

## รายการอ้างอิง

1. นิกร มังกรทอง. Application ของพลังงานแสงอาทิตย์. จดหมายข่าวพลังงาน. กองนโยบายวางแผนพลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2 (เมษายน-มิถุนายน 2537): 3-5
2. Duffie, J. A., and Beckman, W. A. *Solar engineering of thermal processes*. 2nd ed. United States of America: John Wiley & Sons, 1991.
3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. *ชมรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ พลังงานแสงอาทิตย์*. (ม.ป.ท.), 2529.
4. ยุทธ อัครมาส. *ฟิสิกส์ของระบบเซลล์สุริยะ*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
5. Sukhatme, S. P. *Solar energy: Principles of thermal collection and storage*. 2nd ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing, 1996.
6. Brodowicz, K., and Dyakowski, T. *Heat pumps*. Great Britain: Butterworth-Heinemann, 1993.
7. Reay, D. A., and Macmichael, D. B. A. *Heat pumps*. 2nd ed. New York: Pergamon., 1988.
8. Granet, I. P. E. *Thermodynamics and heat power*. 2nd ed. United States of America: Reston publishing, 1980.
9. Eastop, T. D., and McConkey, A. *Applied thermodynamics: For engineering technologists: SI units*. 5th ed. Singapore: Longman Singapore, 1995.
10. Morgan, R. G. Solar assisted heat pump. *Solar Energy* 28 No. 2 (1982): 129-135.
11. Chinnappa, J. C. V. ; Crees, M. R. ; Murthy, S. S. ; and Srivasan, K. Solar-assisted vapor compression/absorption cascaded air-conditioning systems. *Solar Energy* 50 No. 5 (1993): 453-458.
12. Comakli, O. ; Kaygusuz, K. ; Ayhan, T. ; and Arslan, F. Experimental investigation and a dynamic simulation of the solar-assisted energy stored heat pump system. *Solar Energy* 51 No. 2 (1993): 147-158.
13. Morrison, G. L. Simulation of packaged solar heat pump water heaters. *Solar Energy* 53 No. 3 (1994): 249-257.
14. Kaygusuz, K. Performance of solar-assisted heat-pump systems. *Applied Energy* 51 (1995): 93-109.

15. Comakli, O. ; Bayramoglu, M. ; and Kaygusuz, K. A thermodynamic model of a solar assisted heat pump system with energy storaged. *Solar Energy* 56 No. 6 (1996): 485-492.
16. Siddiqui, A. M. Heat transfer and fluid flow studies in the collector tubes of a closed-loop natural circulation solar water heater. *Energy Conversion and Management* 38 No. 8 (1997): 799-812.
17. Matrawy, K. K. , and Farkas, I. Comparison study for three types of solar collectors for water heating. *Energy Conversion and Management* 38 No. 9 (1997): 861-869.
18. Moran, M. J. *Availability analysis: A guide to efficient energy use*. United States of America: Prentice-Hall, 1982.
19. Boehm, B. F. *Design analysis of thermal systems*. United States of America: John Wiley & Sons, 1987.
20. Perry, R. H. , and Green, D. W. *Perry's chemical engineer's handbook*. 6th ed. New York: McGraw-Hill Book, 1984.
21. Peters, M. S., and Timmerhaus, K. D. *Plant design and economics for chemical engineers*. 4th ed. Singapore: McGraw-Hill Book, 1991.
22. Economic indicators. *Chemical engineering science*. October (1998): 238.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### สมบัติต่างๆ ของน้ำและของไหลทำงาน R22

#### ก.1 ความจุความร้อนของน้ำ<sup>19</sup>

$$C_{p,L} = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (\text{ก.1})$$

โดย  $C_{p,L}$  คือ ความจุความร้อนของน้ำ, kJ/kg K

$T$  คือ อุณหภูมิของน้ำ, K

$a, b, c, d$  เป็นค่าคงที่ เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสาร

ตารางที่ ก.1 ค่าความจุความร้อนของน้ำ สถานะเป็นของเหลว

a	$b \times 10^3$	$c \times 10^6$	$d \times 10^9$	T Range, K
2.823	11.83	-35.05	36.02	273-623

#### ก.2 ความหนาแน่นของน้ำ<sup>19</sup>

$$\rho_L = AB^{-(1-T_r)^{2/7}} \quad (\text{ก.2})$$

โดย  $\rho_L$  คือ ความหนาแน่นของน้ำ, kg/m<sup>3</sup>

$T_r$  คือ อุณหภูมิรีดิวซ์ของน้ำ,  $T_r = T/T_c$

$A, B$  เป็นค่าคงที่ เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสาร

ตารางที่ ก.2 ความหนาแน่นของน้ำ สถานะเป็นของเหลว

A	B	$T_c$ , K	T Range, K
347	0.274	647.35	0-374.2

### ก.3 สมบัติต่างๆ ของ R22 <sup>20</sup>

ตารางที่ ก.3 สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของ R22

T (K)	P (kPa)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	v <sub>g</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	v <sub>f</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	ΔH <sub>v</sub> (kJ/kg)
300	1095.304	1.257	0.02148	8.426E-4	180.1
310	1416.617	1.305	0.01643	8.734E-4	169.6
320	1801.513	1.372	0.01265	9.096E-4	158.1
330	2260.389	1.460	9.753×10 <sup>-3</sup>	9.535E-4	144.9
340	2802.242	1.573	7.479×10 <sup>-3</sup>	1.010E-3	129.3
350	3440.070	1.718	5.613×10 <sup>-3</sup>	1.086E-3	109.6

นำข้อมูลต่างๆ มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิหรือความดัน ด้วยโปรแกรม MATLAB รุ่น 4.2c.1 ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (\text{ก.3})$$

ค่าตัวแปรต่างๆ ได้จากตารางที่ ก.4

ตารางที่ ก.4 ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในสมการที่ ก.3

Y	X	a	b	c	d
P (kPa)	T (K)	-31243.9081	343.73962	-1.311447	1.74991E-3
C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	T (K)	-13.2952	0.157043	-5.7567E-4	7.1296E-7
v <sub>g</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	P (kPa)	5.13655E-2	-3.91611E-5	1.22946E-8	-1.38933E-12
v <sub>f</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	P (kPa)	7.2536E-4	1.21729E-7	-1.73164E-11	3.60688E-15
ΔH <sub>v</sub> (kJ/kg)	T (K)	4994.2524	-45.70402	0.147746	-1.62963E-4

## ภาคผนวก ข

ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปั๊มความร้อนในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1990<sup>21</sup>

### ข.1 ราคาเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่น<sup>21</sup>

ตารางที่ ข.1 ราคาเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นแบบเซลล์และท่อ  
ท่อที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน

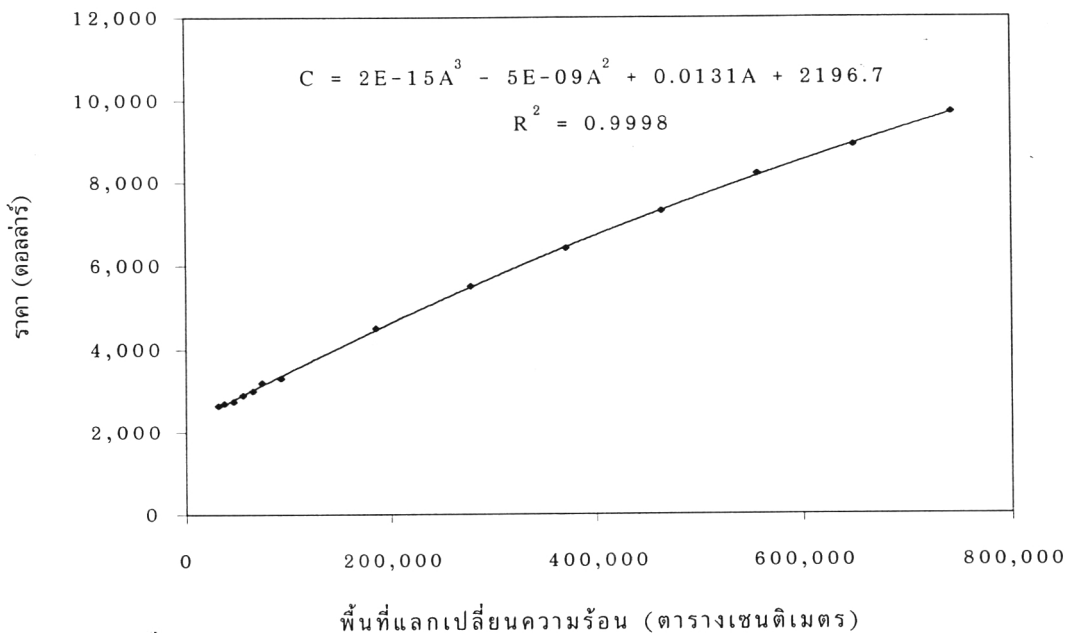
พื้นที่ ตารางฟุต	พื้นที่ ตารางเซนติเมตร	ราคา (ดอลลาร์)
34	31,588	2,650
40	37,162	2,700
50	46,453	2,750
60	55,743	2,900
70	65,034	3,000
80	74,324	3,200
100	92,905	3,300
200	185,811	4,500
300	278,716	5,500
400	371,621	6,400
500	464,526	7,300
600	557,432	8,200
700	650,337	8,900
800	743,242	9,700

นำข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับราคาเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นแบบเซลล์และท่อ ด้วย Microsoft Excel 97 ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

จากรูปที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) กับราคาเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นแบบเซลล์และท่อ (C)

$$C = 2E-15 A^3 - 5E-09 A^2 + 0.0131 A + 2196.7 \tag{ข.1}$$

$$R^2 = 0.9998$$



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) กับราคาเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นแบบเซลล์และท่อ (C)

ข.2 ราคาเครื่องอัด<sup>21</sup>

ตารางที่ ข.2 ราคาเครื่องอัด

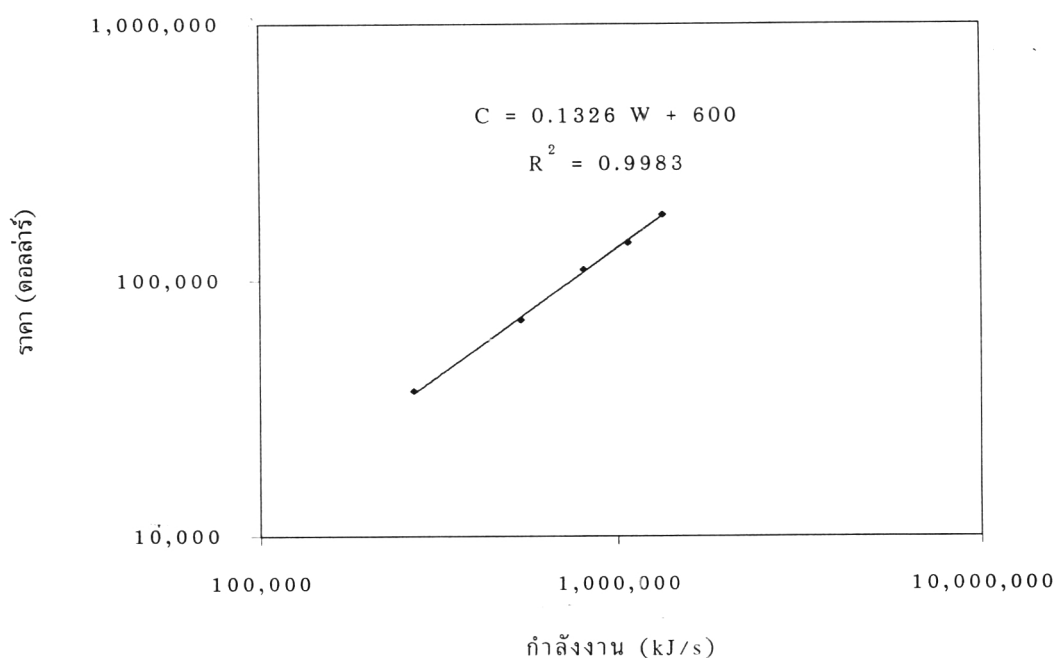
กำลังงาน กำลังม้า (hp)	กำลังงาน กิโลจูล/วินาที	ราคา (ดอลลาร์)
100	268,452	37,000
200	536,904	70,000
300	805,356	110,000
400	1,073,808	140,000
500	1,342,260	180,000

นำข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับราคาเครื่องอัด ด้วย Microsoft Excel 97 ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

จากรูปที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงาน (W) กับราคาเครื่องอัด (C)

$$C = 0.1326 W + 600 \quad (\text{ข.2})$$

$$R^2 = 0.9983$$



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงาน (W) กับราคาเครื่องอัด (C)

### ข.3 ราคาवालวขยายตัว<sup>21</sup>

ตารางที่ ข.3 ราคาवालวขยายตัว (globe valve) วาลวที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน  
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 นิ้ว

อัตราการไหล ปอนด์/ชั่วโมง	อัตราการไหล กิโลกรัม/ชั่วโมง	ราคา (ดอลลาร์)
125	56.82	120
150	68.18	440
300	136.36	500



### ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 การเทียบมาตรฐานอัตราการไหลจริงเทียบกับอัตราการไหลจากมาตรอัตราการไหลแบบลูกลอยและเทียบกับอัตราการไหลจากเครื่องรับรู้อัตราการไหล

อัตราการไหลจริง (ลิตรต่อชั่วโมง)	อัตราการไหลจาก มาตรอัตราการไหลแบบลูกลอย (ลิตรต่อชั่วโมง)	อัตราการไหลจาก เครื่องรับรู้อัตราการไหล (โวลต์)
101.59	102	1.745
100.16	100	1.721
90.89	90	1.546
80.59	80	1.363
70.58	70	1.212
59.84	60	1.025
49.70	50	0.851

นำข้อมูลที่ได้ทำการเทียบมาตรฐานอัตราการไหลจริงเทียบกับอัตราการไหลจากมาตรอัตราการไหลแบบลูกลอยและการเทียบมาตรฐานอัตราการไหลจริงเทียบกับอัตราการไหลจากเครื่องรับรู้อัตราการไหล ด้วย Microsoft Excel 97 ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

จากรูปที่ ค.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลจากมาตรอัตราการไหลแบบลูกลอย (x) กับอัตราการไหลจริง (y)

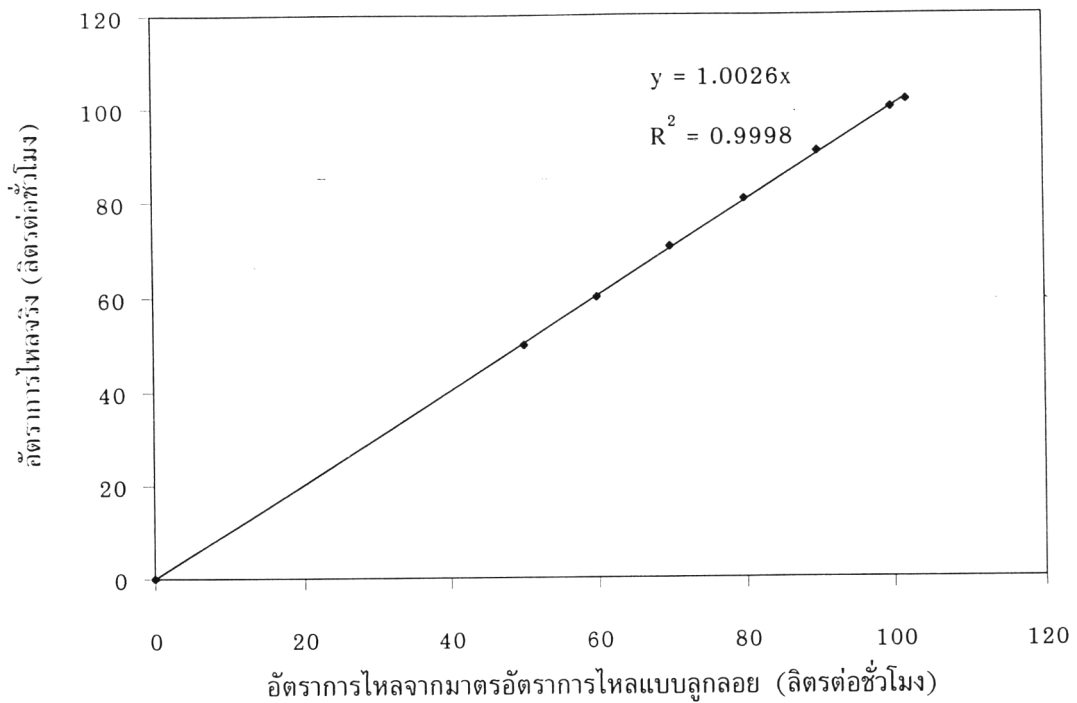
$$y = 1.0026 x \quad (\text{ค.1})$$

$$R^2 = 0.9998$$

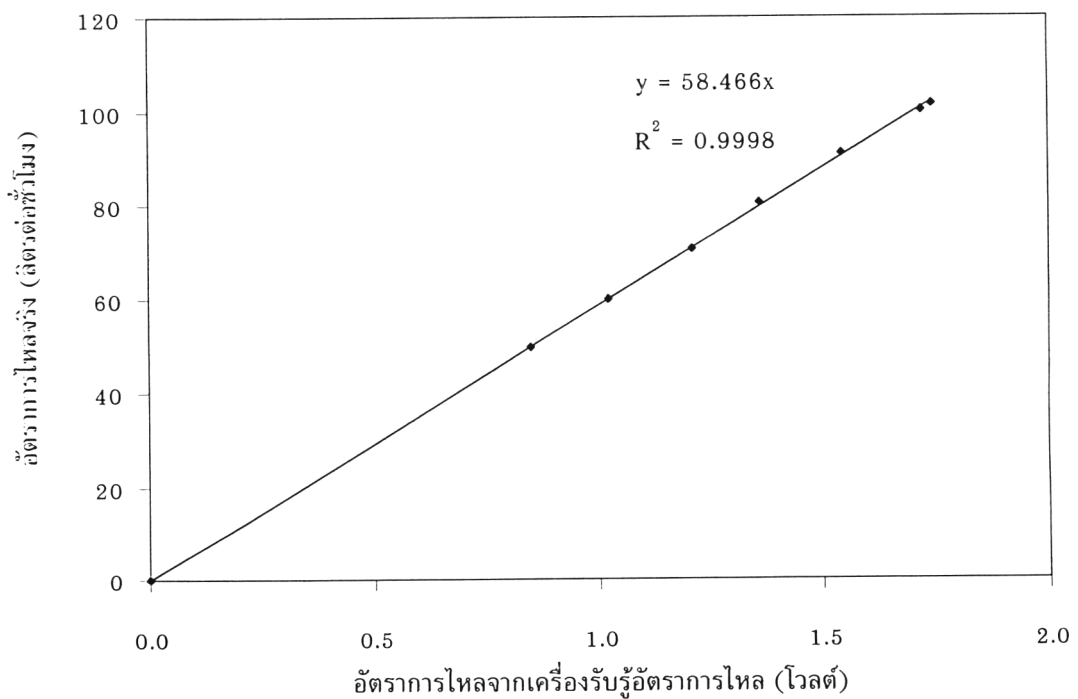
จากรูปที่ ค.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลจากเครื่องรับรู้อัตราการไหล (x) กับอัตราการไหลจริง (y)

$$y = 58.466 x \quad (\text{ค.2})$$

$$R^2 = 0.9998$$



รูปที่ ค.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้พลังงานจากมาตรอัตราการใช้แบบลูกกลอย (x) กับอัตราการใช้พลังงานจริง (y)



รูปที่ ค.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้พลังงานจากเครื่องรับรู้อัตราการใช้พลังงาน (x) กับอัตราการใช้พลังงานจริง (y)

## ภาคผนวก ง

### ผลการทดลองการเก็บข้อมูลพื้นฐานจากแผงรับแสงอาทิตย์ 1 ชุด

ตารางที่ ง.1 วันที่ทำการทดลอง 24 มีนาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก อากาศร้อนอบอ้าว  
 อัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in\ C1}$ (°C)	$T_{out\ C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	33	31	38	39	
9:00	33	31	40	40	
10:00	35	32	39	42	
11:00	37	34.5	46	47	
12:00	37	35	49	47	เมฆบังพระอาทิตย์
13:00	37	38	62	53.5	เมฆบังพระอาทิตย์
14:00	37	38	54	59	เมฆบังพระอาทิตย์
15:00	36	37.5	55	61	
16:00	37	37	52	57	
17:00	36	36.5	42	47	
เฉลี่ย	35.80	35.05	47.70	49.25	

ตารางที่ ง.2 วันที่ทำการทดลอง วันอังคารที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก  
 อัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in\ C1}$ (°C)	$T_{out\ C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	32	31	33	34	
9:00	33	31	41	40	เมฆบังพระอาทิตย์
10:00	34	34	51	49	
11:00	34	36	69	61	
12:00	35	36	65.5	61	
13:00	35	37	66	63	
14:00	35	36.5	57	66	
15:00	36	35	52	60	
16:00	34	35	48	55	
17:00	31	32	41.5	45	เมฆบังพระอาทิตย์
เฉลี่ย	33.90	34.35	52.40	53.40	

ตารางที่ ง.3 วันที่ทำการทดลอง 26 มีนาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก  
 อัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoll}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	28.5	28	33.5	38	เมฆบังพระอาทิตย์
9:00	31	29	38.5	47	
10:00	32.5	31.5	41	46	
11:00	33	32.5	42	46	
12:00	34	34	54	60	
13:00	35	37	58	66	
14:00	37	38	54	62	
15:00	36	37	52	57	
16:00	35	36	47	52	
17:00	33	35	40	43	
เฉลี่ย	33.50	33.67	46.00	51.7	

ตารางที่ ง.4 วันที่ทำการทดลอง 28 มีนาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก  
 อัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoll}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	26	25	33	35.5	มีหมอกมาก
9:00	28.5	28	36	40	
10:00	30	29.5	46	51	
11:00	31	30.5	48	51	
12:00	34	33	52	55	ท้องฟ้าแจ่มใส
13:00	34	34.5	55	57	ท้องฟ้าแจ่มใส
14:00	33	35	49	54	เมฆบังพระอาทิตย์
15:00	34	35	51.5	55	เมฆบังพระอาทิตย์
16:00	32	32.5	37	38.5	เมฆบังพระอาทิตย์ ไม่มีแดด
17:00	33	34	39.5	40.5	
เฉลี่ย	31.55	31.44	44.70	47.75	

ตารางที่ ง.5 วันที่ทำการทดลอง 2 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	33	32	41	50	
9:00	35	34	43	53	
10:00	36.5	37	49	55	
11:00	37	39	49	57	
12:00	37	41	54	59	
13:00	38	43	56	61	
14:00	38	44	56	63	
15:00	38	44	55	62	
16:00	36	43	50	54	
17:00	34	42	45	49	
เฉลี่ย	36.25	39.9	49.80	56.3	

ตารางที่ ง.6 วันที่ทำการทดลอง 6 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	33	32	40	48	
9:00	35	35	44	54	
10:00	37	37	49	57	
11:00	37	39	52	59	
12:00	38	41	55	61	
13:00	38	43	57	64	
14:00	40	45	57	64	
15:00	40	45.5	55	60	
16:00	39	46	53	57	
17:00	38	45	47.5	50	
เฉลี่ย	37.50	40.85	50.95	57.40	

ตารางที่ ง.7 วันที่ทำการทดลอง 7 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{in\ C1}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{out\ C1}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{scoil}$ ( $^{\circ}C$ )	หมายเหตุ
8:00	33	33	44	48	
9:00	35	36	45	54.5	
10:00	36	39	50	61	
11:00	38	41	55	62	
12:00	38.5	44	56	64	
13:00	39	45	57	64	
14:00	40	47	58	64	
15:00	39	47	57	63	
16:00	39	46	53.5	58.5	
17:00	37	44.5	51	48	
เฉลี่ย	37.45	42.00	52.65	58.7	

ตารางที่ ง.8 วันที่ทำการทดลอง 8 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{in\ C1}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{out\ C1}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{scoil}$ ( $^{\circ}C$ )	หมายเหตุ
8:00	33	33	39	44	เมฆบังพระอาทิตย์
9:00	34	35	43	51	
10:00	35	37	44.5	52	
11:00	35	39	45	52	
12:00	37	41	55	67	
13:00	38	43	57	66	
14:00	39	45	58	66	
15:00	39	46	57	65	
16:00	37	45	54	60	
17:00	36	44	49	52.5	
เฉลี่ย	36.30	40.80	50.15	57.55	

ตารางที่ ง.9 วันที่ทำการทดลอง 9 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoll}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	35	33	38	52	
9:00	35	35	44	54	
10:00	35	38	47	56	
11:00	37	41	54	66	
12:00	37	43	58	67	
13:00	38	45	59	68	
14:00	38	45	60	68	
15:00	36	44	51	55	
16:00	36	43	41	53	
17:00	33	40	41	42	
เฉลี่ย	36.00	40.78	49.30	58.1	

ตารางที่ ง.10 วันที่ทำการทดลอง 12 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoll}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	34	32	37	47	
9:00	34	34	39	50	เมฆบังพระอาทิตย์
10:00	34.5	38.5	43	53	เมฆบังพระอาทิตย์
11:00	36	41	49	59	
12:00	36	43	52	62	
13:00	37	45	55	68	
14:00	39	47	57	69	
15:00	38	47	54	61	
16:00	38	47	52	57	
17:00	37	45	48	51	
เฉลี่ย	36.35	41.95	48.60	57.70	

ตารางที่ ง.11 วันที่ทำการทดลอง 13 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in\ c1}$ (°C)	$T_{out\ c1}$ (°C)	$T_{cool}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	34	32	38	49	
9:00	35	36	41	55	
10:00	36	39	47	61	
11:00	36	42	49	61	
12:00	37	44	53	62	
13:00	37	45	55	64	
14:00	39	47	57	69	
15:00	39	47	55	62	
16:00	38	46.5	52	58	
17:00	37	44.5	48	53	
เฉลี่ย	36.80	42.06	49.50	59.4	

ตารางที่ ง.12 วันที่ทำการทดลอง 14 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก  
 อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in\ c1}$ (°C)	$T_{out\ c1}$ (°C)	$T_{cool}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	34	31.5	38.5	48	
9:00	36	35	42	56	
10:00	38	38	46	63	
11:00	37	40.5	49	66.5	
12:00	36	42	51	64	เมฆบังพระอาทิตย์
13:00	37	43	53	64	
14:00	39	45	53	63	
15:00	39	46	53	62	
16:00	36	44	46	49	ไม่มีแสงแดด ท้องฟ้าปิด
17:00	34	42	43	44	ไม่มีแสงแดด ท้องฟ้าปิด
เฉลี่ย	36.60	40.70	47.45	57.95	



ตารางที่ ง.13 วันที่ทำการทดลอง 15 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้าแจ่มใส  
 อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	32	32	39	44	เมฆบังพระอาทิตย์
9:00	34	36	41	50	
10:00	37	38	46	59	
11:00	35	40	46	57	เมฆบังพระอาทิตย์
12:00	37	41	48	57	
13:00	38	43.5	52	63	
14:00	38	44	53	63	
15:00	39	45	52	61	
16:00	36	43	47	50.5	
17:00	34	41	43.5	45	
เฉลี่ย	36.00	40.28	46.75	54.95	

ตารางที่ ง.14 วันที่ทำการทดลอง 16 พฤษภาคม 2540  
 สภาพอากาศ ท้องฟ้ามีเมฆมาก  
 อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

เวลา	$T_{sur}$ (°C)	$T_{in C1}$ (°C)	$T_{out C1}$ (°C)	$T_{scoil}$ (°C)	หมายเหตุ
8:00	32	32	38	43	มีเมฆมาก
9:00	34	34	39.5	48	มีเมฆมาก
10:00	35.5	37.5	44	55	
11:00	37	40	49	63	
12:00	37	42	50	64	
13:00	38	44	54	67	
14:00	36.5	45	52	57	มีเมฆมาก
15:00	37	44	51	57	
16:00	32.5	42	46	49	ไม่มีแสงแดด ท้องฟ้าปิด
17:00	29	39.5	39	40	ไม่มีแสงแดด ท้องฟ้าปิด
เฉลี่ย	34.85	40.00	46.25	54.30	

ภาคผนวก จ

ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 13 เมษายน 2541

n = 103

TIME (min)	DIFF (W/m <sup>2</sup> )	GLO (15) (W/m <sup>2</sup> )	GLO (HOR) (W/m <sup>2</sup> )	DIRECT (W/m <sup>2</sup> )	AMB (°C)	WINDSPEED (m/s)
8:00	415.40	572.10	593.30	402.30	28.18	2.39
8:15	478.60	723.40	744.30	556.70	28.75	1.95
8:30	544.70	873.10	895.60	665.80	29.21	2.29
8:45	597.50	1014.50	1041.70	762.70	29.59	2.34
9:00	637.80	1134.70	1162.00	814.10	30.28	2.13
9:15	664.80	1310.60	1335.90	996.60	30.89	2.46
9:30	703.20	1506.00	1530.60	1169.60	31.52	2.18
9:45	755.50	1627.70	1649.90	1182.80	31.90	2.70
10:00	854.50	1768.20	1790.70	1170.20	32.37	2.37
10:15	949.20	1658.10	1681.80	839.00	32.59	1.80
10:30	1006.00	1755.70	1776.90	859.10	33.54	1.93
10:45	924.90	1624.80	1658.30	786.30	33.52	2.16
11:00	805.10	2153.00	2174.00	1516.30	33.93	2.59
11:15	817.70	2204.00	2219.00	1517.70	34.78	2.41
11:30	815.10	2247.00	2256.00	1535.20	35.43	1.99
11:45	824.80	2277.00	2284.00	1537.20	35.34	2.31
12:00	839.40	2306.00	2315.00	1536.40	35.72	2.36
12:15	833.70	2360.00	2372.00	1593.20	35.74	2.20
12:30	819.60	2372.00	2383.00	1620.40	36.08	2.67
12:45	811.60	2355.00	2369.00	1618.60	36.55	2.22
13:00	805.20	2325.00	2344.00	1605.60	36.19	2.65
13:15	794.40	2310.00	2335.00	1628.00	36.79	2.79
13:30	781.20	2253.00	2282.00	1608.40	36.68	2.76
13:45	778.70	2182.00	2214.00	1571.50	37.13	2.52
14:00	768.00	2045.40	2083.70	1473.90	36.82	3.00
14:15	757.70	1966.10	2007.00	1447.60	37.36	2.55
14:30	727.00	1782.10	1825.60	1310.50	37.11	2.70
14:45	717.90	1648.50	1693.30	1209.70	37.22	2.53
15:00	682.80	1518.00	1566.70	1147.20	37.50	2.41
15:15	651.70	1441.20	1494.30	1166.50	37.46	2.19
15:30	599.70	1341.40	1399.20	1179.80	37.24	2.71
15:45	548.20	1212.70	1272.50	1146.20	37.05	2.74
16:00	506.30	1152.30	1215.40	1228.80	37.29	2.47
Sum	24217.90	57020.60	57965.70	40403.90	34.48	2.41

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 15 เมษายน 2541

n = 105

TIME (min)	DIFF (W/m <sup>2</sup> )	GLO (15) (W/m <sup>2</sup> )	GLO (HOR) (W/m <sup>2</sup> )	DIRECT (W/m <sup>2</sup> )	AMB (°C)	WINDSPEED (m/s)
8:00	415.40	572.10	593.30	402.30	28.18	2.39
8:15	478.60	723.40	744.30	556.70	28.75	1.95
8:30	544.70	873.10	895.60	665.80	29.21	2.29
8:45	597.50	1014.50	1041.70	762.70	29.59	2.34
9:00	637.80	1134.70	1162.00	814.10	30.28	2.13
9:15	664.80	1310.60	1335.90	996.60	30.89	2.46
9:30	703.20	1506.00	1530.60	1169.60	31.52	2.18
9:45	755.50	1627.70	1649.90	1182.80	31.90	2.70
10:00	854.50	1768.20	1790.70	1170.20	32.37	2.37
10:15	949.20	1658.10	1681.80	839.00	32.59	1.80
10:30	1006.00	1755.70	1776.90	859.10	33.54	1.93
10:45	924.90	1624.80	1658.30	786.30	33.52	2.16
11:00	805.10	2153.00	2174.00	1516.30	33.93	2.59
11:15	817.70	2204.00	2219.00	1517.70	34.78	2.41
11:30	815.10	2247.00	2256.00	1535.20	35.43	1.99
11:45	824.80	2277.00	2284.00	1537.20	35.34	2.31
12:00	839.40	2306.00	2315.00	1536.40	35.72	2.36
12:15	833.70	2360.00	2372.00	1593.20	35.74	2.20
12:30	819.60	2372.00	2383.00	1620.40	36.08	2.67
12:45	811.60	2355.00	2369.00	1618.60	36.55	2.22
13:00	805.20	2325.00	2344.00	1605.60	36.19	2.65
13:15	794.40	2310.00	2335.00	1628.00	36.79	2.79
13:30	781.20	2253.00	2282.00	1608.40	36.68	2.76
13:45	778.70	2182.00	2214.00	1571.50	37.13	2.52
14:00	768.00	2045.40	2083.70	1473.90	36.82	3.00
14:15	757.70	1966.10	2007.00	1447.60	37.36	2.55
14:30	727.00	1782.10	1825.60	1310.50	37.11	2.70
14:45	717.90	1648.50	1693.30	1209.70	37.22	2.53
15:00	682.80	1518.00	1566.70	1147.20	37.50	2.41
15:15	651.70	1441.20	1494.30	1166.50	37.46	2.19
15:30	599.70	1341.40	1399.20	1179.80	37.24	2.71
15:45	548.20	1212.70	1272.50	1146.20	37.05	2.74
16:00	506.30	1152.30	1215.40	1228.80	37.29	2.47
Sum	24217.90	57020.60	57965.70	40403.90	34.48	2.41

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 16 เมษายน 2541

n = 106

TIME (min)	DIFF (W/m <sup>2</sup> )	GLO (15) (W/m <sup>2</sup> )	GLO (HOR) (W/m <sup>2</sup> )	DIRECT (W/m <sup>2</sup> )	AMB (°C)	WINDSPEED (m/s)
8:00	420.30	739.40	775.00	692.70	29.84	2.04
8:15	464.80	876.50	919.00	768.20	30.21	2.31
8:30	496.50	965.30	1009.70	790.10	30.53	2.51
8:45	554.10	1172.30	1210.10	1157.50	31.02	1.80
9:00	583.70	1300.80	1336.60	1202.00	31.34	2.10
9:15	654.60	1460.30	1496.20	1269.60	31.73	2.17
9:30	741.80	1574.50	1609.60	1216.00	32.44	2.29
9:45	782.70	1715.30	1747.40	1279.50	33.04	2.14
10:00	889.20	1740.60	1777.50	1092.30	33.76	1.84
10:15	828.60	1783.20	1816.90	1172.10	34.12	1.73
10:30	802.80	1875.90	1910.20	1273.10	34.40	1.69
10:45	778.80	2125.10	2153.50	1562.80	34.89	1.98
11:00	738.30	2269.00	2300.00	1732.20	35.05	2.53
11:15	715.00	2349.00	2380.00	1813.20	35.83	1.92
11:30	717.50	2384.00	2411.00	1809.50	35.93	2.28
11:45	719.30	2483.00	2506.00	1885.90	36.45	2.47
12:00	726.10	2443.00	2464.00	1808.10	36.54	2.13
12:15	719.70	2517.00	2538.00	1895.40	36.99	1.76
12:30	716.40	2498.00	2518.00	1875.90	37.18	2.77
12:45	679.50	2569.00	2596.00	2008.10	37.56	2.21
13:00	664.90	2511.00	2543.00	1979.50	38.09	1.95
13:15	682.10	2411.00	2440.00	1872.20	38.52	2.25
13:30	715.00	2292.00	2327.00	1739.70	37.98	2.38
13:45	693.80	2272.00	2311.00	1776.30	37.79	2.91
14:00	667.60	2191.00	2235.00	1768.60	38.04	2.62
14:15	634.40	2034.70	2078.80	1670.80	38.41	2.31
14:30	631.80	2077.20	2128.60	1808.10	38.54	2.25
14:45	590.30	1786.70	1835.10	1546.40	38.58	2.28
15:00	601.60	1842.50	1898.90	1717.60	38.66	2.21
15:15	555.80	1664.20	1725.70	1637.50	38.38	2.67
15:30	531.70	1538.30	1606.10	1599.50	38.29	2.61
15:45	500.20	1377.70	1448.30	1516.00	37.95	2.44
16:00	473.00	1218.40	1290.30	1414.50	37.58	2.61
Sum	21671.90	62057.90	63342.50	50350.90	35.63	2.25

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 17 เมษายน 2541

n = 107

TIME (min)	DIFF (W/m <sup>2</sup> )	GLO (15) (W/m <sup>2</sup> )	GLO (HOR) (W/m <sup>2</sup> )	DIRECT (W/m <sup>2</sup> )	AMB (°C)	WINDSPEED (m/s)
8:00	418.40	687.00	722.60	723.30	30.03	2.75
8:15	476.60	827.70	865.70	823.50	30.36	3.21
8:30	527.10	975.20	1014.10	936.70	30.99	2.81
8:45	590.90	1116.80	1156.10	985.10	31.25	2.96
9:00	776.00	1208.10	1241.70	705.80	31.74	2.72
9:15	902.30	1073.80	1103.60	237.03	32.04	2.28
9:30	771.60	835.20	856.90	63.83	31.97	2.58
9:45	866.50	1021.10	1049.30	186.66	32.38	2.27
10:00	922.40	1117.90	1150.90	235.27	32.84	2.10
10:15	1039.20	1447.90	1475.20	468.60	33.45	1.98
10:30	985.10	1207.40	1239.50	240.94	33.16	2.17
10:45	1227.90	1954.20	1986.40	807.40	34.05	2.29
11:00	909.80	1019.90	1043.00	116.27	34.01	2.16
11:15	913.00	1076.60	1101.40	160.80	33.81	1.75
11:30	712.40	768.20	794.30	47.29	33.96	1.35
11:45	471.90	479.30	486.90	5.30	33.67	1.09
12:00	521.40	532.20	538.50	8.99	34.11	0.67
12:15	538.90	548.00	560.00	10.05	34.30	0.69
12:30	858.90	1209.30	1196.20	326.20	34.71	1.69
12:45	793.10	1061.50	1097.90	277.04	35.47	1.62
13:00	550.80	639.90	662.70	68.77	34.69	1.59
13:15	897.20	1254.50	1281.60	363.34	35.35	1.22
13:30	628.30	777.30	767.80	137.76	35.76	1.01
13:45	740.40	892.60	905.60	150.22	34.93	1.50
14:00	780.40	959.60	980.80	169.35	35.54	2.04
14:15	717.70	742.30	773.90	50.46	35.39	1.10
14:30	825.10	958.40	1023.40	209.77	35.19	1.47
14:45	681.40	729.60	726.20	34.16	35.92	0.72
15:00	767.10	803.10	804.10	19.29	35.42	1.35
15:15	763.00	834.70	837.50	79.50	35.50	1.00
15:30	795.80	929.10	926.60	153.37	36.36	0.66
15:45	852.40	1012.20	1039.50	244.14	36.19	0.81
16:00	687.50	800.90	836.80	213.32	35.77	1.43
Sum	24910.50	31501.50	32246.70	9259.51	33.95	1.73

ตารางที่ จ.5 ข้อมูลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ วันที่ 23 เมษายน 2541

n = 113

TIME (min)	DIFF (W/m <sup>2</sup> )	GLO (15) (W/m <sup>2</sup> )	GLO (HOR) (W/m <sup>2</sup> )	DIRECT (W/m <sup>2</sup> )	AMB (°C)	WINDSPEED (m/s)
8:00	403.10	644.70	685.50	653.20	28.77	1.13
8:15	463.80	778.10	821.80	737.80	29.17	1.65
8:30	515.40	911.90	959.40	829.70	29.72	1.91
8:45	570.90	1054.80	1105.80	908.60	30.25	1.87
9:00	607.50	1179.20	1231.00	977.10	30.95	1.88
9:15	660.20	1288.80	1340.20	978.10	31.53	1.80
9:30	703.80	1423.60	1476.00	1058.30	31.91	2.01
9:45	763.30	1571.90	1630.10	1121.10	32.37	2.06
10:00	751.60	1730.10	1790.70	1289.30	32.83	2.73
10:15	777.80	1808.90	1871.60	1298.00	32.93	3.05
10:30	805.20	1912.70	1968.20	1352.60	33.41	2.36
10:45	813.50	2039.60	2092.50	1443.30	33.74	2.46
11:00	825.70	2115.90	2167.00	1473.70	33.94	2.62
11:15	829.00	2196.00	2245.00	1524.70	34.07	2.43
11:30	825.40	2329.00	2377.00	1648.80	34.62	2.39
11:45	849.20	2402.00	2444.00	1670.40	34.89	1.96
12:00	843.90	2435.00	2475.00	1695.00	35.38	2.18
12:15	818.60	2473.00	2508.00	1759.00	35.66	1.87
12:30	837.00	2332.00	2370.00	1582.20	35.76	1.60
12:45	838.10	2429.00	2469.00	1695.30	35.49	1.95
13:00	836.80	2416.00	2458.00	1700.70	36.44	2.02
13:15	830.60	2404.00	2451.00	1719.40	36.10	2.29
13:30	814.70	2342.00	2391.00	1702.00	36.61	2.04
13:45	872.30	2240.00	2290.00	1551.10	36.34	2.26
14:00	972.00	2092.90	2149.00	1301.40	36.70	1.96
14:15	965.40	2059.90	2127.40	1323.00	37.08	2.38
14:30	919.70	1786.80	1864.50	1104.50	36.31	2.93
14:45	845.70	1834.30	1911.90	1317.90	36.59	2.17
15:00	829.50	1605.70	1688.30	1091.90	36.77	2.33
15:15	742.90	1539.00	1625.70	1201.60	37.09	2.26
15:30	646.30	1456.90	1545.70	1316.90	36.59	2.72
15:45	580.50	1292.00	1382.20	1262.80	36.28	2.87
16:00	532.70	1138.90	1226.40	1187.50	36.01	2.72
Sum	24892.10	59264.60	61138.90	43476.90	34.31	2.21

ภาคผนวก ฉ

ผลการทดลองการเก็บข้อมูลพื้นฐานจากแผงรับแสงอาทิตย์ 3 ชุด

ตารางที่ ฉ.1 ข้อมูลวันที่ 13 เมษายน 2541 อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส  
อัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

Date	Time	Tsur	Tinlet C1	Tinlet C2	Tinlet C3	Tout C3	Tscoll
13/4/98	8:01:35	35.17	38.63	42.09	43.92	45.09	53.73
13/4/98	8:16:35	36.47	39.16	42.23	44.06	45.20	55.45
13/4/98	8:31:35	37.45	39.33	42.75	44.26	45.29	55.84
13/4/98	8:46:35	39.74	40.54	43.97	45.09	45.94	56.39
13/4/98	9:01:35	38.73	40.49	44.00	45.97	47.26	57.10
13/4/98	9:16:35	40.62	41.46	45.16	47.47	48.56	58.86
13/4/98	9:31:34	40.05	42.84	46.78	49.63	51.08	60.57
13/4/98	9:46:34	41.88	44.14	47.20	50.08	52.04	62.34
13/4/98	10:01:53	39.38	45.54	48.69	51.01	52.24	63.43
13/4/98	10:16:34	40.30	46.17	50.09	52.15	53.35	63.38
13/4/98	10:31:34	40.33	48.27	51.87	54.08	55.38	64.91
13/4/98	10:46:34	41.30	49.87	53.86	55.58	56.94	66.34
13/4/98	11:01:34	40.40	51.45	55.03	56.92	58.36	67.40
13/4/98	11:16:34	42.16	52.79	55.72	57.30	58.34	68.07
13/4/98	11:31:33	40.62	53.89	55.80	57.92	59.59	68.19
13/4/98	11:46:33	41.25	53.40	57.15	58.96	60.58	68.18
13/4/98	12:01:33	40.94	54.55	58.02	60.07	61.59	68.98
13/4/98	12:16:33	41.65	55.18	58.25	60.24	61.90	68.60
13/4/98	12:31:33	41.18	56.56	59.11	61.12	62.73	69.19
13/4/98	12:46:33	40.82	57.15	59.97	61.60	62.81	68.86
13/4/98	13:01:33	41.37	57.75	60.56	61.72	62.64	68.60
13/4/98	13:16:32	41.71	57.88	60.60	61.72	62.81	67.66
13/4/98	13:31:52	43.41	58.18	60.69	62.41	63.44	71.03
13/4/98	13:46:32	42.42	58.22	61.66	63.05	63.97	72.08
13/4/98	14:01:32	41.44	57.28	60.65	62.21	63.92	70.71
13/4/98	14:16:32	42.21	57.91	60.65	62.00	62.82	70.47
13/4/98	14:31:32	40.68	57.69	60.57	62.11	63.32	69.03
13/4/98	14:46:32	41.29	57.62	60.42	61.92	62.92	67.89
13/4/98	15:01:32	41.64	59.04	61.18	62.30	63.23	68.39
13/4/98	15:16:31	44.27	58.58	60.41	61.34	62.05	67.23
13/4/98	15:31:31	41.98	58.56	60.42	61.63	62.62	66.16
13/4/98	15:46:32	42.02	58.16	59.88	60.99	61.84	64.54
13/4/98	16:01:31	43.07	57.93	59.63	61.17	61.96	63.83
	Avg.	40.85	51.70	54.70	56.42	57.63	65.25

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลวันที่ 15 เมษายน 2541 อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส  
อัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

Date	Time	Tsur	Tinlet C1	Tinlet C2	Tinlet C3	Tout C3	Tscoll
15/4/98	8:00:45	31.19	32.18	33.42	33.96	34.00	39.44
15/4/98	8:15:45	32.75	31.74	34.74	35.59	35.79	41.52
15/4/98	8:30:44	33.17	33.63	35.69	37.22	38.09	44.73
15/4/98	8:45:44	33.35	35.36	38.07	39.28	40.02	47.08
15/4/98	9:00:44	34.42	37.98	39.98	41.17	41.79	47.40
15/4/98	9:15:44	34.99	39.68	42.09	42.90	43.98	52.03
15/4/98	9:30:44	37.13	42.00	44.26	44.20	44.94	50.86
15/4/98	9:45:44	39.47	43.65	46.34	47.37	48.32	56.17
15/4/98	10:00:03	39.64	46.05	49.77	52.12	52.56	61.03
15/4/98	10:15:45	40.18	47.60	50.43	51.45	51.87	58.36
15/4/98	10:30:44	41.13	49.41	52.15	53.62	54.43	62.65
15/4/98	10:45:44	42.68	50.49	53.39	55.44	56.84	63.28
15/4/98	11:00:44	41.84	51.01	54.29	56.83	57.85	64.68
15/4/98	11:15:43	41.78	53.17	55.84	58.43	60.33	66.96
15/4/98	11:30:43	41.86	53.60	56.93	58.88	60.26	65.37
15/4/98	11:45:43	40.51	54.13	57.39	58.49	59.31	64.10
15/4/98	12:00:43	39.73	54.08	57.74	59.69	60.87	65.25
15/4/98	12:15:43	40.12	54.88	58.20	60.40	61.83	65.13
15/4/98	12:30:42	41.00	56.09	58.93	61.22	62.87	66.27
15/4/98	12:45:42	39.61	56.50	59.19	61.69	63.09	65.11
15/4/98	13:00:44	42.49	57.34	60.24	62.09	63.09	66.02
15/4/98	13:15:43	34.37	48.34	51.12	53.14	54.74	57.31
15/4/98	13:30:52	36.14	50.86	54.36	56.66	58.37	62.79
15/4/98	13:45:44	35.55	51.26	54.71	57.12	59.15	62.29
15/4/98	14:00:42	36.06	52.51	55.51	57.60	59.25	61.95
15/4/98	14:15:41	38.15	53.09	56.27	58.68	60.76	63.33
15/4/98	14:30:45	37.35	54.09	57.12	59.92	60.99	63.98
15/4/98	14:45:43	35.84	54.24	56.47	58.37	59.92	62.40
15/4/98	15:00:42	38.13	54.42	56.83	58.67	60.07	62.50
15/4/98	15:15:42	34.90	52.28	54.75	56.73	58.16	59.81
15/4/98	15:30:43	36.75	54.26	56.18	57.81	59.00	61.06
15/4/98	15:45:02	36.07	52.98	55.27	56.73	57.84	60.39
15/4/98	16:00:42	36.35	52.61	54.59	55.96	57.08	59.28
	Avg.	37.72	48.83	51.58	53.31	54.47	59.11



ตารางที่ จ.3 ข้อมูลวันที่ 16 เมษายน 2541 อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส  
อัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

Date	Time	Tsur	Tinlet C1	Tinlet C2	Tinlet C3	Tout C3	Tscoll
16/4/98	8:00:56	32.62	33.25	35.02	36.22	36.39	43.43
16/4/98	8:15:54	32.49	31.75	33.41	34.58	35.06	43.29
16/4/98	8:31:25	29.71	31.57	34.03	35.16	35.43	44.45
16/4/98	8:47:54	30.44	33.23	35.61	36.81	37.27	47.34
16/4/98	9:02:04	29.90	34.85	36.83	38.33	38.82	46.64
16/4/98	9:16:24	32.04	35.54	38.17	39.67	40.21	49.85
16/4/98	9:31:26	33.03	36.98	40.00	41.65	42.71	53.39
16/4/98	9:46:26	31.42	38.55	41.44	43.38	44.91	56.11
16/4/98	10:01:25	34.59	40.41	43.43	45.52	46.57	57.16
16/4/98	10:16:24	34.50	42.00	45.69	47.09	48.09	57.75
16/4/98	10:31:23	33.01	43.05	46.23	48.62	49.68	58.73
16/4/98	10:46:23	32.02	43.57	46.80	48.99	50.85	59.64
16/4/98	11:01:24	31.85	43.32	46.66	49.21	50.68	58.81
16/4/98	11:15:53	32.80	46.38	49.63	51.49	52.81	59.38
16/4/98	11:30:53	33.87	46.75	50.86	53.82	55.63	61.37
16/4/98	11:45:53	34.05	47.54	51.62	54.50	56.11	62.39
16/4/98	12:00:53	28.68	45.78	48.00	49.77	50.97	57.66
16/4/98	12:15:53	32.16	48.54	50.83	52.55	53.74	59.77
16/4/98	12:30:52	31.04	48.83	51.43	53.79	54.94	60.88
16/4/98	12:45:52	27.48	44.56	47.21	48.64	49.72	54.30
16/4/98	13:00:52	18.76	36.73	39.16	40.79	41.99	46.72
16/4/98	13:15:52	27.03	43.98	46.29	47.92	48.92	52.95
16/4/98	13:30:52	25.02	44.81	47.17	48.85	50.04	53.89
16/4/98	13:45:51	23.85	44.50	46.90	48.13	48.97	51.40
16/4/98	14:00:51	25.14	44.72	46.96	48.25	49.23	53.05
16/4/98	14:15:51	25.91	38.93	41.99	44.54	46.88	51.63
16/4/98	14:30:52	26.64	35.40	37.69	39.12	40.13	46.95
16/4/98	14:45:52	28.39	37.03	39.76	41.19	42.26	50.64
16/4/98	15:00:52	27.45	37.21	39.92	41.06	42.12	48.96
16/4/98	15:15:52	29.54	39.28	41.84	42.71	43.33	49.60
16/4/98	15:30:52	27.46	40.18	42.32	43.45	44.28	49.26
16/4/98	15:45:51	28.52	40.59	42.31	43.64	44.03	48.70
16/4/98	16:00:52	30.12	42.49	44.10	44.82	45.17	48.91
	Avg.	29.74	40.67	43.31	44.98	46.00	52.88

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลวันที่ 17 เมษายน 2541 อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส  
อัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

Date	Time	Tsur	Tinlet C1	Tinlet C2	Tinlet C3	Tout C3	Tscoll
17/4/98	8:00:26	28.66	29.34	31.05	31.38	31.65	38.28
17/4/98	8:15:26	29.48	29.84	31.66	32.18	32.58	41.02
17/4/98	8:30:26	29.11	30.19	32.58	33.72	34.13	42.34
17/4/98	8:45:25	27.46	29.96	31.85	32.14	32.27	37.20
17/4/98	9:00:25	28.68	31.68	33.83	34.44	34.73	40.77
17/4/98	9:15:25	27.58	31.74	33.44	33.96	34.21	38.59
17/4/98	9:30:26	27.66	31.33	33.92	35.11	36.06	41.61
17/4/98	9:45:26	28.25	32.73	35.95	37.07	37.95	46.25
17/4/98	10:00:26	26.89	32.60	35.80	37.66	38.90	47.77
17/4/98	10:15:26	28.83	33.84	36.70	37.86	38.59	45.55
17/4/98	10:30:26	29.56	33.89	36.35	37.61	38.15	43.60
17/4/98	10:45:24	25.53	34.29	36.50	36.89	37.05	40.71
17/4/98	11:00:26	25.60	33.79	36.38	37.11	37.62	42.33
17/4/98	11:15:25	27.38	36.16	39.39	40.27	40.92	46.23
17/4/98	11:30:24	27.29	36.40	39.35	41.50	43.25	48.22
17/4/98	11:45:27	22.82	33.93	36.89	38.79	39.45	46.48
17/4/98	12:00:24	29.37	39.13	41.43	42.72	43.40	47.59
17/4/98	12:15:24	26.38	36.23	39.69	41.43	42.53	48.01
17/4/98	12:30:24	23.21	32.87	36.02	38.08	39.56	47.58
17/4/98	12:45:24	28.20	40.04	42.25	43.83	44.93	50.69
17/4/98	13:00:24	24.81	38.18	40.46	42.37	43.85	48.52
17/4/98	13:15:24	28.29	40.32	42.78	43.17	43.42	46.31
17/4/98	13:30:23	27.58	42.05	44.05	45.39	46.38	49.69
17/4/98	13:45:23	29.47	43.15	45.66	47.32	48.60	54.38
17/4/98	14:00:33	30.53	44.00	47.05	49.06	50.58	55.30
17/4/98	14:15:23	29.35	44.92	48.08	49.36	50.27	54.37
17/4/98	14:30:23	27.91	43.76	46.61	48.80	50.01	53.25
17/4/98	14:45:23	29.51	45.33	47.54	49.55	50.04	53.59
17/4/98	15:00:23	30.22	45.97	48.18	49.49	50.06	53.56
17/4/98	15:15:23	31.50	46.55	48.24	49.69	50.26	53.22
17/4/98	15:30:23	29.94	46.51	48.25	49.33	50.11	52.82
17/4/98	15:45:24	28.38	45.27	47.07	47.63	48.08	50.53
17/4/98	16:00:22	31.43	46.18	47.96	48.83	49.31	51.24
	Avg.	28.09	37.64	40.09	41.32	42.09	47.20

ตารางที่ จ.5 ข้อมูลวันที่ 23 เมษายน 2541 อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส  
อัตราการไหล 100 ลิตรต่อชั่วโมง

Date	Time	Tsur	Tinlet C1	Tinlet C2	Tinlet C3	Tout C3	Tscoll
23/4/98	8:00:26	36.79	36.33	38.15	38.97	39.14	43.71
23/4/98	8:15:26	38.17	38.92	40.91	41.79	42.06	45.40
23/4/98	8:30:26	39.29	40.96	43.07	43.92	44.14	48.09
23/4/98	8:45:25	39.71	42.36	44.53	45.84	46.27	50.37
23/4/98	9:00:25	40.24	44.32	46.51	47.55	48.03	52.07
23/4/98	9:15:25	39.82	45.22	47.29	48.38	48.79	53.18
23/4/98	9:30:26	40.49	46.75	49.14	51.07	52.03	56.68
23/4/98	9:45:26	40.26	48.43	50.74	52.43	53.60	58.01
23/4/98	10:00:26	40.53	50.11	52.60	54.36	55.56	59.76
23/4/98	10:15:26	42.76	51.94	54.39	56.36	57.43	61.95
23/4/98	10:30:26	42.14	52.92	55.27	57.17	58.17	63.76
23/4/98	10:45:24	42.54	53.45	56.02	57.83	58.85	64.11
23/4/98	11:00:26	41.45	55.05	58.08	59.97	61.16	65.33
23/4/98	11:15:25	44.09	56.53	59.78	61.45	62.34	66.60
23/4/98	11:30:24	44.69	56.26	59.63	62.24	63.43	67.90
23/4/98	11:45:27	45.30	57.39	60.49	62.65	63.83	69.27
23/4/98	12:00:24	42.14	57.88	61.29	62.83	63.96	68.13
23/4/98	12:15:24	43.88	59.14	62.24	64.35	65.52	69.87
23/4/98	12:30:24	43.58	59.46	62.57	64.48	65.87	70.12
23/4/98	12:45:24	42.47	60.12	62.82	65.01	66.68	70.24
23/4/98	13:00:24	43.03	59.86	62.85	64.71	65.92	69.80
23/4/98	13:15:24	43.93	60.88	63.62	65.34	66.55	69.62
23/4/98	13:30:23	42.61	60.95	63.76	65.65	66.72	70.83
23/4/98	13:45:23	42.20	60.72	63.90	65.92	67.44	70.81
23/4/98	14:00:33	43.30	61.01	63.34	65.31	66.36	69.74
23/4/98	14:15:23	41.17	60.47	63.32	65.30	66.63	69.90
23/4/98	14:30:23	41.94	61.43	63.66	65.02	66.05	69.38
23/4/98	14:45:23	41.83	61.06	63.52	65.20	66.49	69.63
23/4/98	15:00:23	41.76	61.09	63.84	64.89	65.87	68.47
23/4/98	15:15:23	41.41	60.61	63.08	64.24	65.07	67.79
23/4/98	15:30:23	42.77	60.70	62.32	63.44	64.34	67.29
23/4/98	15:45:24	41.21	59.79	61.78	63.01	63.97	67.39
23/4/98	16:00:22	41.92	59.44	61.37	62.39	63.11	66.37
	Avg.	41.80	54.59	57.15	58.76	59.74	63.68

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานของระบบแผงรับแสงอาทิตย์ 1 ชุด

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

วันที่ทำการทดลอง 12-16 พฤษภาคม 2540

อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

ของไหลทำงาน R22 (CHClF<sub>2</sub>)

สัมประสิทธิ์ของการทำงาน

COP = 5.03

Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Temperature (°C)	41.00	47.71	50.00	30.00	30.00	70.00	30.00	70.54	30.24	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1195.12	2150.00	2150.00	1195.12
Molar Flow (kgmole/h)	1.662	1.662	1.662	1.662	0.917	0.917	0.167	0.167	0.167	0.167
Mass Flow (kg/h)	29.94	29.94	29.94	29.94	16.51	16.51	14.41	14.41	14.41	14.41
Liq. Vol. Flow (L/h)	30.00	30.00	30.00	30.00	16.55	16.55	11.74	11.74	11.74	11.74
Heat Flow (kJ/h)	-472,255	-471,388	-471,092	-473,676	-261,284	-258,428	-83,856	-83,585	-86,441	-86,441
Cp/Cv	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120	1.119	1.143	1.122	1.079	1.077
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	57.8	59.4	60.0	55.0	55.0	64.6	167.3	168.5	115.9	116.2
Name	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1							
Heat Flow (kJ/h)	296.22	271.42	867.43							

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

วันที่ทำการทดลอง 12-16 พฤษภาคม 2540

อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

ของไหลทำงาน R11 (CCl<sub>3</sub>F)

สัมประสิทธิ์ของการทำงาน

COP = 4.77

Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Temperature (°C)	41.00	47.71	50.00	30.07	30.00	70.00	30.07	70.04	30.00	30.07
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	125.37	302.00	302.00	125.37
Molar Flow (kgmole/h)	1.662	1.662	1.662	1.662	0.926	0.926	0.105	0.105	0.105	0.105
Mass Flow (kg/h)	29.94	29.94	29.94	29.94	16.68	16.68	14.41	14.41	14.41	14.41
Liq. Vol. Flow (L/h)	30.00	30.00	30.00	30.00	16.71	16.71	9.64	9.64	9.64	9.64
Heat Flow (kJ/h)	-472,255	-471,388	-471,092	-473,667	-263,826	-260,942	-29,845	-29,537	-32,421	-32,421
Cp/Cv	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120	1.119	1.116	1.109	1.077	1.077
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	137.37	137.37	137.37	137.37
MW.	57.8	59.4	60.0	55.0	55.0	64.6	374.1	376.3	293.1	293.2
Name	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1							
Heat Flow (kJ/h)	296.22	308.24	867.43							

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

วันที่ทำการทดลอง 12-16 พฤษภาคม 2540

อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

ของไหลทำงาน R12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ )

สัมประสิทธิ์ของการทำงาน

COP = 4.68

Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Temperature (°C)	41.00	47.71	50.00	30.00	30.00	70.00	30.00	70.07	30.07	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	745.36	1550.00	1550.00	745.36
Molar Flow (kgmole/h)	1.662	1.662	1.662	1.662	0.934	0.934	0.156	0.156	0.156	0.156
Mass Flow (kg/h)	29.94	29.94	29.94	29.94	16.83	16.83	18.91	18.91	18.91	18.91
Liq. Vol. Flow (L/h)	30.00	30.00	30.00	30.00	16.86	16.86	14.09	14.09	14.09	14.09
Heat Flow (kJ/h)	-472,255	-471,388	-471,092	-473,676	-266,233	-263,323	-75,428	-75,103	-78,013	-78,013
Cp/Cv	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120	1.119	1.116	1.100	1.074	1.073
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	120.91	120.91	120.91	120.91
MW.	57.8	59.4	60.0	55.0	55.0	64.6	291.6	293.2	236.9	237.1
Name	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1							
Heat Flow (kJ/h)	296.22	325.52	867.43							

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

วันที่ทำการทดลอง 12-16 พฤษภาคม 2540

อัตราการไหลของน้ำ 30 ลิตร/ชม.

ของไหลทำงาน R134a ( $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ )

สัมประสิทธิ์ของการทำงาน

COP = 4.61

Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Temperature (°C)	41.00	47.71	50.00	30.00	30.00	70.00	30.00	70.10	30.15	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	770.52	1800.00	1800.00	770.52
Molar Flow (kgmole/h)	1.662	1.662	1.662	1.662	0.938	0.938	0.143	0.143	0.143	0.143
Mass Flow (kg/h)	29.94	29.94	29.94	29.94	16.90	16.90	14.62	14.62	14.62	14.62
Liq. Vol. Flow (L/h)	30	30	30	30	16.94	16.94	11.77	11.77	11.77	11.77
Heat Flow (kJ/h)	-472,255	-471,388	-471,092	-473,676	-267,424	-264,501	-128,454	-128,115	-131,038	-131,038
Cp/Cv	1.120	1.120	1.120	1.120	1.120	1.119	1.095	1.076	1.058	1.057
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	102.03	102.03	102.03	102.03
MW.	57.8	59.4	60.0	55.0	55.0	64.6	181.7	183.5	121.9	122.2
Name	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1							
Heat Flow (kJ/h)	296.22	338.53	867.43							

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS เพื่อจัดการนำน้ำร้อนที่ได้มาใช้ประโยชน์

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS โครงสร้างที่ 1

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Temperature (°C)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	70.54	30.24	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1195.12	2150.00	2150.00	1195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.59	4.59	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	82.63	82.63	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.0	100.0	100.0	82.80	82.80	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,921	-1,307,325	-1,293,035	-419,573	-418,215	-432,504	-432,504
Cp/Cv	1.119	1.119	1.120	1.120	1.119	1.143	1.122	1.079	1.077
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.8	62.3	55.0	55.0	64.6	167.3	168.5	115.9	116.2
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	
Temperature (°C)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.0	100.0	100.0	-	-	-	-	-	
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	1,358	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.120	1.119	1.119	-	-	-	-	-	
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	
MW.	60.4	61.1	61.5	-	-	-	-	-	



ตารางที่ ข.2 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS โครงสร้างที่ 2

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4	H <sub>2</sub> O-No.1a
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Temperature (°C)	57.63	60.00	40.00	30.00	70.00	40.00	70.30	40.37	40.00	50.46
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1538.28	2350.00	2350.00	1538.28	101.32
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	3.98	3.98	0.59	0.59	0.59	0.59	5.54
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	71.71	71.71	51.36	51.36	51.36	51.36	99.80
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.0	100.0	100.0	71.85	71.85	41.82	41.82	41.82	41.82	100.0
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,574,615	-1,134,530	-1,122,129	-298,655	-297,974	-307,281	-307,281	-1,570,106
Cp/Cv	1.119	1.119	1.120	1.120	1.119	1.132	1.116	1.074	1.072	1.120
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	61.78	62.34	57.52	55.00	64.65	166.28	167.12	119.70	119.90	60.08
MW.	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	86.5	86.5	86.5	86.5	18.0
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4a	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0
Temperature (°C)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-	40.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-	101.32
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-	3.98
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-	71.71
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.0	100.0	100.0	-	-	-	-	-	-	0.0719
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	4,118	681	1,289	706	549	-	-1,131,436
Cp/Cv	1.120	1.119	1.119	-	-	-	-	-	-	1.120
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-	57.52
MW.	18.0	18.0	18.0	-	-	-	-	-	-	18.0

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS โครงสร้างที่ 3

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4	H <sub>2</sub> O-No.1a	H <sub>2</sub> O-No.1b
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Temperature (°C)	57.63	60.00	39.80	30.00	69.98	44.00	183.00	46.82	44.00	57.63	57.63
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1694.24	10000.00	10000.00	1694.24	101.32	101.32
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	3.88	5.54	3.24	3.24	0.34	0.34	0.34	0.34	3.88	1.66
Mass Flow (kg/h)	99.80	69.86	99.80	58.34	58.34	29.65	29.65	29.65	29.65	69.86	29.94
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	70.00	100.00	58.45	58.45	24.15	24.15	24.15	24.15	70.0	30.0
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,096,192	-1,574,700	-922,922	-912,839	-172,412	-170,733	-177,244	-177,244	-1,096,909	-470,104
Cp/Cv	1.119	1.119	1.120	1.120	1.119	1.127	1.079	1.083	1.070	1.119	1.119
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	61.78	62.34	57.47	55.00	64.64	165.85	168.57	119.43	121.42	61.78	61.78
MW.	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	86.5	86.5	86.5	86.5	18.0	18.0
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	H <sub>2</sub> O-No.1c	H <sub>2</sub> O-No.3a	H <sub>2</sub> O-No.4a
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0
Temperature (°C)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	30.00	44.00	44.19
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	101.32	101.32	101.32
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	1.66	3.88	3.24
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	29.94	69.86	58.34
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.0	100.0	100.0	-	-	-	-	-	0.03	0.07	0.0585
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	717	1,678	1,289	706	549	-473,676	-1,101,024	-919,350
Cp/Cv	1.120	1.119	1.119	-	-	-	-	-	1.120	1.120	1.120
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	55.00	58.51	58.55
MW.	18.0	18.0	18.0	-	-	-	-	-	18.0	18.0	18.0

## ภาคผนวก ฅ

### การเพิ่มเอนโทรปีของปั้มความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับ control volume ที่ภาวะคงตัว<sup>18</sup>

$$0 = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \sum_i \dot{m}_i \psi_i - \sum_e \dot{m}_e \psi_e - \dot{I} \quad (\text{ฅ.1})$$

เมื่อ  $T_0$  คือ อุณหภูมิของบรรยากาศ

$T_j$  คือ อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวควบคุม

$\dot{Q}_j$  คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนข้ามพื้นผิวควบคุม

$\dot{W}_{cv}$  คือ งานที่ได้จากปริมาตรควบคุม

$\dot{m}$  คือ อัตราการไหลของมวล

$\psi$  คือ exergy

$\dot{I}$  คือ Irreversibility

ตัวห้อย  $i$  คือ ขาเข้า

ตัวห้อย  $e$  คือ ขาออก

สำหรับการไหลเข้าและการไหลออกที่มีอย่างละหนึ่งสายเท่านั้น

$$0 = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m}(\psi_i - \psi_e) - \dot{I}$$

$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m}(\psi_i - \psi_e) \quad (\text{ฅ.2})$$

โดยที่ exergy สามารถเขียนในเทอมตัวแปรสถานะทั่วไปได้ดังนี้

$$\psi_i = (h_i - h_0) - T_0(s_i - s_0) + \frac{v_i^2}{2} + gz_i$$

$$\psi_e = (h_e - h_0) - T_0(s_e - s_0) + \frac{v_e^2}{2} + gz_e$$

เมื่อ  $h$  คือ เอนทัลปี

$s$  คือ เอนโทรปี

$v$  คือ ความเร็วของของไหล

$g$  คือ อัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก

$z$  คือ ระยะห่างจากพื้นโลก

พิจารณาระบวนการทั้งหมด พลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าน้อยมาก

$$\begin{aligned} \psi_i - \psi_e &= \left[ (h_i - h_0) - T_0(s_i - s_0) + \frac{v_i^2}{2} + gz_i \right] \\ &\quad - \left[ (h_e - h_0) - T_0(s_e - s_0) + \frac{v_e^2}{2} + gz_e \right] \end{aligned}$$

$$\psi_i - \psi_e = (h_i - h_e) - T_0(s_i - s_e) \quad (\text{ณ.3})$$

แทนสมการ (ณ.3) ลงในสมการ (ณ.2)

$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [(h_i - h_e) - T_0(s_i - s_e)]$$

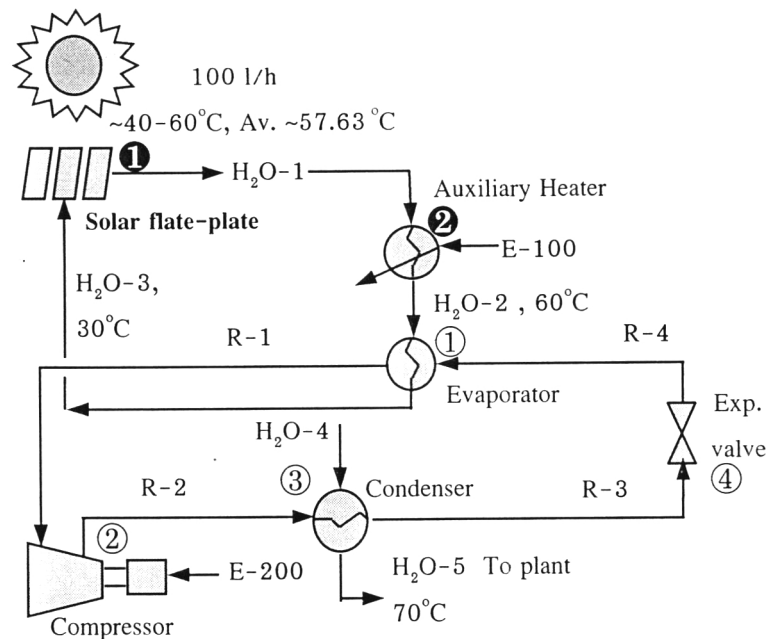
$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0(s_e - s_i) - (h_e - h_i)] \quad (\text{ณ.4})$$

สำหรับ control volume ที่ภาวะคงตัว<sup>18</sup> สมการพลังงาน คือ

$$0 = \sum_i \dot{m}_i \left( h + \frac{v^2}{2} + gz \right)_i - \sum_e \dot{m}_e \left( h + \frac{v^2}{2} + gz \right)_e + \dot{Q} - \dot{W}_{cv}$$

พิจารณาระบบการสำหรับการไหลเข้าและการไหลออกที่มีอย่างละหนึ่งสายเท่านั้น พลังงาน  
จลน์และพลังงานศักย์มีค่าน้อยมาก

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \dot{Q} - \dot{W}_{cv} \quad (\text{ณ.5})$$

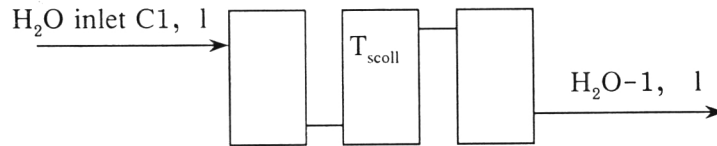


รูปที่ ณ.1 อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปั๊มความร้อนแบบการอัด-ไอ โครงสร้างที่ 1

จากระบบปั๊มความร้อนแบบการอัด-ไอ โครงสร้างที่ 1 นำน้ำร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์อุณหภูมิ 57.63 องศาเซลเซียส ผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อนเสริมจนได้อุณหภูมิน้ำร้อน 60 องศาเซลเซียส น้ำร้อนเข้าเครื่องระเหยทั้งหมดเป็นการให้พลังงานทั้งหมดกับของไหลทำงานในระบบปั๊มความร้อน โดยของไหลทำงานที่ออกจากเครื่องระเหยต้องระเหยกลายเป็นไอทั้งหมดด้วยความร้อนที่น้ำร้อนให้จากอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็น 30 องศาเซลเซียส แล้ววนกลับเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ ณ.1 จะศึกษาการเพิ่มเอนโทรปีของของไหลทำงาน เมื่อผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปั๊มความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ กำหนดให้ของไหลทำงาน R22 ประพฤติตัวเสมือนแก๊สอุดมคติ กระบวนการทั้งหมดไม่มีการสูญเสียความร้อนและความดัน พลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าน้อยมาก โดยทำการพิจารณาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ณ.1 ระบบแผงรับแสงอาทิตย์-วงของน้ำ

❶ แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น



$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Coll} = \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} \left( 1 - \frac{T_0}{T_{scoll}} \right) \dot{m}_w \cdot C_p dT$$

$$+ \dot{m}_w \left[ T_0 \left( \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} \frac{C_p}{T} dT \right) - \left( \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} C_p dT \right) \right]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Coll} = \dot{m}_w \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} \left( 1 - \frac{T_0}{T_{scoll}} \right) (w + xT + yT^2 + zT^3) dT$$

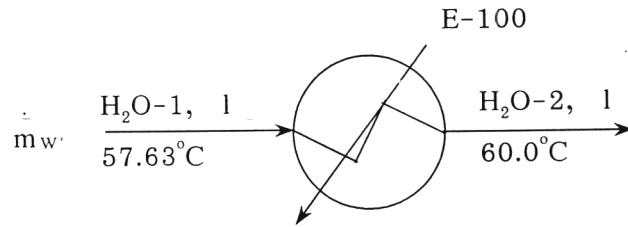
$$+ \dot{m}_w \left[ T_0 \left( \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} \frac{w + xT + yT^2 + zT^3}{T} dT \right) - \left( \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} w + xT + yT^2 + zT^3 dT \right) \right]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Coll} = \dot{m}_w \int_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1} \left[ T_0 \frac{w + xT + yT^2 + zT^3}{T} - \frac{T_0}{T_{scoll}} (w + xT + yT^2 + zT^3) \right] dT$$

$$\dot{I}_{H_2O-Coll} = \dot{m}_w \cdot T_0 \left[ \left( w \cdot \ln T + xT + \frac{y}{2} T^2 + \frac{z}{3} T^3 \right) - \frac{1}{T_{scoll}} \left( wT + \frac{x}{2} T^2 + \frac{y}{3} T^3 + \frac{z}{4} T^4 \right) \right]_{H_2O \text{ inlet C1}}^{H_2O-1}$$

(ณ.6)

๒ อุปกรณ์ทำความร้อนเสริม



$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Heat} = \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} \left( 1 - \frac{T_0}{T_{steam}} \right) \dot{m}_{w'} C_p dT + \dot{m}_{w'} \left[ T_0 \left( \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} \frac{C_p}{T} dT \right) - \left( \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} C_p dT \right) \right]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Heat} = \dot{m}_{w'} \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} \left( 1 - \frac{T_0}{T_{steam}} \right) (w + xT + yT^2 + zT^3) dT$$

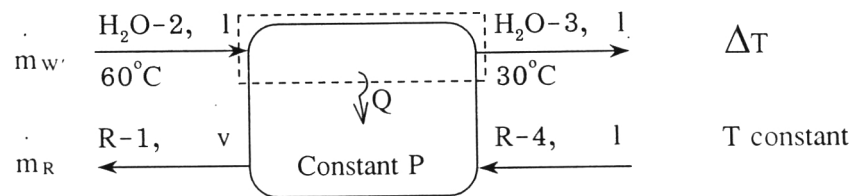
$$+ \dot{m}_{w'} \left[ T_0 \left( \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} \frac{w + xT + yT^2 + zT^3}{T} dT \right) - \left( \int_{H_2O-1}^{H_2O-2} w + xT + yT^2 + zT^3 dT \right) \right]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Heat} = \dot{m}_{w'} \left[ \left( 1 - \frac{T_0}{T_{steam}} \right) \left( wT + \frac{x}{2}T^2 + \frac{y}{3}T^3 + \frac{z}{4}T^4 \right) \right]_{H_2O-1}^{H_2O-2}$$

$$+ \dot{m}_{w'} \left[ T_0 \left( w \cdot \ln T + xT + \frac{y}{2}T^2 + \frac{z}{3}T^3 \right) - \left( wT + \frac{x}{2}T^2 + \frac{y}{3}T^3 + \frac{z}{4}T^4 \right) \right]_{H_2O-1}^{H_2O-2}$$

$$\dot{I}_{H_2O-Heat} = \dot{m}_{w'} T_0 \left[ \left( w \cdot \ln T + xT + \frac{y}{2}T^2 + \frac{z}{3}T^3 \right) - \frac{1}{T_{steam}} \left( wT + \frac{x}{2}T^2 + \frac{y}{3}T^3 + \frac{z}{4}T^4 \right) \right]_{H_2O-1}^{H_2O-2} \quad (7.7)$$

① เครื่องระเหย = เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



จากสมการพลังงาน

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \dot{Q} - \dot{W}_{cv}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_i - h_e) \quad (\text{ณ.8})$$

$$\dot{i} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{i} = \frac{T_0}{T_j} \dot{Q}_j + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i)]$$

$$\dot{i}_{\text{H}_2\text{O-Evap}} = \frac{T_0}{T_{\text{H}_2\text{O}-2}} \left( \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}-3} \int_{\text{H}_2\text{O}-2}^{\text{H}_2\text{O}-3} C_p dT \right) + \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}-3} T_0 \left( \int_{\text{H}_2\text{O}-2}^{\text{H}_2\text{O}-3} \frac{C_p}{T} dT \right)$$

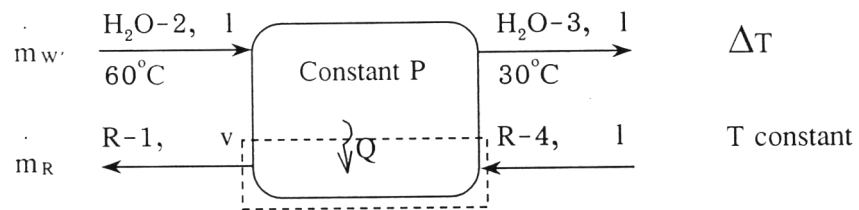
$$\dot{i}_{\text{H}_2\text{O-Evap}} = \frac{T_0}{T_{\text{H}_2\text{O}-2}} \left( \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}-3} \int_{\text{H}_2\text{O}-2}^{\text{H}_2\text{O}-3} w + xT + yT^2 + zT^3 dT \right) + \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}-3} T_0 \left( \int_{\text{H}_2\text{O}-2}^{\text{H}_2\text{O}-3} \frac{w + xT + yT^2 + zT^3}{T} dT \right)$$

$$\dot{i}_{\text{H}_2\text{O-Evap}} = \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}-3} T_0 \left[ \frac{1}{T_{\text{H}_2\text{O}-2}} \left( wT + \frac{x}{2}T^2 + \frac{y}{3}T^3 + \frac{z}{4}T^4 \right) + \left( w \cdot \ln T + xT + \frac{y}{2}T^2 + \frac{z}{3}T^3 \right) \right]_{\text{H}_2\text{O}-2}^{\text{H}_2\text{O}-3} \quad (\text{ณ.9})$$



## 5.5.2 ระบบปั๊มความร้อน-วงของของไหลทำงาน

① เครื่องระเหย = เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



จากสมการพลังงาน

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \dot{Q} - \dot{W}_{cv}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_i - h_e) \quad (\text{ณ.10})$$

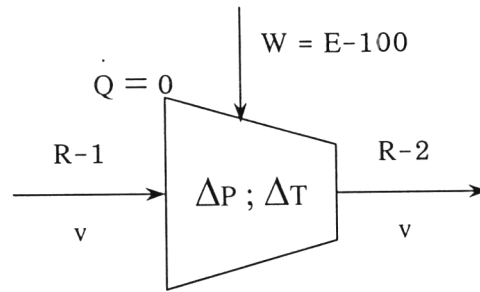
$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{I} = -\frac{T_0}{T_j} \dot{Q}_j + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i)]$$

$$\dot{I}_{R-\text{Evap}} = -\frac{T_0}{T_{R-4}} \left( \dot{m}_R \Delta \hat{H}_{V_R} \right) + \dot{m}_R T_0 \left( \frac{\Delta \hat{H}_{V_R}}{T_{R-4}} \right)$$

$$\dot{I}_{R-\text{Evap}} = 0 \quad (\text{ณ.11})$$

② เครื่องอัด (เครื่องอัดแบบอะเดียแบติก)



จากสมการพลังงาน

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \cancel{\dot{Q}} - \dot{W}_{cv}$$

$$\dot{W}_{cv} = \dot{m} (h_i - h_e) \quad (\text{ณ.12})$$

$$\dot{i} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \cancel{\dot{W}_{cv}} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - \cancel{(h_e - h_i)}]$$

$$\dot{i} = \dot{m} [T_0 (s_e - s_i)]$$

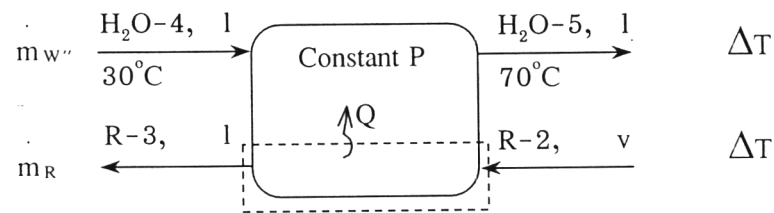
$$\dot{i}_{R-\text{Comp}} = \dot{m}_R T_0 \left( \int_{R-1}^{R-2} \frac{C_p}{T} dT - \int_{R-1}^{R-2} \frac{v}{T} dP \right)$$

$$\dot{i}_{R-\text{Comp}} = \dot{m}_R T_0 \left( \int_{R-1}^{R-2} \frac{a + bT + cT^2 + dT^3}{T} dT - \int_{R-1}^{R-2} \frac{R}{MW_R P} dP \right)$$

$$\dot{i}_{R-\text{Comp}} = \dot{m}_R T_0 \left( \left[ a \cdot \ln T + bT + \frac{c}{2} T^2 + \frac{d}{3} T^3 \right]_{R-1}^{R-2} - \frac{R}{MW_R} \cdot \left[ \ln P \right]_{R-1}^{R-2} \right)$$

$$\dot{i}_{R-\text{Comp}} = \dot{m}_R T_0 \left( \left[ a \cdot \ln T + bT + \frac{c}{2} T^2 + \frac{d}{3} T^3 \right]_{R-1}^{R-2} - \frac{R}{MW_R} \cdot \left( \ln P_{R-2} - \ln P_{R-1} \right) \right) \quad (\text{ณ.13})$$

③ เครื่องควบแน่น = เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



จากสมการพลังงาน

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \dot{Q} - \dot{W}_{cv}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_i - h_e) \quad (\text{ณ.14})$$

$$\dot{i} = \sum_{j=1}^n \left( T_0 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

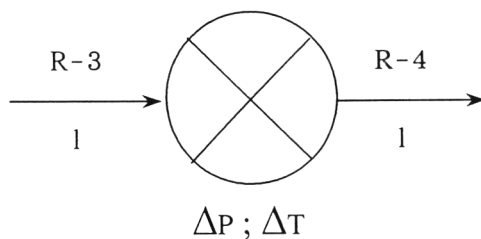
$$\dot{i} = \frac{T_0}{T_j} \dot{Q}_j + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i)]$$

$$\dot{i}_{R-\text{Cond}} = \frac{T_0}{T_{R-2}} \dot{m}_R \left( \Delta \hat{H}_{v_R} + \int_{R-2}^{R-3} C_p dT \right) + \dot{m}_R T_0 \left( \frac{\Delta \hat{H}_{v_R}}{T_{R-2}} + \int_{R-2}^{R-3} \frac{C_p}{T} dT \right)$$

$$\dot{i}_{R-\text{Cond}} = \frac{T_0}{T_{R-2}} \dot{m}_R \left( \Delta \hat{H}_{v_R} + \int_{R-2}^{R-3} a + bT + cT^2 + dT^3 dT \right) + \dot{m}_R T_0 \left( \frac{\Delta \hat{H}_{v_R}}{T_{R-2}} + \int_{R-2}^{R-3} \frac{a + bT + cT^2 + dT^3}{T} dT \right)$$

$$\dot{i}_{R-\text{Cond}} = \dot{m}_R T_0 \left[ 2 \cdot \Delta \hat{H}_{v_R} \frac{1}{T_{R-2}} + \left[ \left( aT + \frac{b}{2}T^2 + \frac{c}{3}T^3 + \frac{d}{4}T^4 \right) + \left( a \cdot \ln T + bT + \frac{c}{2}T^2 + \frac{d}{3}T^3 \right) \right]_{R-2}^{R-3} \right] \quad (\text{ณ.15})$$

## ④ วาล์วขยายตัว



จากสมการพลังงาน

$$0 = \dot{m} (h_i - h_e) + \cancel{\dot{Q}} - \cancel{\dot{W}_{cv}}$$

$$0 = (h_i - h_e) \quad (\text{ณ.16})$$

$$\dot{i} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \cancel{\dot{Q}_j} - \cancel{\dot{W}_{cv}} + \dot{m} [T_0 (s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{i} = \dot{m} [T_0 (s_e - s_i)]$$

$$\dot{i}_{R-Exp} = \dot{m}_R \left[ T_0 \left( \int_{R-3}^{R-4} \frac{C_p}{T} dT - \int_{R-3}^{R-4} \frac{v}{T} dP \right) \right]$$

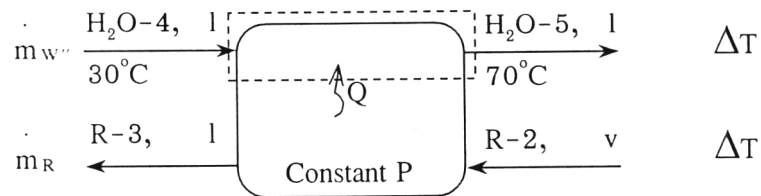
$$\dot{i}_{R-Exp} = \dot{m}_R \left[ T_0 \left( \int_{R-3}^{R-4} \frac{a + bT + cT^2 + dT^3}{T} dT - \int_{R-3}^{R-4} \frac{R}{MW_R P} dP \right) \right]$$

$$\dot{i}_{R-Exp} = \dot{m}_R \left[ T_0 \left( \left[ a \cdot \ln T + bT + \frac{c}{2} T^2 + \frac{d}{3} T^3 \right]_{R-3}^{R-4} - \frac{R}{MW_R} \left[ \ln P \right]_{R-3}^{R-4} \right) \right]$$

$$\dot{i}_{R-Exp} = \dot{m}_R \left[ T_0 \left( \left[ a \cdot \ln T + bT + \frac{c}{2} T^2 + \frac{d}{3} T^3 \right]_{R-3}^{R-4} - \frac{R}{MW_R} \left[ \ln P_{R-4} - \ln P_{R-3} \right] \right) \right] \quad (\text{ณ.17})$$

## 5.5.3 ระบบบีบความร้อน-วงของน้ำร้อนที่ได้

③ เครื่องควบแน่น = เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



จากสมการพลังงาน

$$0 = m(h_i - h_e) + Q - \cancel{W_{cv}}$$

$$Q = m(h_i - h_e) \quad (\text{ณ.18})$$

$$\dot{I} = \sum_{j=1}^n \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \cancel{\dot{W}_{cv}} + m [T_0(s_e - s_i) - (h_e - h_i)]$$

$$\dot{I} = -\frac{T_0}{T_j} \dot{Q}_j + m [T_0(s_e - s_i)]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Cond} = -\frac{T_0}{T_{H_2O-4}} \left( m_{w''} \int_{H_2O-4}^{H_2O-5} C_p dT \right) + m_{w''} \left[ T_0 \left( \int_{H_2O-4}^{H_2O-5} \frac{C_p}{T} dT \right) \right]$$

$$\dot{I}_{H_2O-Cond} = -\frac{T_0}{T_{H_2O-4}} m_{w''} \left( \int_{H_2O-4}^{H_2O-5} w + xT + yT^2 + zT^3 dT \right)$$

$$+ m_{w''} T_0 \left( \int_{H_2O-4}^{H_2O-5} \frac{w + xT + yT^2 + zT^3}{T} dT \right)$$

$$\dot{I}_{H_2O-Cond} = m_{w''} T_0 \left[ \left( w \cdot \ln T + xT + \frac{y}{2} T^2 + \frac{z}{3} T^3 \right) \right]$$

$$- \frac{1}{T_{H_2O-4}} \left( wT + \frac{x}{2} T^2 + \frac{y}{3} T^3 + \frac{z}{4} T^4 \right) \Bigg]_{H_2O-4}^{H_2O-5} \quad (\text{ณ.19})$$

ภาคผนวก ญ

ข้อมูลการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS เพื่อศึกษาทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS      P = Pmin      COP = 6.02

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	70.21	30.24	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	2,140.00	2,140.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.58	4.58	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	82.57	82.57	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	82.73	82.73	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,306,284	-1,292,006	-419,559	-418,212	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.12	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	168.48	115.92	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	1,347	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ๓.๒ ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.1 Pmin

COP = 5.59

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	77.13	30.29	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	2,354.00	2,354.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.65	4.65	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	83.86	83.86	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	84.03	84.03	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,326,689	-1,312,188	-419,559	-417,989	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.12	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	168.65	115.87	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	1,570	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ๓.3 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.2 Pmin

COP = 5.26

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	83.54	30.34	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	2,568.00	2,568.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.72	4.72	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	85.04	85.04	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	85.21	85.21	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,345,358	-1,330,652	-419,559	-417,784	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.12	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	168.80	115.82	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	1,774	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-



ตารางที่ ๗.4 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.3 Pmin

COP = 4.99

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	89.51	30.38	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	2,782.00	2,782.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.78	4.78	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	86.12	86.12	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	86.30	86.30	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,362,561	-1,347,668	-419,559	-417,596	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.11	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	168.93	115.77	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	1,962	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ๕.๕ ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.4 Pmin

COP = 4.77

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	95.11	30.43	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	2,996.00	2,996.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.84	4.84	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	87.13	87.13	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	87.31	87.31	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,378,514	-1,363,446	-419,559	-417,422	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.11	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	169.05	115.71	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	2,137	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ญ.6 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.5 Pmin

COP = 4.58

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	100.37	30.47	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	3,210.00	3,210.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.89	4.89	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	88.07	88.07	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	88.25	88.25	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,393,388	-1,378,157	-419,559	-417,259	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.11	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	169.16	115.66	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	2,299	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ๗.7 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.6 Pmin

COP = 4.43

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	105.34	30.51	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	3,424.00	3,424.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	4.94	4.94	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	88.95	88.95	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	89.13	89.13	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,407,321	-1,391,938	-419,559	-417,107	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.11	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	169.26	115.61	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	2,452	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ๘.8 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 1.8 Pmin

COP = 4.17

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	114.52	30.58	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	3,852.00	3,852.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	5.03	5.03	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	90.56	90.56	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	90.75	90.75	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,432,810	-1,417,148	-419,559	-416,829	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.10	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	169.43	115.51	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	2,730	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ๑๑.9 ข้อมูลที่ได้จากการจำลองของปั๊มความร้อนด้วยโปรแกรม HYSYS

P = 2.0 Pmin

COP = 3.97

Name	H <sub>2</sub> O-No.1	H <sub>2</sub> O-No.2	H <sub>2</sub> O-No.3	H <sub>2</sub> O-No.4	H <sub>2</sub> O-No.5	R-No.1	R-No.2	R-No.3	R-No.4
Vapour Fraction	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0
Temperature (oC)	57.63	60.00	30.00	30.00	70.00	30.00	122.85	30.65	30.00
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	101.32	101.32	1,195.12	4,280.00	4,280.00	1,195.12
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	5.11	5.11	0.83	0.83	0.83	0.83
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	92.01	92.01	72.12	72.12	72.12	72.12
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	92.20	92.20	58.73	58.73	58.73	58.73
Heat Flow (kJ/h)	-1,567,013	-1,565,989	-1,578,920	-1,455,694	-1,439,782	-419,559	-416,578	-432,490	-432,490
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.14	1.10	1.08	1.08
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	18.02	18.02	86.47	86.47	86.47	86.47
MW.	61.78	62.34	55.00	55.00	64.65	167.30	169.58	115.41	116.15
Name	H <sub>2</sub> O-inC1	H <sub>2</sub> O-inC2	H <sub>2</sub> O-inC3	E-No.100	E-No.200	QColl-No.1	QColl-No.2	QColl-No.3	
Vapour Fraction	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Temperature (oC)	51.74	54.72	56.36	-	-	-	-	-	-
Pressure (kPa)	101.32	101.32	101.32	-	-	-	-	-	-
Molar Flow (kgmole/h)	5.54	5.54	5.54	-	-	-	-	-	-
Mass Flow (kg/h)	99.80	99.80	99.80	-	-	-	-	-	-
Liq. Vol. Flow (L/h)	100.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
Heat Flow (kJ/h)	-1,569,557	-1,568,268	-1,567,562	1,024	2,980	1,289	706	549	
Cp/Cv	1.12	1.12	1.12	-	-	-	-	-	-
Molar Entropy (kJ/kgmole.C)	18.02	18.02	18.02	-	-	-	-	-	-
MW.	60.38	61.09	61.48	-	-	-	-	-	-

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวปัญญา พลพิพัฒน์ เกิดวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2517 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539 และสำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2542

