

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 คุณสมบัติของก้อนหิน

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาคำนวณหาคุณสมบัติของก้อนหินได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\text{ความพรุนของเบต} , \epsilon = \frac{m_w}{\rho_w V} \quad (5.1)$$

$$\text{ความหนาแน่นของก้อนหิน} , \rho_r = \frac{m_r}{V(1-\epsilon)} \quad (5.2)$$

$$\text{เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลมของก้อนหิน} , D_e = \left\{ \frac{6m_r}{\pi\rho_r N} \right\}^{1/3} \quad (5.3)$$

$$\text{ความร้อนจำเพาะของก้อนหิน} , C_p = \frac{(m_w c_{pw} + m_r c_{pr}) (T_{wf} - T_{wi})}{m_r (100 - T_{wf})} \quad (5.4)$$

$$\text{เมื่อ } V = \text{ปริมาตรของถัง} = 0.02138 \text{ m}^3$$

$$T_{wf} = \text{อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำในถังแคลอรีมิเตอร์}$$

$$T_{wi} = \text{อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในถังแคลอรีมิเตอร์}$$

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของก้อนหินทั้ง 3 ชนิด ในช่วงแรกเป็นขนาดของหินที่ผ่านรูตะแกรงของเครื่องคัดก้อนหิน โดยที่คุณสมบัติของก้อนหินมีค่าเฉลี่ยดังนี้

$$\text{ค่าความร้อนจำเพาะเฉลี่ย} = 0.873 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{ค่าความหนาแน่นของก้อนหินเฉลี่ย} = 2722 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ค่าความพรุนของเบตเฉลี่ย} = 0.46$$



ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกายภาพของก้อนหิน

ขนาดของหิน	D_e , m.	ρ_r , kg/m ³	ϵ	C_p , kJ/kg K
1" - 1 $\frac{1}{2}$ " (0.0254 m. - 0.0381 m.)	0.0285	2741	0.461	0.865
$\frac{3}{4}$ " - 1" (0.01905 m. - 0.0254 m.)	0.0235	2728	0.468	0.885
$\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ " (0.0127 m. - 0.01905 m.)	0.0167	2698	0.462	0.868
ค่าเฉลี่ย		2722	0.463	0.873

5.2 ชั้นของอุณหภูมิภายในเบต

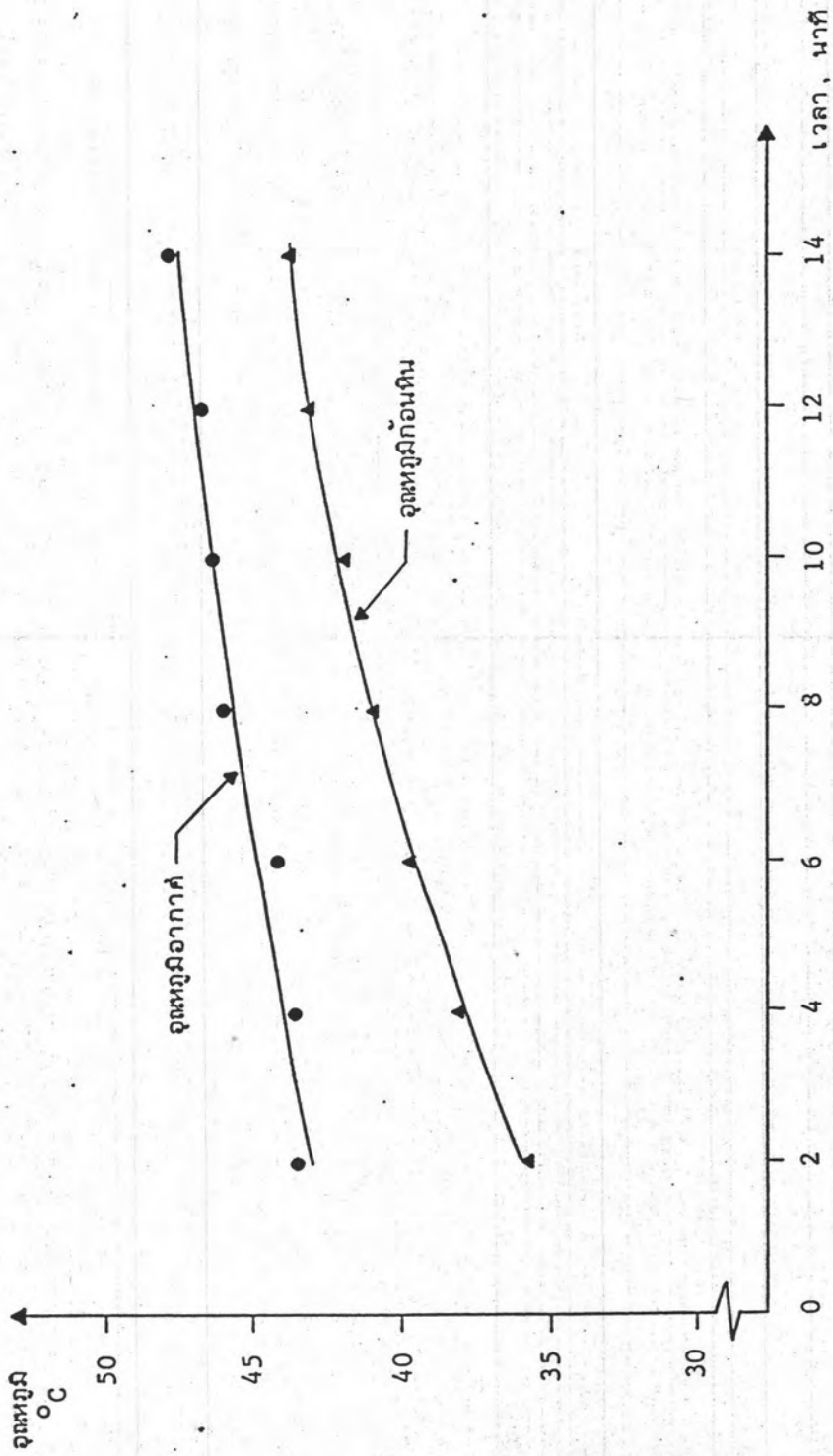
ในการสะสมความร้อนของรอกเบต เมื่อให้อากาศร้อนไหลผ่านถึงสะสมความร้อน พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศให้กับก้อนหิน ทำให้ก้อนหินมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันอากาศก็จะมีอุณหภูมิลดลง ดังในรูปที่ 5.1 พบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของก้อนหินกับอุณหภูมิของอากาศลดลงเมื่อเวลาผ่านไปและก้อนหินจะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอากาศ ถ้าหากการถ่ายเทความร้อนเป็นศูนย์แสดงว่าถึง เก็บสะสมความร้อนได้เก็บพลังงานไว้เต็มที่แล้ว

เมื่ออากาศร้อนไหลผ่านขึ้นดินภายในรอกเบตทำให้มีการถ่ายเทความร้อนหลังจากนั้น อากาศมีอุณหภูมิลดลงทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างก้อนหินกับอากาศในชั้นอื่น ๆ ลดลงด้วย จึงทำให้ก้อนหินที่อยู่ชั้นบนมีอุณหภูมิสูงกว่าก้อนหินที่อยู่ชั้นล่าง รูปที่ 5.2 และภาคผนวก ข. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเบตกับความสูงของเบตเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

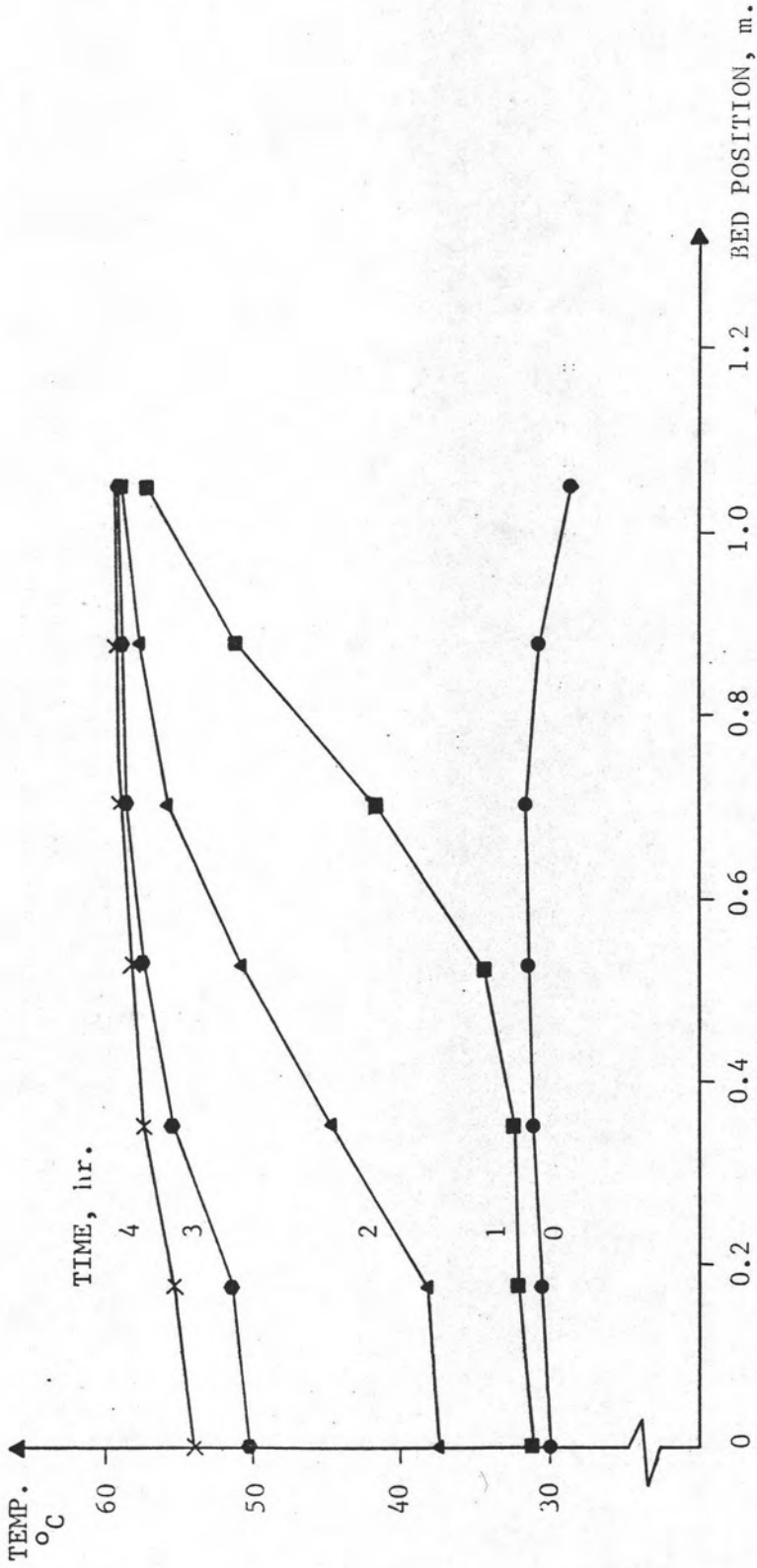
ผลจากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS ได้แสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเบต สำหรับการสะสมความร้อน (CHARGE) และการนำความร้อนออกใช้ (DISCHARGE) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ดังในรูปที่ 5.3 และภาคผนวก ค. พบว่า ในช่วงแรกของการสะสมความร้อน อุณหภูมิของรอกเบตมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิของรอกเบตมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิที่กำหนดไว้ การเพิ่มอุณหภูมิของรอกเบตจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากในช่วงแรกอุณหภูมิของอากาศเข้าสู่เบต และอุณหภูมิของก้อนหินมีค่าต่างกันมากทำให้ อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่ามากและลดลงเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิมีน้อยลง ส่วนในการนำความร้อนออกไปใช้งาน จะให้อากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเข้าสู่ด้านล่างของถังสะสมความร้อน ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนมากในชั้นล่าง ดังนั้นในช่วงแรกอุณหภูมิของชั้นบนจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจนเมื่อเวลาผ่านไป ชั้นล่างมีการถ่ายเทความร้อนน้อยลงก็จะทำให้ชั้นบนเริ่มมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เร็วขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิในช่วงท้ายจะลดลงอย่างรวดเร็ว

5.3 ความดันลด

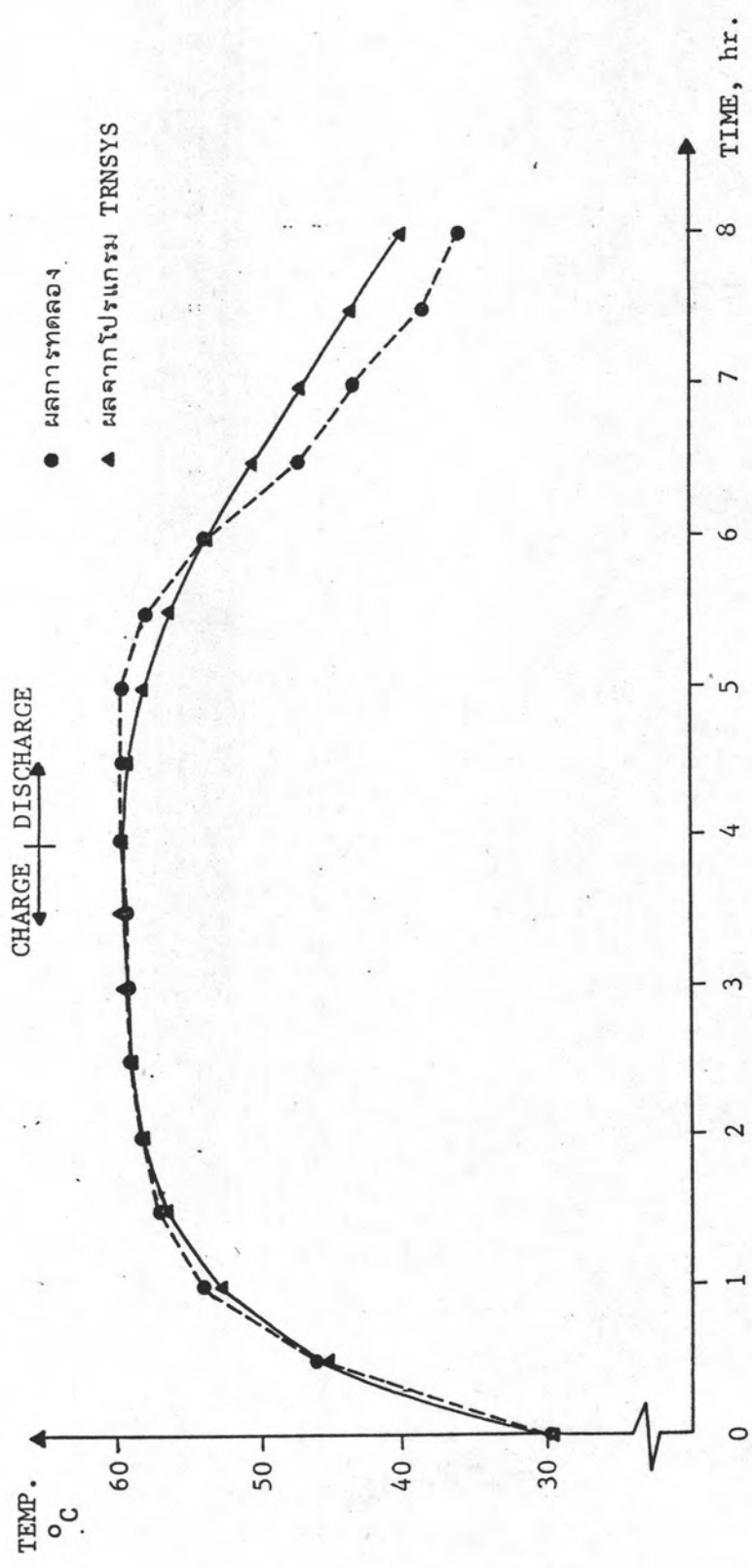
ค่าความดันลดภายในรอกเบตเป็นค่าความต้านทานของก้อนหินที่มีต่อการไหลของอากาศ ดังนั้นในการวัดค่าความดันลดจะวัดคร่อมความสูงของก้อนหินที่อยู่ภายในรอกเบต



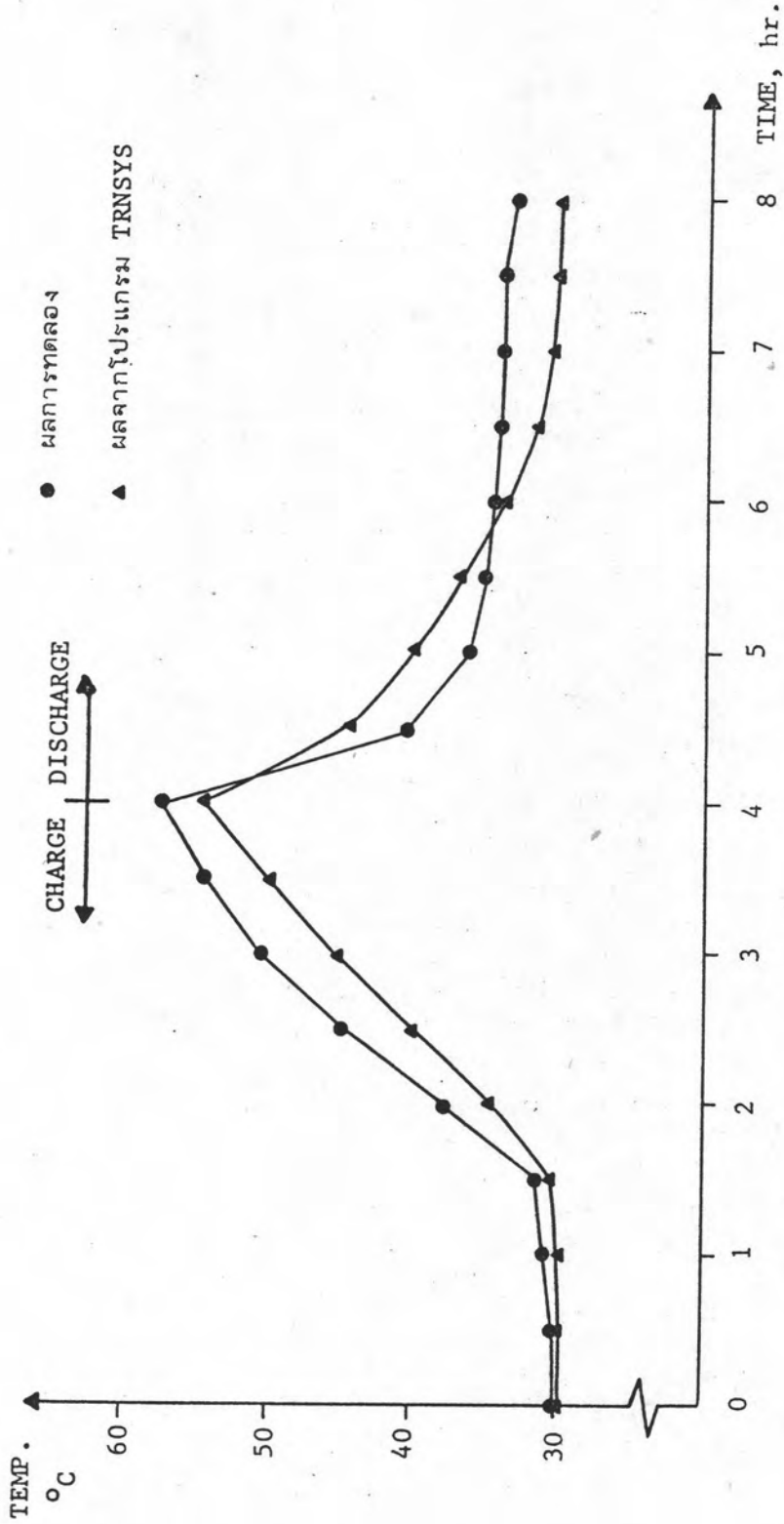
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบจุดหมอกของอากาศและจุดหมอกก่อนดินที่เวลาต่าง ๆ กัน, ในช่วงการสะสมความร้อน สำหรับอัตราการไหล $202.32 \text{ m}^3/\text{hr}$, ขนาดดิน $1'' - 1\frac{1}{2}''$



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเบดกับความสูงของเบดเมื่อเวลาเปลี่ยนไป สำหรับอัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr, ขนาดหิน 1"-1 1/2", เบดสูง 1.05 m., ในช่วงการสะสมความร้อน



รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนหินที่ขึ้นบนของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS สำหรับอัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr. ขนาดหิน 1" - 1 1/2", เบตสูง 105 cm.



รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ชั้นล่างของเบตระหว่างผลการทดลองกับผลคำนวณจากโปรแกรม TRNSYS สำหรับอัตราการไหลของอากาศ 267.2 m³/hr ขนาดดิน 1" - 1 1/2" , เบตสูง 105 cm.

ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองพบว่า ที่ความสูงของเบตขนาดเดียวกันเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจะได้ความดันลดภายในเบตเพิ่มขึ้นและความดันลดมีค่าสูงขึ้น เมื่อก่อนหินมีขนาดเล็กลง ดังในตารางที่ 5.2

การเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทางกายภาพจากผลการทดลองกับข้อมูลของ Chandra และ Willits จะอยู่ในตารางข้างล่างนี้

	D_e (mm.)	Bulk density (kg/m ³)	Porosity
ผลจากการทดลอง	12.7-38.1	1457-1480	0.46
Chandra & Willits	9.9-26.9	1404-1612	0.38-0.46

จากตารางพบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของก้อนหินที่ใช้ในการทดลองกับข้อมูลของ Chandra และ Willits มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันซึ่ง Chandra และ Willits ได้ให้สมการคาดคะเนสำหรับความดันลด ไว้ดังนี้

$$\frac{\Delta P \rho D_e^3}{\mu^2} = \frac{2.6}{\epsilon} \left[185 \left[\frac{\rho \bar{V} D_e}{\mu} \right] + 1.7 \left[\frac{\rho \bar{V} D_e}{\mu} \right]^2 \right]$$

$$0.33 < \epsilon < 0.46, \quad 1 < \frac{\rho \bar{V} D_e}{\mu} < 1000$$

ผลการเปรียบเทียบค่าความดันลดจากสมการคาดคะเนของ Chandra และ Willits กับผลที่ได้จากการทดลอง ดังในตารางที่ 5.2 พบว่า ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าผลจากการคำนวณโดยใช้สมการของ Chandra และ Willits จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ใช้ในสมการของ Chandra และ Willits ซึ่งได้แก่ ρ , \bar{V} , D_e , μ , ϵ นั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลของ Chandra และ Willits กับการทดลองครั้งนี้พบว่าค่าตัวแปรทั้งหมดอยู่ในช่วงเดียวกัน จึงสามารถใช้สมการคาดคะเนของ Chandra และ Willits คำนวณค่าความดันลดได้โดยตรง ดังนั้นการที่ผลของค่าความดันลดจากการทดลองมีค่ามากกว่าผลจากการคำนวณโดยใช้สมการของ Chandra และ Willits เป็นผลเนื่องมาจากในการ

ตารางที่ 5.2 ค่าความดันลดเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลทางทฤษฎี

ขนาดของหิน D_e , m.	อัตราการไหล ของอากาศ, $m^3/hr.$	เบตสูง 0.7 m.		เบตสูง 105 m.	
		ผลการทดลอง N/m^2	ผลทางทฤษฎี* N/m^2	ผลการทดลอง N/m^2	ผลทางทฤษฎี* N/m^2
0.0285	202.32	22.06	7.94	30.40	11.91
	238.95	30.40	10.45	41.19	15.67
	267.21	38.25	12.63	52.96	18.94
0.0235	202.32	30.40	10.34	37.27	15.51
	238.95	39.23	13.54	51.0	20.31
	267.21	46.09	16.28	63.75	24.42
0.0167	202.32	39.23	16.93	60.80	25.39
	238.95	50.02	21.86	72.57	32.79
	267.21	62.77	26.05	80.42	39.07

* สัมการคาดคะเนความดันลดของ Chandra และ Willits

ทดลองได้สร้างตะแกรงคอนกรีตเพื่อรองรับน้ำหนักของก้อนหินโดยมีช่องว่างให้อากาศผ่านได้เพียง 33% ซึ่งถ้าตะแกรงมีช่องว่างให้อากาศผ่านได้มากกว่านี้ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองจะมีค่าลดลง และอีกประการหนึ่งจะเกี่ยวกับรูปร่างของก้อนหิน คือ ค่า Surface Shape Factor ซึ่งค่านี้เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของก้อนหินต่อพื้นที่ผิวเทียบเท่าทรงกลมของก้อนหินโดยกำหนดให้ก้อนกรวดที่มีผิวเรียบ (Smooth gravel) มีค่าของ Surface Shape Factor เท่ากับ 1.5 และก้อนหินที่ผ่านการบดให้เป็นก้อนเล็ก (Crush rock) มีค่า Surface Shape Factor เท่ากับ 2.5 ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ก้อนหินเป็นแบบ Crush rock จึงทำให้ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าผลจากสมการคาดคะเนของ Chandra และ Willits ซึ่งใช้ก้อนหินเป็นแบบ Smooth gravel

5.4 การหาขนาดที่เหมาะสมของรอกเบต

ถึงจะรู้ค่าความร้อนแบบรอกเบต เมื่อมีการนำพลังงานความร้อนที่เก็บสะสมออกใช้งานแทนพลังงานไฟฟ้าสำหรับการอบกล้วย จำเป็นที่ต้องหาขนาดที่เหมาะสมของถึงสะสมความร้อน เพื่อที่จะนำขนาดที่เหมาะสมของถึงสะสมความร้อนไปใช้วิเคราะห์หาผลตอบแทนเมื่อนำถึงสะสมความร้อนแบบรอกเบตมาทดแทนพลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิของอากาศที่นำไปใช้งาน เป็นต้น

ตัวแปรเหล่านี้จะถูกคำนวณโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS ซึ่งได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

ในการสะสมความร้อนอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่เบตมีค่า 60°C และการนำความร้อนออกใช้งานอุณหภูมิเข้าสู่เบตมีค่า 30°C และในการสะสมความร้อนใช้เวลา 8 ชั่วโมง

ถึงสะสมความร้อนสามารถให้พลังงานได้ประมาณ 41 MJ. เพื่อใช้อบกล้วยผลทางการเกษตร เช่น ใช้อบกล้วย ในช่วงอุณหภูมิใช้งาน $45-55^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลานาน 7-8 ชั่วโมง (14)

ขนาดถึงสะสมความร้อนมีอัตราส่วน $\frac{L}{D} = 1$ ซึ่งอัตราส่วนนี้ให้ค่าความดันลดภายในเบตมีค่าน้อย (8)

ในช่วงละล่อมความร้อน อากาศเข้าสู่เบตควรมีความเร็ว 0.1-0.15 m/s เพื่อให้การกระจายตัวของอากาศภายในเบตเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ (6)

อัตราการไหลของอากาศเมื่อนำความร้อนไปใช้งาน $240.0 \text{ m}^3/\text{hr.}$ (14)

5.4.1 โดอะแกรมโปรแกรม TRNSYS พร้อมบัตรควบคุม

การหาขนาดที่เหมาะสมของรอกเบตจะนำค่าตัวแปร เช่น อุณหภูมิอากาศ อัตราการไหลของอากาศ ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ 5.4 ใส่เข้าโปรแกรม TRNSYS ตามโดอะแกรมในหน้าถัดไป โดยมี Error tolerance 0.01, 0.01 และแสดงผลการคำนวณทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้ถูกพิมพ์ผลออกมาทุก $\frac{1}{4}$ ชั่วโมง

ผลที่ได้จากโปรแกรม TRNSYS สำหรับเลือกขนาดที่เหมาะสมของเบต มีดังนี้

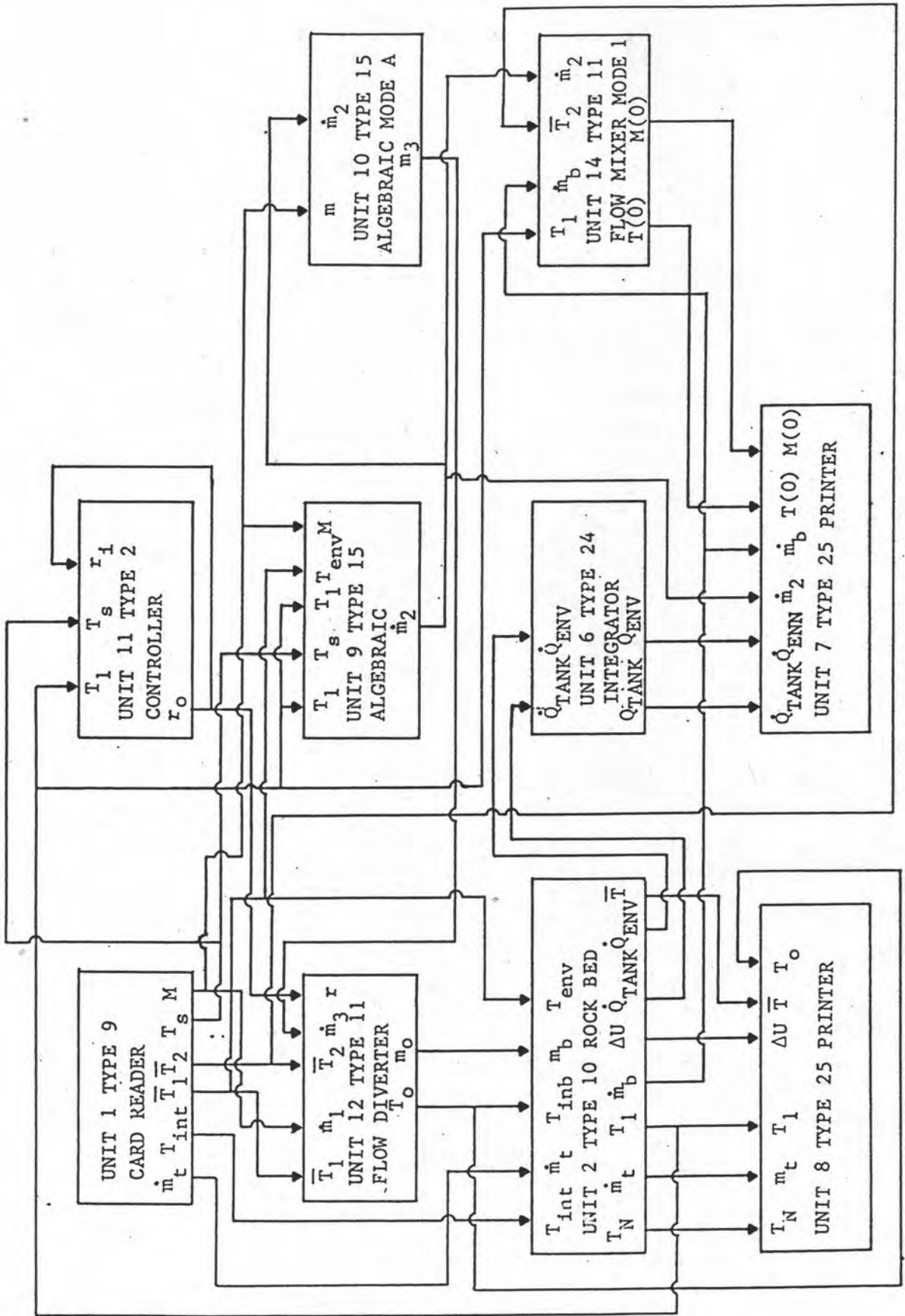
เบตมีความสูง 1.0 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร สามารถให้พลังงานนำออกไปใช้งานได้ 38.46 MJ. เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง 30 นาที ราคาถึงละล่อมความร้อน 1400 บาท

เบตมีความสูง 1.1 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.1 เมตร สามารถให้พลังงานนำออกไปใช้งานได้ 41.24 MJ. เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง ราคาถึงละล่อมความร้อน 4200 บาท

เบตมีความสูง 1.2 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร สามารถให้พลังงานนำออกไปใช้งานได้ 43.12 MJ. เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง ราคาถึงละล่อมความร้อน 1800 บาท

เบตมีความสูง 1.3 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 เมตร สามารถให้พลังงานนำออกไปใช้งานได้ 44.14 MJ. เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง ราคาถึงละล่อมความร้อน 4500 บาท

ผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS ข้างต้น พบว่า ราคาของถึงละล่อมความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร และ 1.2 เมตร มีราคาต่ำกว่าถึงละล่อมความร้อนขนาด 1.1 เมตร และ 1.3 เมตร ทั้งนี้เนื่องจาก ในการสร้างถึงละล่อมความร้อนขนาด 1.1 เมตร และ 1.2 เมตร สามารถหาซื้อ บ่อซีเมนต์ สำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป มาสร้างเป็นถึงละล่อมความร้อน ทำให้ราคาค่าก่อสร้างมีราคาถูกกว่าถึงละล่อมความร้อนที่มีขนาด 1.1 เมตร และ 1.3 เมตร ซึ่งจะ



รูปที่ 5.5 ไลอะแกรมการส่งข้อมูลของโปรแกรม TRNSYS สำหรับใช้หาคำนวณที่เหมาะสมของเบด

TRNSYS = A TRANSIENT SIMULATION PROGRAM
 FROM THE SOLAR ENERGY LAB AT THE UNIVERSITY OF WISCONSIN
 VERSION 6.2 05/21/75

SIMULATION	0.000E+00	1.600E+01	2.500E-01		
TOLERANCE	1.000E-02	1.000E-02			
LIMIT	50	40			
UNIT 1	TYPE 9	CARD	READER		
	PARAMETER	2			
	6.000E+00	2.500E-01			
UNIT 2	TYPE 10	ROCK	BED		
	PARAMETER	8			
	1.008E+00	1.200E+00	1.131E+00	3.770E+00	8.700E-01
	2.715E+03	1.800E+00	9.320E-02		
	INPUT	5			
	1,2	1,1	12,1	12,2	0,0
	6.000E+01	4.311E+02	0.000E+00	0.000E+00	3.000E+01
	DERIVATIVE	3			
	3.000E+01	3.000E+01	3.000E+01		
UNIT 9	TYPE 15	ALGEBRAIC	OPERATION	MODE	B
	PARAMETER	9			
	0.000E+00	0.000E+00	4.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	4.000E+00	2.000E+00	0.000E+00	1.000E+00	
	INPUT	5			
	2,3	1,5	2,3	1,4	1,6
	6.000E+01	5.500E+01	6.000E+01	3.000E+01	2.542E+02

UNIT 11 TYPE 2 CONTROLLER

PARAMETER 3

1.000E+00 5.000E-01 5.000E-01

INPUT 3

2,3 1,5 11,1

6.000E+01 5.500E+01 1.000E+00

UNIT 12 TYPE 11 FLOW MIXER MODE B

PARAMETER 1

3.000E+00

INPUT 5

1,3 1,6 1,3 10,1 11,1

3.000E+01 2.542E+02 3.000E+01 0.000E+00 1.000E+00

UNIT 10 TYPE 15 ALGEBRAIC MODE A

PARAMETER 1

4.000E+00

INPUT 2

1,6 9,1

2.542E+02 4.311E+02

UNIT 14 TYPE 11 FLOW MIXER MODE 1

PARAMETER 1

1.000E+00

INPUT 4

2,3 2,4 1,4 9,1

6.000E+01 0.000E+00 3.000E+01 4.765E+01

UNIT 6 TYPE 24 INTEGRATOR

INPUT 2

2,6 2,7

0.000E+00 0.000E+00

UNIT 7 TYPE 25 PRINTER

PARAMETER 1

2.500E-01

INPUT 6

6,1 6,2 9,1 2,4 14,1 14,2

QTANK QENV M(2) MB T(0) M(0)

UNIT 8 TYPE 25 PRINTER

PARAMETER 1

2.500E-01

INPUT 6

2,1 2,2 2,3 2,5 2,8 12,1

TN MT T(1) DELU TBAR TO

END

ต้องสร้างแบบหล่อเป็นถังสะสมความร้อนขึ้นใหม่ เพราะไม่มีบ่อซีเมนต์สำเร็จรูปจำหน่ายตามท้องตลาด

ดังนั้นผลที่ได้จากโปรแกรม TRNSYS สำหรับขนาดที่เหมาะสมของเบต คือ เบตมีความสูง 1.2 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ให้พลังงานนำไปใช้งานได้ประมาณ 43 MJ. เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง เพราะสามารถให้ค่าพลังงานใกล้เคียงกับขอบเขตที่กำหนดไว้ คือ 41 MJ. และถังสะสมความร้อนมีราคาต่ำกว่าขนาด 1.1 เมตร และ 1.3 เมตร ส่วนเบตขนาด 1.0 เมตร ให้พลังงานความร้อนต่ำกว่าที่กำหนดไว้ และมีราคาใกล้เคียงกับเบตขนาด 1.2 เมตร

5.5 การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาเปรียบเทียบราคาของพลังงานความร้อนที่ได้รับจากถังสะสมความร้อนกับราคาของพลังงานความร้อนที่ได้รับจากกระแสไฟฟ้าของถังสะสมความร้อนแบบรอกเบต คิดจากราคาต้นทุนถังสะสมความร้อนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เมื่อนำถังสะสมความร้อนไปแทนพลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า ถังสะสมความร้อนมีขนาดตามหัวข้อที่ 5.4.1 คือ เบตมีความสูง 1.2 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ให้พลังงานความร้อนไปใช้งานได้ 43 MJ. ดังนั้นจึงต้องหาพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับให้พลังงานความร้อนจำนวนนี้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRNSYS จะถูกนำมาช่วยคำนวณหาขนาดของพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์และผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS จะให้แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดพื้นที่ 9 ตารางเมตร รายละเอียดของโปรแกรม TRNSYS สำหรับคำนวณหาพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์แสดงไว้ในภาคผนวก จ.

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นโดยใช้อากาศเป็นของไหลราคาตารางเมตรละ 2500 บาท

ราคาแผงรับแสงอาทิตย์ = 2500×9

	=	22500	บาท
ราคาถังสะสมความร้อน	=	1800	บาท
ราคาท่ออากาศ	=	2000	บาท
ราคาฉนวน	=	2300	บาท
ราคามอเตอร์และพัดลมเป่าอากาศ	=	3000	บาท
อื่น ๆ	=	500	บาท
รวม	=	<u>32100</u>	บาท

ค่าบำรุงรักษาปีละ 500 บาท

ราคาค่ากระแสไฟฟ้าคิดหน่วยละ 2.10 บาท

มอเตอร์ขนาด 0.5 กิโลวัตต์ ใช้กระแส

ไฟฟ้าวันละ 4 หน่วย

คิดอายุการใช้งานของถังสะสมความร้อนและแผงรับแสงอาทิตย์ 12 ปี

ช่วงเวลาที่มิแดดที่สามารถใช้ถังสะสมความร้อน ร้อยละ 80 ต่อปี

อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 15 ต่อปี

การวิเคราะห์

ราคาค่าใช้จ่ายต่อปี = ราคาต้นทุนต่อปี + ราคากระแสไฟฟ้าในปีปัจจุบัน
 + ราคาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของราคากระแสไฟฟ้า
 + ค่าบำรุงรักษาต่อปี

ราคาต้นทุนต่อปี = CRF(15%, 12 ปี) x ราคาต้นทุนหลักในปีปัจจุบัน

$$= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times \text{ราคาต้นทุนหลักในปีปัจจุบัน}$$

$$= \frac{0.15(1+0.15)^{12}}{(1+0.15)^{12} - 1} \times 32100$$



$$= 5921.83 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ราคาค่ากระแสไฟฟ้าในปีปัจจุบัน} &= \text{จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี} \times \text{ราคาค่ากระแสไฟฟ้า} \\ &= 4 \times 365 \times 0.8 \times 2.10 \\ &= 2452.80 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\text{ราคาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของค่ากระแสไฟฟ้า} = \text{GUSF (15 \% , 12 ปี)} \times \text{ราคาค่ากระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแต่ละปี}$$

$$= \left[\frac{1}{i} - \frac{n}{i} \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \times \text{ราคาค่ากระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแต่ละปี}$$

$$= \left[\frac{1}{0.15} - \frac{12}{0.15} \frac{0.15}{(1+0.15)^{12} - 1} \right] \times 0.10$$

$$\times 2452.80$$

$$= 958.6 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายรายปี} = 5921.83 + 2452.80 + 958.6 + 500$$

$$= 9833.23 \text{ บาท}$$

เมื่อนำถึงสะสมความร้อนมาใช้แทนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งภายในเวลา 1 วัน ผลจากการคำนวณโดยอาศัยโปรแกรม TRNSYS ถึงสะสมความร้อนสามารถให้พลังงานได้ 43 MJ.

$$\text{ในเวลา 1 ปี จะได้พลังงานความร้อน} = 43 \times 365 \times 0.8$$

$$= 12556 \text{ MJ.}$$

$$\text{คิดเป็นจำนวนหน่วยไฟฟ้าได้} = \frac{12556 \times 10^3}{3600}$$

$$= 3487.78 \text{ kW-hr}$$

$$\text{ค่ากระแสไฟฟ้าหน่วยละ} = 2.10 \text{ บาท}$$

$$\text{ราคาค่ากระแสไฟฟ้าในปีปัจจุบัน} = 3487.78 \times 2.10$$

$$= 7324.33 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ราคาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของค่ากระแสไฟฟ้า} &= \text{GUSF}(15\%, 12) \times \text{ราคากระแสไฟฟ้า} \\
 &\quad \text{ที่เพิ่มขึ้นแต่ละปี} \\
 &= \left[\frac{1}{i} - \frac{n}{i} \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \times \text{ราคากระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแต่ละปี} \\
 &= \left[\frac{1}{0.15} - \frac{12}{0.15} \frac{0.15}{(1+0.15)^{12} - 1} \right] \times 0.10 \\
 &\quad \times 7324.33 \text{ บาท} \\
 &= 2862.49 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ถึงจะสามารถทดแทนราคากระแสไฟฟ้ารายปี} &= 7324.33 + 2862.49 - 9833.23 \\
 &= 353.59 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

การหาราคาที่ได้รับจกถึงล้มล้มความร้อนจะคิดต้นทุนต่อปีและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเฉพาะปีปัจจุบันเท่านั้น ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ราคาค่าใช้จ่ายต่อปี} &= \text{ราคาต้นทุนต่อปี (CRF, 15\% 12)} + \text{ค่ากระแสไฟฟ้าในปีปัจจุบัน} \\
 &\quad + \text{ค่าบำรุงรักษาต่อปี} \\
 &= 5921.83 + 2452.8 + 500 \\
 &= 8874.63 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\text{พลังงานที่ได้รับจากถึงล้มล้มความร้อน} = 3487.78 \text{ kw-hr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ราคาของพลังงาน} &= \frac{\text{ราคาค่าใช้จ่ายต่อปี}}{\text{จำนวนพลังงานที่ได}} \\
 &= \frac{8874.63}{3487.78} \\
 &= 2.54 \text{ บาท/kw-hr.}
 \end{aligned}$$

ถ้าแผงรับแสงอาทิตย์มีราคาเปลี่ยนแปลงไปเป็นตารางเมตรละ 1500 บาท และ 2000 บาท การหาค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

แผงรับแสงอาทิตย์ ราคาตารางเมตรละ, บาท	1500	2000	2500
ราคาค่าใช้จ่ายรายปี, บาท	8172.90	9003.07	9833.23
ถึงสะสมสามารถทดแทนค่ากระแสไฟฟ้ารายปีได้, บาท	2013.91	1183.75	353.59
ราคาพลังงาน, บาท	2.07	2.30	2.54

จากตารางจะพบว่าพลังงานที่ได้รับจากถึงสะสมความร้อนมีราคาหน่วยละ 2.07, 2.30 และ 2.54 บาท เมื่อแผงรับแสงอาทิตย์มีราคาตารางเมตรละ 1500, 2000 และ 2500 บาท ตามลำดับ ในขณะที่กระแสไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 2.10 บาท ดังนั้น พลังงานที่ได้รับจากถึงสะสมความร้อนมีราคาแพงกว่าค่ากระแสไฟฟ้า จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนติดตั้งระบบสะสมความร้อนแบบรอกเบตในขณะนี้ แต่ถ้าในอนาคตราคาค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นและระบบการสะสมความร้อนแบบรอกเบตมีราคาถูกลง ก็น่าที่จะเป็นไปได้ในการที่จะนำพลังงานความร้อนระบบสะสมความร้อนมาทดแทนพลังงานความร้อนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้า