.495 เมตร

r_3 = 0.520 เมตร

K_c = 0.476 วัตต์/ม.°ซ

K_f = 0.00924 วัตต์/ม.°ซ

h_1 = 15.64 วัตต์/ม.^{2}°ซ

h_3 = 7.23 วัตต์/ม.^{2}°ซ

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi \times 0.60 \times (60.26 - 27.9)}{\left(0.19 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0493}{0.00924} + 0.33\right) \times 1.79} + \left[0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(31.4 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

$Q_{L,wall}$ = 12.75 วัตต์/ม.^{2} = 22.82 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านใต้สระ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_{LB} = \frac{(T_w - T_a)}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_c}{K_c} + \frac{x_f}{K_f} + \frac{1}{h_3}} + \varepsilon_s \sigma (T_{SG}^4 - T_a^4)$$

เมื่อ $T_w = 60.26$ °ซ

$T_{SG} = 31.40$ °ซ $= (31.40 + 273)$ °เคลวิน

$T_a = 27.9$ °ซ $= (27.9 + 273)$ °เคลวิน

$K_c = 0.476$ วัตต์/ม. °ซ

$K_f = 0.00924$ วัตต์/ม. °ซ

$x_c = 0.020$ เมตร

$x_f = 0.050$ เมตร

$\varepsilon_s = 0.047$ $A = 0.708$ ม.^{2}

$h_1 = 15.64$ วัตต์/ม.°ซ

$h_3 = 7.23$ วัตต์/ม.°ซ

$\sigma = 5.674 \times 10^{-8}$ วัตต์/ม.^{2} (°เคลวิน)^4

$$Q_{LB} = \frac{60.26 - 27.9}{\frac{1}{15.64} + \frac{0.020}{0.476} + \frac{0.050}{0.00924} + \frac{1}{7.23}} + 0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(31.40 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}$$

$Q_{LB} = 6.775$ วัตต์/ม.^{2} $= 4.8$ วัตต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non-convecting zone)

ที่ชั้นน้ำเกลือ 4% (NaCl)

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)dT$$

M_w = 70.88 กก.

$C_{p,w}(x)$ = 4.014 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (36.7 − 36.55) = 0.15 °ซ

$$Q_I = \frac{70.88 \times 4.014 \times 0.15 \times 4 \times 10^3}{3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

Q_I = 11.15 วัตต์/ม.^{2} = 7.89 วัตต์

ที่ชั้นน้ำเกลือ 8% (NaCl)

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)dT$$

M_w = 70.88 กก.

$Cp,w(x)$ = 3.821 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (50.40 − 50.20) = 0.2 °ซ

$$Q_I = \frac{70.88 \times 3.821 \times 0.2 \times 4 \times 10^3}{3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

Q_I = 21.23 วัตต์/ม.^{2} = 15.03 วัตต์

ที่ชั้นน้ำเกลือ 12% (NaCl)

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)dT$$

M_w = 70.88 กก.

$C_{p,w}(x)$ = 3.675 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (53.50 − 53.35) = 0.25 °ซ

$$Q_I = \frac{70.88 \times 3.675 \times 0.25 \times 4 \times 10^3}{3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

Q_I = 25.52 วัตต์/ม.^{2} = 18.07 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ระดับน้ำเกลือ 16% (NaCl)

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)\,dT$$

M_w = 70.88 กก.

$C_{p,w}(x)$ = 3.562 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (58.35 - 58.0) = 0.35 °ซ

$$Q_I = \frac{70.88 \times 3.562 \times 0.35 \times 4 \times 10^3}{3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

Q_I = 34.63 วัตต์/ม.^{2} = 24.52 วัตต์

การคำนวณหาพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นน้ำบริสุทธิ์ตอนบนของสระ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_I = M_w C_{p,w}(x)\,dT$$

M_w = 141.76 กก.

$C_{p,w}(x)$ = 4.19 กิโลจูล/กก. °ซ

dT = (33.35 - 32.75) = 0.6 °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

$$Q_I = \frac{141.76 \times 4.19 \times 0.6 \times 4 \times 10^3}{3600 \times \pi \times (0.95)^2}$$

Q_I = 139.66 วัตต์/ม.^{2} = 98.88 วัตต์

การคำนวณหาพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระที่ชั้นไม่มีการพาความร้อน (Non-convecting zone)

ที่ระดับน้ำเกลือ 4%(NaCl)

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_a)}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_3/r_2}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon S\sigma(T_{SG}^4 - T_a^4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ $L = 0.1$ เมตร

$T_w = 36.65$ °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

$T_{SG} = 30.60$ °ซ

$T_a = 27.9$ ซ

$T_{SG} = (30.60 + 273)$ °เคลวิน

$T_a = (27.9 + 273)$ °เคลวิน

$\varepsilon_s = 0.0476$

$A = 0.298$ ม.^{2}

$\sigma = 5.674 \times 10^{-8}$ วัตต์/ม.^{2}(°เคลวิน)^4

$r_1 = 0.475$ เมตร

$r_2 = 0.495$ เมตร

$r_3 = 0.52$ เมตร

$K_c = 0.476$ วัตต์/ม. °ซ

$K_f = 0.00924$ วัตต์/ม. °ซ

$h_1 = 15.64$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$h_3 = 7.23$ วัตต์/ม^2 °ซ

$$Q_{L,wall} = \frac{2\times\pi\times 0.1\times(36.65 - 27.9)}{\left(0.13 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0495}{0.00924} + 0.27\right)\times 0.298} + \left[0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(30.60 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

$Q_{L,wall} = 10.405$ วัตต์/ม.^{2} $= 3.10$ วัตต์

ที่ระดับน้ำเกลือ ε% (NaCl)

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_a)}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_3/r_2}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon_s \sigma (T_{SG}^4 - T_a^4)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ $L = 0.1$ เมตร

$T_w = 50.30$ °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

$T_{SG} = 32.20$ °ซ

$T_a = 27.9$ °ซ

$T_{SG} = (32.20 + 273)$ °เคลวิน

$T_a = (27.9 + 273)$ °เคลวิน

$\varepsilon_s = 0.0476$

$A = 0.298$ ม.^{2}

$\sigma = 5.674 \times 10^{-8}$ วัตต์/ม^2 (°เคลวิน)^4

$r_1 = 0.475$ เมตร

$r_2 = 0.495$ เมตร

$r_3 = 0.52$ เมตร

$K_c = 0.476$ วัตต์/ม. °ซ

$K_f = 0.00924$ วัตต์/ม. °ซ

$h_1 = 15.64$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$h_3 = 7.23$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$$Q_{L,wall} = \frac{2\times\pi\times0.1\times(50.30 - 27.9)}{\left(0.13 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0495}{0.00924} + 0.27\right)\times 0.298}$$

$$+\left[0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times\left\{(32.20 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

$Q_{L,wall}$ = 35.3 วัตต์/ม.^{2} = 10.54 วัตต์

ท่อน้ำเกลือ 12% (NaCl)

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_{\bar{a}})}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_3/r_2}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon_s \sigma (T_{SG}^4 - T_{\bar{a}}^4)$$

เมื่อ L = 0.1 เมตร

T_w = 53.45 °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

T_{SG} = 32.4 °ซ

T_{SG} = (32.4 + 273) °เคลวิน

$T_{\bar{a}}$ = 27.9 °ซ

$T_{\bar{a}}$ = (27.9 + 273) °เคลวิน

ε_s = 0.0476

σ = 5.674 x 10^{-8} วัตต์/ม.^{2} (°เคลวิน)^4

r_1 = 0.0475 เมตร

r_2 = 0.0495 เมตร

r_3 = 0.5200 เมตร

K_c = 0.4760 วัตต์/ม. ซ

K_f = 0.0092 วัตต์/ม. ซ

h_1 = 15.64 วัตต์/ม.^{2} ซ

h_3 = 7.23 วัตต์/ม.^{2} ซ

$$Q_{L,wall} = \frac{2\times\pi\times0.1\ (53.45 - 27.9)}{\left(0.13 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0495}{0.00924} + 0.27\right)\times 0.298}$$

$$+\left\{0.0476\times5.674\times10^{-8}\times\left\{(32.4 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right\}$$

$Q_{L,wall}$ = 29.42 วัตต์/ม.^{2} = 8.77 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ระดับน้ำเกลือ 16% (NaCl)

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_{\bar{a}})}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_3/r_2}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon_s \sigma (T_{SG}^4 - T_{\bar{a}}^4)$$

เมื่อ $L = 0.1$ เมตร

$T_w = 58.25$ °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย)

$T_{SG} = 33.60$ °ซ

$T_{\bar{a}} = 27.9$

$T_{SG} = (33.60 + 273)$ °เคลวิน

$T_{\bar{a}} = (27.9 + 273)$ °เคลวิน

$\varepsilon_s = 0.0476$

$\sigma = 5.674 \times 10^{-8}$ วัตต์/ม.^{2} (°เคลวิน)^4

$r_1 = 0.0475$ เมตร

$r_2 = 0.0495$ เมตร

$r_3 = 0.5200$ เมตร

$K_c = 0.4760$ วัตต์/ม. °ซ

$K_f = 0.0092$ วัตต์/ม. °ซ

$h_1 = 15.64$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$h_3 = 7.23$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$$Q_{L,wall} = \frac{2 \times \pi \times 0.1\ (58.25 - 27.9)}{\left(0.13 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0905}{0.00924} + 0.27\right) \times 0.298}$$

$$+ \left[0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(33.60 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

$Q_{L,wall} = 35.06$ วัตต์/ม.^{2} = 10.46 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังส่วนที่ติดกับน้ำบริสุทธิ์คอนบน คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q_{L,wall} = \frac{2\pi L(T_w - T_{\bar{a}})}{\left(\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{\ln r_2/r_1}{K_c} + \frac{\ln r_3/r_2}{K_f} + \frac{1}{r_3 h_3}\right)A} + \varepsilon_s \sigma (T_{SG}^4 - T_{\bar{a}}^4)$$

เมื่อ $L = 0.20$ เมตร, $r_1 = 0.475$ เมตร

$T_w = 33.2$ °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย), $r_2 = 0.495$ เมตร

$T_{\bar{a}} = 27.9$ °ซ (ใช้ค่าเฉลี่ย), $r_3 = 0.52$ เมตร

$T_{\bar{a}} = (27.9+273)$ เคลวิน, $K_c = 0.476$ วัตต์/ม. °ซ

$T_{SG} = 29.65$ °ซ, $K_f = 0.00924$ วัตต์/ม. °ซ

$T_{SG} = (29.65+273)$ เคลวิน, $h_1 = 15.64$ วัตต์/ม.^{2} °ซ

$\varepsilon_s = 0.0476$, $h_3 = 7.23$ วัตต์/ม^2 °ซ

$A = 0.597$ ม.^{2}

$$Q_{L,wall} = \frac{2\times\pi\times 0.20\times (33.2 - 27.9)}{\left(0.051 + \frac{0.0412}{0.476} + \frac{0.0495}{0.00924} + 0.27\right)\times 0.597} + \left[0.0476 \times 5.674 \times 10^{-8} \times \left\{(29.65 + 273)^4 - (27.9 + 273)^4\right\}\right]$$

$Q_{L,wall} = 1.91$ วัตต์/ม.^{2} $= 1.14$ วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาประสิทธิภาพ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\eta_p = \frac{Q_I}{Q_O} \times 100$$

เมื่อ $Q_I = 60.96$ วัตต์

$Q_O = 348.55$ วัตต์

$$\eta_p = \frac{60.96}{348.55} \times 100$$

$$\eta_p = 17.5 \ \%$$

<u>การสมดุลย์พลังงาน</u>

จากตัวอย่างการคำนวณหาพลังงานที่ได้รับ และพลังงานสูญเสียทั้งหมด ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2528 เวลา 12.00 - 13.00 น. นำมาสมดุลย์พลังงานได้ดังนี้

พลังงานความร้อนที่ได้รับบนสระ = พลังงานความร้อนในชั้นเก็บสะสม + พลังงานความร้อนที่สูญเสียด้านบนสระ + พลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังชั้นเก็บสะสม + พลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านใต้สระ + พลังงานความร้อนที่สะสมในชั้นที่ไม่มีการพาความร้อนทั้งหมด + พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระในชั้นที่ไม่มีการความร้อนทั้งหมด + พลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในชั้นน้ำบริสุทธิ์ตอนบนของสระ + พลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังสระที่ชั้นน้ำบริสุทธิ์ตอนบน + พลังงานผิดพลาดเนื่องจากการวัด

แทนค่าสมการจะได้

348.55 วัตต์ = 60.96 + 45.53 +22.82 + 4.8 + (11.84 + 15.03 + 18.07 + 24.52) + (3.10 + 10.54 + 8.77 + 10.46) + 98.88 + 1.14 + พลังงานผิดพลาดเนื่องจากการวัด

348.55 วัตต์ = 336.39 วัตต์ + พลังงานผิดพลาดเนื่องจากการวัด

พลังงานผิดพลาดเนื่องจากการวัด =348.55- 336.46 = 12.09 วัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย