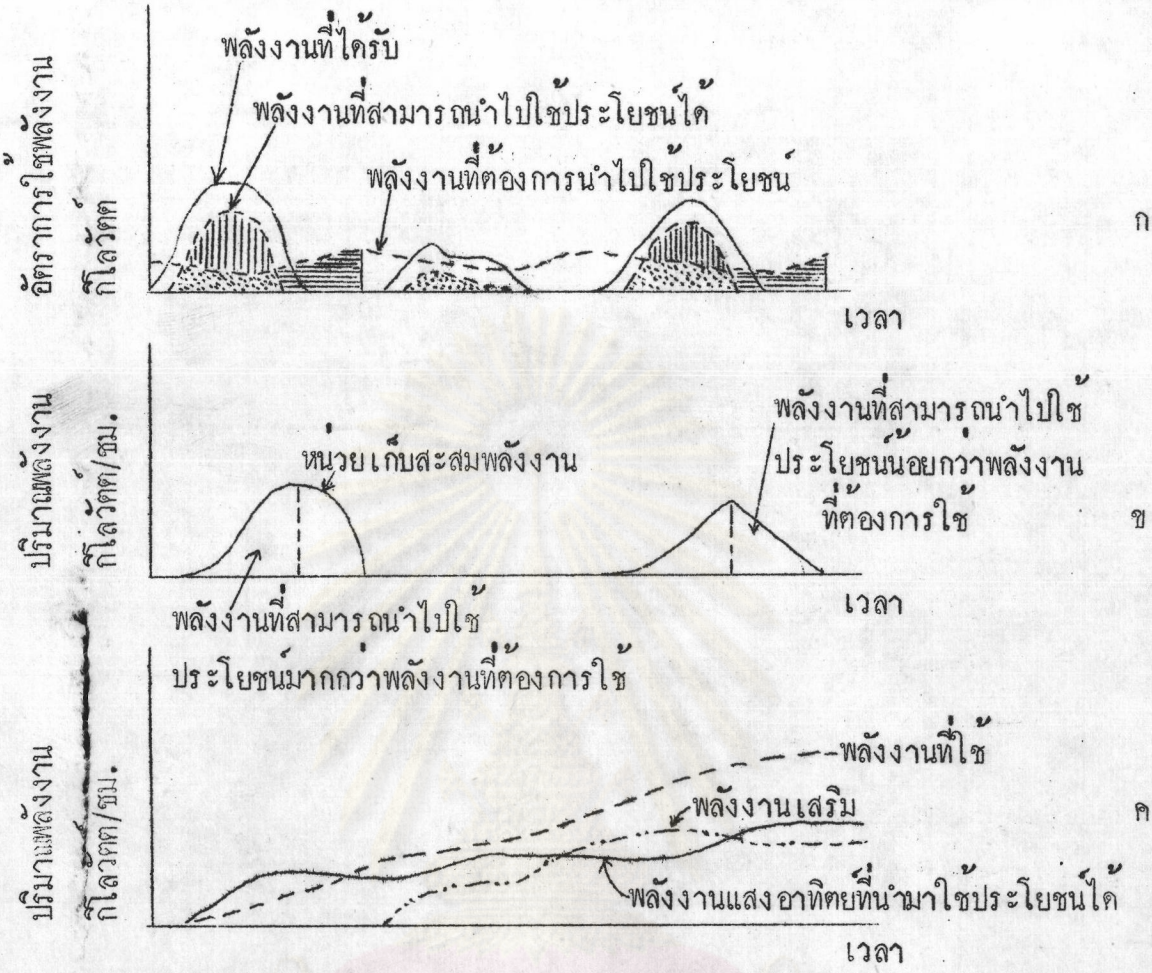
บทที่ 4

ระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในกิจการโรงแรม

ในกิจการโรงแรมนั้น ส่วนใหญ่จะใช้น้ำร้อนไปในด้านการให้บริการตามห้องพัก โรงอาหาร และการซักรีด สำหรับช่วงระยะเวลาที่ใช้นั้น ส่วนใหญ่จะเริ่มตั้งแต่เวลา 05.00 น. – 24.00 น. ดังนั้นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการคำนวณออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์จะแตกต่างจากการคำนวณออกแบบส่วนใหญ่ทางวิศวกรรมเครื่องกล ก็คือ การแปรเปลี่ยนตามเวลา (time variation) ของพารามิเตอร์ทั้งนี้เพราะข้อมูลของระบบการทำงานคือปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ความเร็วลม และอุณหภูมิของอากาศ (ในประเทศไทยจะหาได้จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา แต่ก็เป็นข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง โดยปกติทั่ว ๆ ไปมักแสดงเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ครึ่งชั่วโมง หรือชั่วโมง ติดต่อกันตลอด 24 ชั่วโมง) ซึ่งผันแปรตามเวลา ในขณะเดียวกันพลังงานที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ก็ผันแปรตามเวลาด้วย แต่ผันแปรคนละแบบกัน ดังแสดงในรูปที่ 4–1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4–1

แสดงการทำงานของระบบการทำงานที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่มีหน่วยเก็บสะสมพลังงาน

รูปที่ 4–1 เป็นการแสดงการทำงานของระบบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยมีหน่วยเก็บสะสมพลังงาน ที่แสดงไว้ในรูปเป็นการแสดงการทำงานที่ต่อเนื่องกัน 3 วัน ในภาพ ก. จะเห็นว่าวันแรกอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับสูง จึงสามารถทำให้ปริมาณพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงตามไปด้วย ดังนั้น แม้จะจ่ายพลังงานออกไปใช้ด้วยอัตราที่แสดงไว้

ด้วยเส้นประก็ยังมีพลังงานเหลือใช้อยู่ (แสดงไว้เป็นเส้นตรงตามแนวดิ่ง) จำนวนมาก พลังงานส่วนนี้จะนำไปเก็บไว้ในหน่วยเก็บพลังงาน และจะนำออกมาใช้ภายหลังจากที่ไม่มีแสงอาทิตย์แล้ว แต่ก็ยังไม่พอกับความต้องการ ดังนั้นจึงใช้หมดก่อนที่จะมีแสงอาทิตย์ในวันถัดไป เพื่อที่จะให้ระบบการทำงานดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานอื่นมาช่วยทดแทน ซึ่งเรียกว่าพลังงานเสริมมาใช้ (Auxiliary Energy Resource) ในที่นี้แสดงไว้โดยพื้นที่ที่ไม่มีแลเงา สำหรับวันที่สองพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับอยู่ในอัตราที่ต่ำนำมาใช้ประโยชน์ได้เพียงเล็กน้อย ต้องนำพลังงานเสริมมาใช้เกือบทั้งวัน สำหรับวันที่สามปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับสูงขึ้น นำมาใช้แล้วยังเหลือเก็บจึงใช้พลังงานเสริมลดลง

รูป ข. แสดงการผันแปรของพลังงานเหลือใช้และนำไปเก็บไว้ในหน่วยเก็บสะสมพลังงานถ้าพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าพลังงานที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ และจะถูกนำออกมาใช้จากหน่วยเก็บถ้าพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าพลังงานที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับวันแรกและวันที่สามมีพลังงานเหลือใช้ แต่วันที่สองนั้นไม่มี พลังงานที่นำไปเก็บจึงเป็นศูนย์

รูป ค. แสดงค่าสะสมของพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ พลังงานที่ต้องการนำไปใช้และพลังงานเสริม

ข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 4–1 นี้เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับผู้ออกแบบระบบการทำงานและผู้ที่จะลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว สำหรับผู้ออกแบบข้อมูลดังกล่าวนี้จะแสดงให้เห็นว่าแผงรับแสงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้มีปริมาณเพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่พอจะต้องเพิ่มมากน้อยเพียงใด หรือถ้าเกินพอควรจะลดลงเหลือเท่าใด ขนาดของหน่วยที่จะเก็บสะสมพลังงานใหญ่พอหรือไม่ และต้องการพลังงานเสริมด้วยอัตรามากน้อยเพียงใด สำหรับผู้ลงทุนก็จะทราบถึงจำนวนเงินที่ต้องลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น จะต้องจ่ายค่าพลังงานเสริมเป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งในทางปฏิบัติจำเป็นที่จะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ให้รอบคอบและละเอียดถี่ถ้วนเพื่อที่จะให้ระบบการทำงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและลงทุนต่ำที่สุด ถ้าเป็นไปได้ก็มักจะเลือกระบบให้ใหญ่พอที่จะทำน้ำร้อนได้ตามปริมาณ

ที่ต้องการ แต่ถ้าไม่สามารถจะเลือกระบบให้ใหญ่พอที่จะทำน้ำร้อนได้ตามปริมาณที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นเพราะสถานที่ที่จะติดตั้งไม่เอื้ออำนวย เพราะลักษณะของอาคารนั้นมีพื้นที่ติดตั้งแผงไม่เพียงพอ หรืออาจขาดเงินลงทุน ก็จะต้องพิจารณาว่าสมควรจะใช้พลังงานแสง-อาทิตย์เป็นจำนวนกี่เปอร์เซนต์ของความต้องการทั้งหมด และส่วนที่ขาดจะต้องใช้พลังงานเสริมเท่าใด ในบทนี้จะกล่าวถึงการคำนวณออกแบบระบบทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสง-อาทิตย์ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ ปริมาณพื้นที่ที่จะรับแสงอาทิตย์เพื่อกำหนดขนาดและจำนวนแผงและปริมาตรของถังต่อไป

การออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หมายความรวมถึงการกำหนดพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์ ขนาดถังเก็บน้ำร้อน และลักษณะการนำระบบย่อย เช่น ปั๊มน้ำมาติดตั้งเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ปริมาณ และระดับอุณหภูมิตามข้อกำหนดที่ต้องการ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ประกอบดังนี้

1. ข้อมูลทางอุตุนิยม ได้แก่ อัตราแสงอาทิตย์รายวัน และรายเดือน อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วลม เป็นต้น

2. ลักษณะของสถานที่ที่ระบบจะถูกนำไปติดตั้ง เช่น ใช้หลังคาเป็นที่ติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ ต้องทราบมุมเอียงของหลังคาและทิศทางที่พื้นของหลังคาหันหน้าไปตลอดจนตำแหน่งที่จะใช้ติดตั้งถังน้ำ

3. ข้อมูลการใช้น้ำร้อน เช่น ปริมาณน้ำร้อนต่อวัน และระดับอุณหภูมิของน้ำร้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์</u>

ในระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้การหมุนเวียนของน้ำเป็นไปตามธรรมชาติ มักจะติดตั้งบนหลังคาบ้าน ซึ่งอาจจะทำให้แผงรับแสงอาทิตย์หันหน้าไปในทางทิศที่เบี่ยงเบนจากทิศใต้ มีผลทำให้อัตราพลังงานที่ตกลงบนแผงไม่สูงเท่าที่ควร โดยปกติอัตราพลังงาน

แสงอาทิตย์ที่ได้รับเฉลี่ยตลอดปีจะเบี่ยงเบนจากที่รับได้บนแผง ซึ่งวางหันหน้าไปทางทิศใต้และเอียงเท่ากับเส้นรุ้งอันจะเป็นตำแหน่งที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีสูงสุด

ในระบบซึ่งต้องใช้ปั๊มช่วยในการหมุนเวียนของน้ำนั้น การออกแบบที่ให้ผลดีต้องใช้ขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อนที่พอเหมาะ ในทางปฏิบัติมักจะกำหนดขนาดแผงรับแสงอาทิตย์ โดยใช้ค่าอัตราพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันของช่วงเวลาที่ผู้ออกแบบคิดว่าเหมาะสมที่จะใช้เป็นข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วดูประสิทธิภาพของแผงเพื่อนำมาประเมินพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ และปริมาณน้ำร้อนที่จะผลิตได้ต่อหน่วยพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ ถ้าต้องการปริมาณน้ำร้อนเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็จะเพิ่มหรือลดขนาดพื้นที่ของแผงให้ได้ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการ ส่วนปริมาตรของถังกำหนดโดยใช้ 70 ลิตรต่อพื้นที่แผง 1 ตารางเมตร แต่จากการประมาณดังกล่าวมักจะไม่ค่อยให้ผลดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรที่จะพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ให้รอบคอบแล้วนำมาคำนวณหาขนาดของพื้นที่รับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อนต่อไป

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

1. แสงอาทิตย์และอุณหภูมิของอากาศ

อัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ควรเป็นข้อมูลแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยของเดือน (หมายถึงในแต่ละเดือนและนำข้อมูลแสงอาทิตย์รายวันของเดือนนั้นมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยรายวัน) สำหรับประเทศไทย ข้อมูลดังกล่าวจะได้มาจากข้อมูลของ AIT (Table 4-1 The Availability of Solar Energy in Thailand by Dr. R.H.B. Exell, 1976) สำหรับอุณหภูมิบรรยากาศในประเทศไทย ในเวลากลางวันอุณหภูมิจะอยู่ในระหว่าง 25 ถึง 33°c ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของอากาศประมาณ 29°c

2. อัตราการใช้น้ำร้อน

ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในแต่ละวันนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ต้องการ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำร้อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์จะอยู่ระหว่าง 40°c ถึง 80°c

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับในกรุงเทพฯ (ปี พ.ศ.2519)

เวลา	14 มค.- 26 กพ.	27 กพ.- 2 เมย.	13 เมย.- 28 พค.	29 พค.- 15กค.	16 กค.- 31 สค.	1 กย.- 15 ตค.	16 ตค.- 29 พย.	30 พย.- 13 มค.	เฉลี่ย cal/am^2/hr.	เฉลี่ย K cal/m^2/hr.	เฉลี่ย MJ/m^2/hr.*
7- 8	15	20	22	20	20	19	16	15	18.375	183.75	0.7693
8- 9	30	35	36	33	34	33	31	31	32.875	328.75	1.3764
9-10	43	48	47	43	45	44	45	43	44.75	447.50	1.8736
10-11	52	58	56	51	51	50	54	54	53.25	532.50	2.2295
11-12	58	64	60	53	53	51	58	59	57.0	570.0	2.3864
											8.6353

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

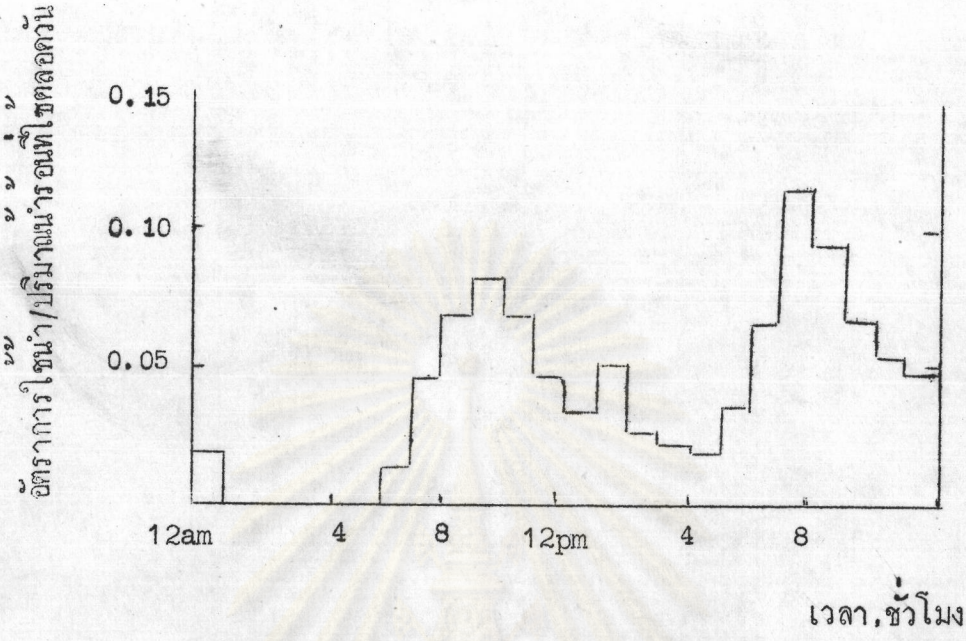
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เวลา	14 มค.- 26 กพ.	27 กพ.- 2 เมย.	13 เมย.- 28 พค.	29 พค.- 15 กค.	16 กค.- 30 สค.	1 กย.- 15 ตค.	16 ตค.- 29 พย.	30 พย.- 13 มค.	เฉลี่ย cal/am^2/hr.	เฉลี่ย K cal/m^2/hr.	เฉลี่ย MJ/m^2/hr.*
12-13	59	65	60	50	50	49	56	59	56.0	560.0	2.3446
13-14	54	60	55	46	45	44	50	53	50.875	508.75	2.1300
14-15	44	50	47	38	37	38	42	42	42.25	422.50	1.7689
15-16	30	34	34	28	26	25	29	27	29.125	291.25	1.2194
16-17	14	17	18	17	14	13	12	13	14.75	147.50	0.6176
รวม	399	451	435	379	375	366	393	396	-	-	8.0805

*1 K cal = 4.1868 KJ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-2
แสดงอัตราการใช้น้ำร้อน



(ตารางที่ 4-2) และอัตราการใช้น้ำโดยเฉลี่ย ณ. ระดับอุณหภูมิ 60°c สำหรับโรงแรมและที่อยู่อาศัยจะใช้ประมาณ 75 – 150 ลิตรต่อคนต่อวัน ถ้าเป็นอาคารสำนักงานประมาณ 7.5 – 11.5 ลิตรต่อคนต่อวัน และถ้าเป็นอาคารโรงงานจะประมาณ 20 ลิตรต่อคนต่อวัน[1] อัตราการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°c นี้ มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 4-2[2]

---

[1]ข้อมูลจาก Ashrae Guide and Data book, 1964.

[2]รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ, การออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, วิศวกรรมก้าวหน้า จดหมายข่าวของสภาวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 ก.พ. 2526, หน้า 15.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17965366

ตารางที่ 4–2 อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในงานลักษณะต่าง ๆ**

	ลักษณะงานที่ใช้	อุณหภูมิ (°C)
1	น้ำดื่ม (Drinking)	50 – 55
2	น้ำอาบ (Bathing) : ผู้ใหญ่	42 – 45
	เด็ก	40 – 42
3	ล้างหน้า ล้างมือ (Washing face and hands)	40 – 42
4	ล้างมือ (Washing hands - medical)	43
5	ใช้ประโยชน์ในห้องครัว (Kitchen uses)	
	– งานทั่ว ๆ ไป (General)	45
	– ล้างจาน (Washing dishes)	45 (60)*
6	ซักเสื้อผ้า (Washing clothes)	
	– ทั่วไป (General)	60
	– ผ้าไหม, ขนสัตว์ (Silk and wool)	33–37, 38–49*
	– ลินิน, ฝ้าย (Lines and cotton)	49 – 52 (60)*
7	สระว่ายน้ำ (Swimming pool)	21 – 27
8	กระบวนการทางอุตสาหกรรม (Industrial process heating)	40 – 80

หมายเหตุ * กรณีที่ใช้เครื่องซักล้าง

** ข้อมูลจาก Ashrae Guide and Data Book, 1970, p. 550.

การคำนวณหาพื้นที่ของแผ่นรับพลังงานสำหรับการผลิตน้ำร้อน

(A Calculation of The Collector Area for Hot Water Supply System)

พื้นที่ของแผ่นรับพลังงานขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำร้อนซึ่งจากอัตราการใช้น้ำดังได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าปกติโรงแรมนั้นจะใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°c โดยประมาณ 75 – 150 ลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งในทางปฏิบัติมักจะกำหนด 100 ลิตรต่อคนต่อวัน และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของอากาศประมาณ 29°c ดังนั้น ถ้าโรงแรมที่จะติดตั้งระบบน้ำร้อนพลังแสงอาทิตย์มีจำนวน 100 ห้อง ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวันจะเท่ากับ 10,000 ลิตร และปริมาณความร้อนที่ต้องการจะคำนวณได้จากสูตร

$$Q_L = Q_d (t_{end} - t_s) C_p \quad \text{.....(MJ/วัน)}$$

เมื่อ

Q_L = ปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ต่อวัน ..(MJ/วัน)

Q_d = ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ต่อวัน ....(ลิตร/วัน)

t_{end} = อุณหภูมิของน้ำเมื่อสิ้นสุดการรับพลังงาน ... (°C)

t_s = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มรับพลังงาน (°C)

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำซึ่งมีค่า 4.1868 (KJ/Kg °C)

หรือ $\frac{4.19}{1,000}$ (MJ/วัน)

แทนค่า $Q_L = 10,000 (60 - 29) \frac{4.19}{1,000}$ MJ/วัน

$= 1298.9$ MJ/วัน

การคำนวณจำนวนแผ่นรับพลังงานให้พอเหมาะกับความต้องการปริมาณความร้อนนั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลดังนี้

1. ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวหน้าของแผ่นรับพลังงาน
2. ประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์
3. พื้นที่ในการใช้เก็บพลังงาน
4. ขนาดของแผ่นรับพลังงาน

1. ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวหน้าของแผ่นรับพลังงาน (Insolation on collector receiving surface) คำนวณได้จากสูตร

$$J_T = J_{HT} K_\gamma K_\alpha (1 - \eta_D) \qquad (MJ/m^2/วัน)$$

เมื่อ

J_T = ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวหน้าของแผ่นรับพลังงาน

J_{HT} = พลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดในแนวระดับ

K_γ = แฟคเตอร์ตัวคูณเมื่อแผ่นรับพลังงานทำมุม γ° กับแนวระดับ

K_α = แฟคเตอร์ตัวคูณเมื่อแผ่นรับพลังงานทำมุม α° เบี่ยงเบนจากแนวเหนือใต้

η_D = การสูญเสียความร้อนจากกระจกและฝุ่นละออง

การหาค่าของ J_{HT} , K_γ , K_α และ η_D

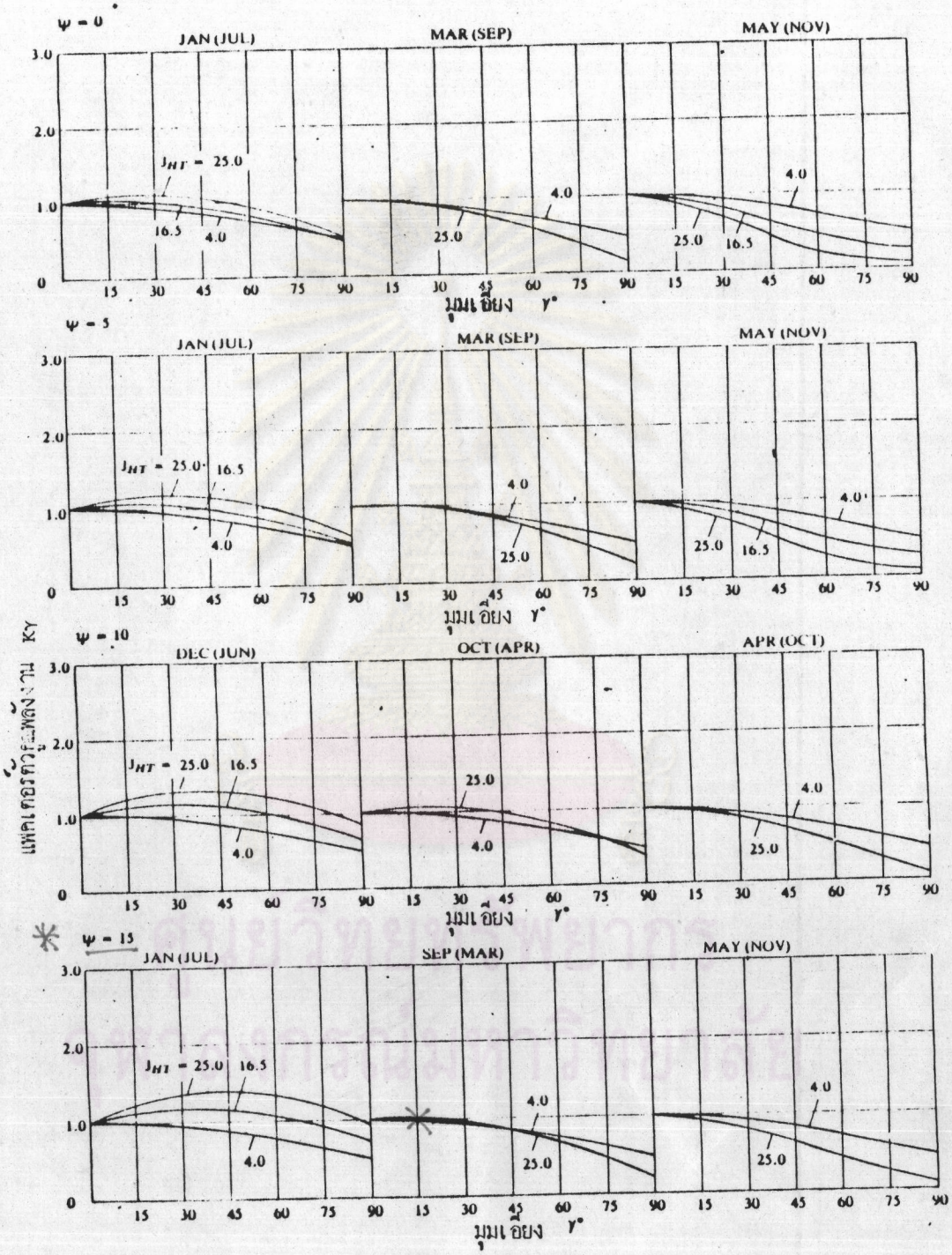
J_{HT} จากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้ค่าที่ได้รับปริมาณแสงอาทิตย์น้อยที่สุด คือ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 1 กันยายน ถึง 15 ตุลาคม ซึ่งปริมาณแสงอาทิตย์จะเท่ากับ 366 $cal/cm^2/day$ หรือเท่ากับ 3660×4.19 $KJ/m^2/day$ หรือเท่ากับ 15.32 $MJ/m^2/day$

K_γ ค่าของ K_γ จะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของเส้นรุ้ง (ψ) และมุมเอียงของแผงที่ทำกับแนวระดับ เช่น ถ้าติดตั้งที่เส้นรุ้ง 15° เหนือ ค่าของมุม γ ควรเท่ากับ $15^\circ c$ ค่าของ K_γ ที่ $15^\circ c$ จะเท่ากับ 1 (รูปที่ 4–3)

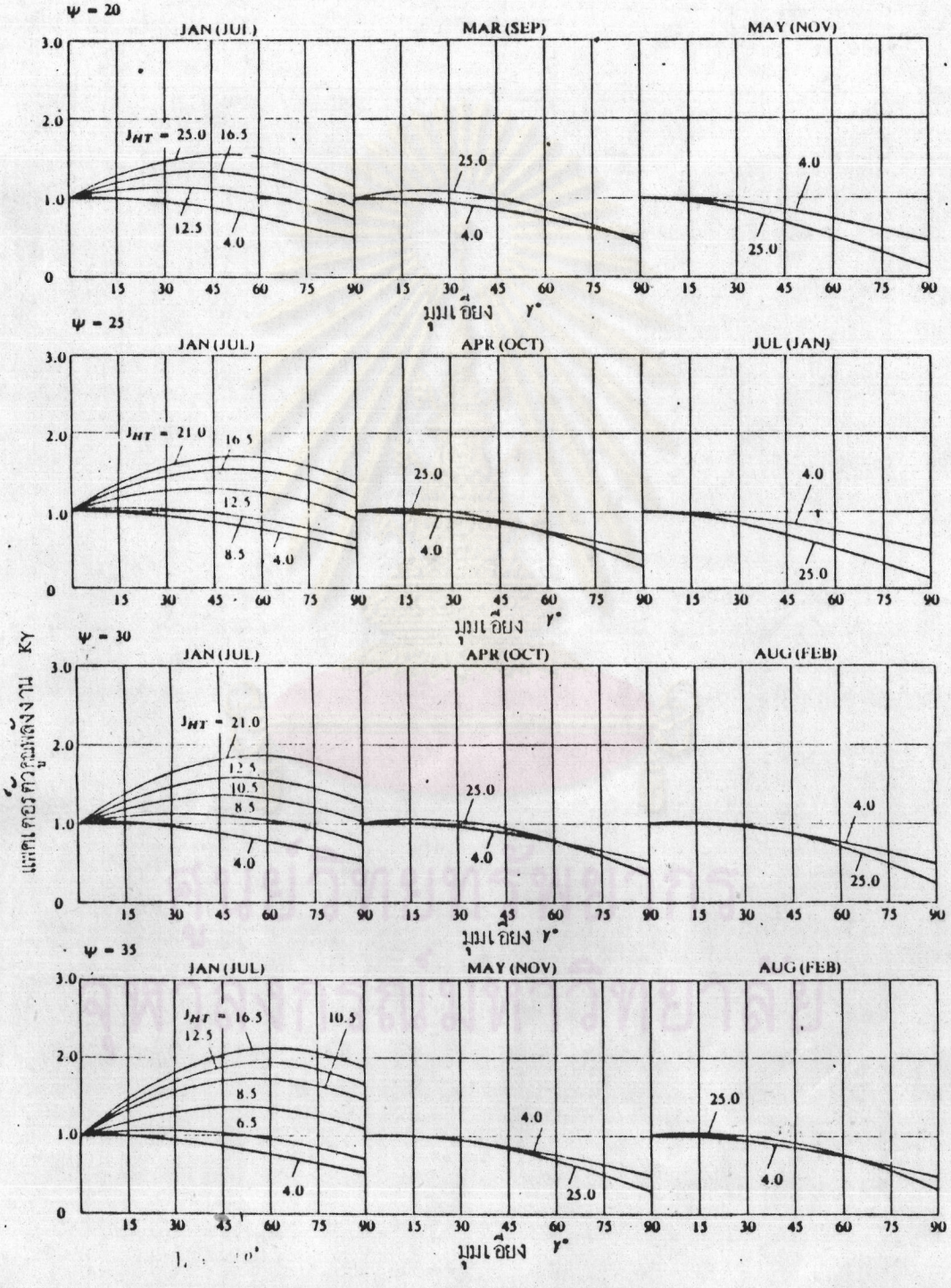
K_α ค่าของ K_α จะเปลี่ยนไปตามปริมาณแสงอาทิตย์ มุมเอียงของแผงและมุมที่บายเบนทำกับแนวเหนือใต้ จากตัวอย่างนี้ ปริมาณแสงอาทิตย์ 15.32 $MJ/m^2/day$ มุมเอียงของแผงเท่ากับ $15^\circ c$ มุม α ที่เบี่ยงเบนจากแนวเหนือใต้มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นค่าของ K_α จะเท่ากับ 1 (รูปที่ 4–4)

รูปที่ 4-3

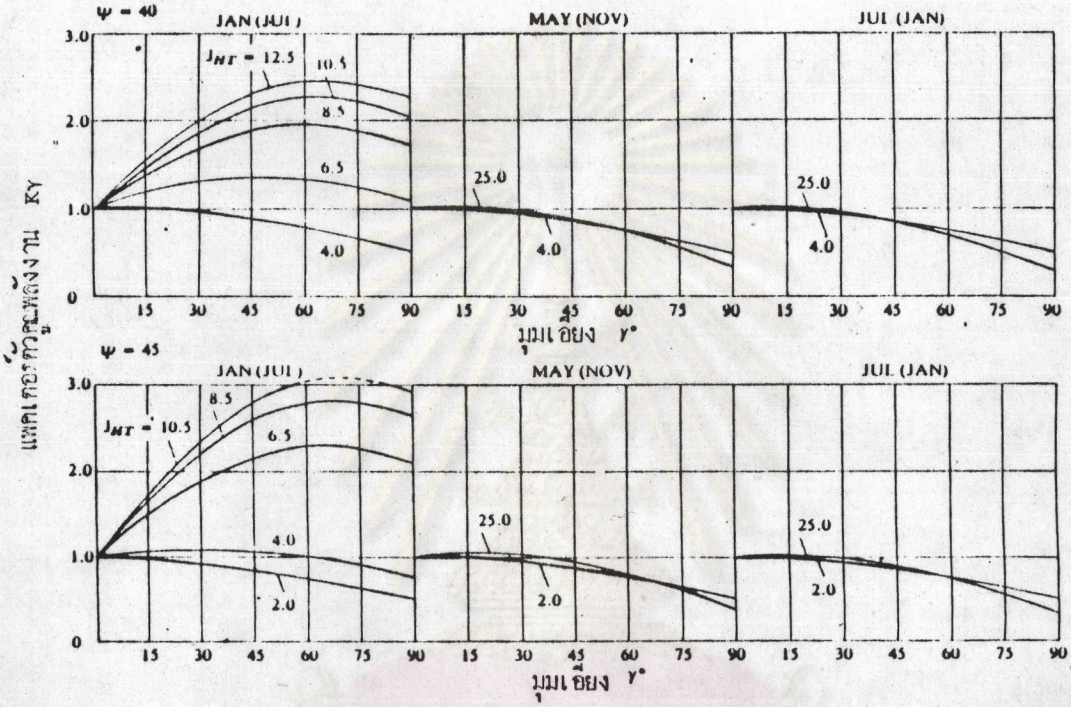
K_Y → แฟคเตอร์ตัวคูณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผ่นเอียงทำมุมกับแนวระดับ



รูปที่ 4-3 (ต่อ)


ψ = 20
JAN (JUL)
MAR (SEP)
MAY (NOV)
J_{HT} = 25.0
16.5
12.5
4.0
25.0
4.0
4.0
25.0
ψ = 25
JAN (JUL)
APR (OCT)
JUL (JAN)
J_{HT} = 21.0
16.5
12.5
8.5
4.0
25.0
4.0
4.0
25.0
ψ = 30
JAN (JUL)
APR (OCT)
AUG (FEB)
J_{HT} = 21.0
12.5
10.5
8.5
4.0
25.0
4.0
4.0
25.0
ψ = 35
JAN (JUL)
MAY (NOV)
AUG (FEB)
J_{HT} = 16.5
12.5
10.5
8.5
6.5
4.0
4.0
25.0
25.0
4.0
0
1.0
2.0
3.0
15
30
45
60
75
90
มุมเอียง γ°

รูปที่ 4-3 (ต่อ)



J_{HT} = พลังงานแสงอาทิตย์วัดในแนวระดับ

Ψ = เส้นรุ้ง

γ = มุมเอียง

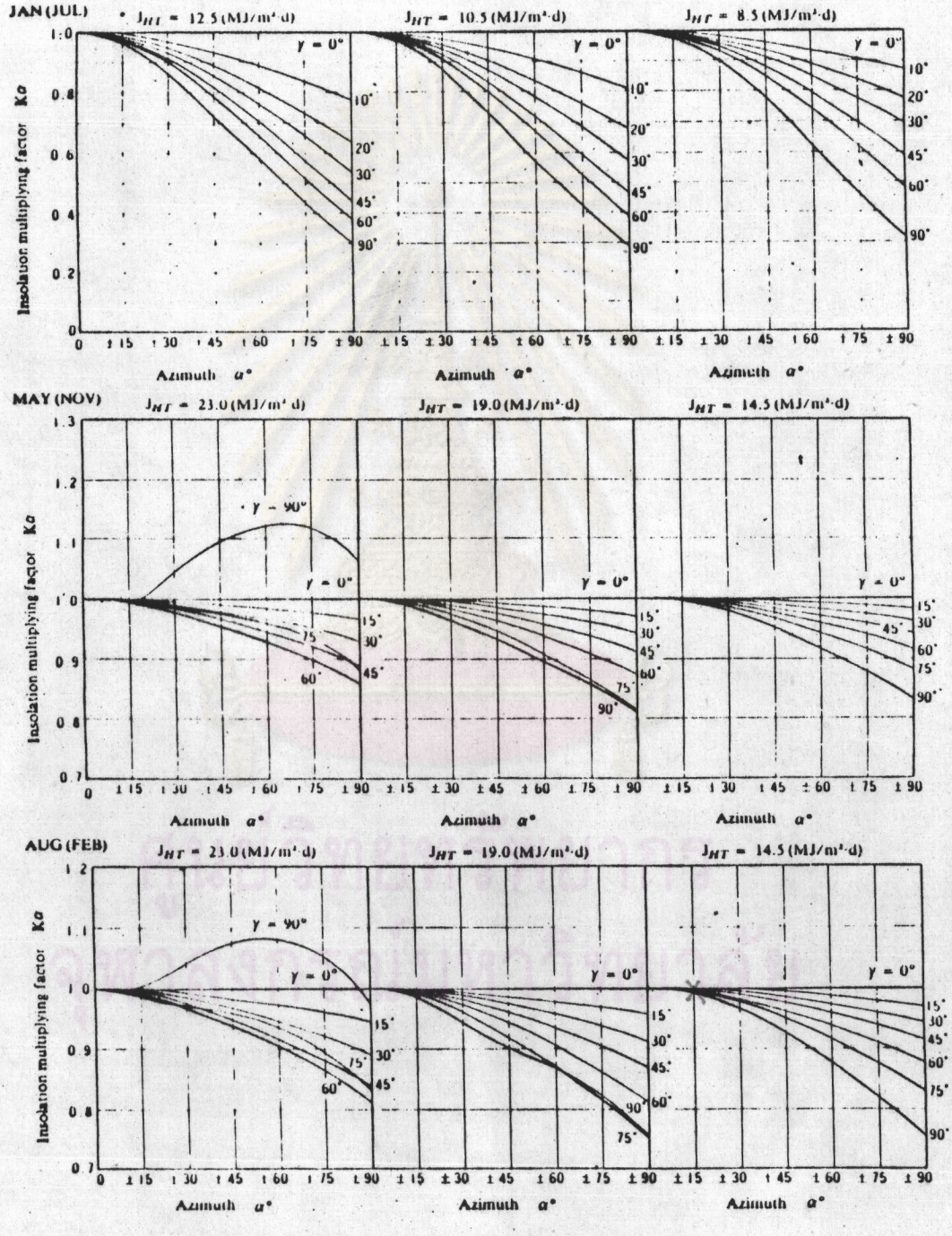
α = 0°

( ) = เคือนสำหรับเส้นรุ้งใต้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

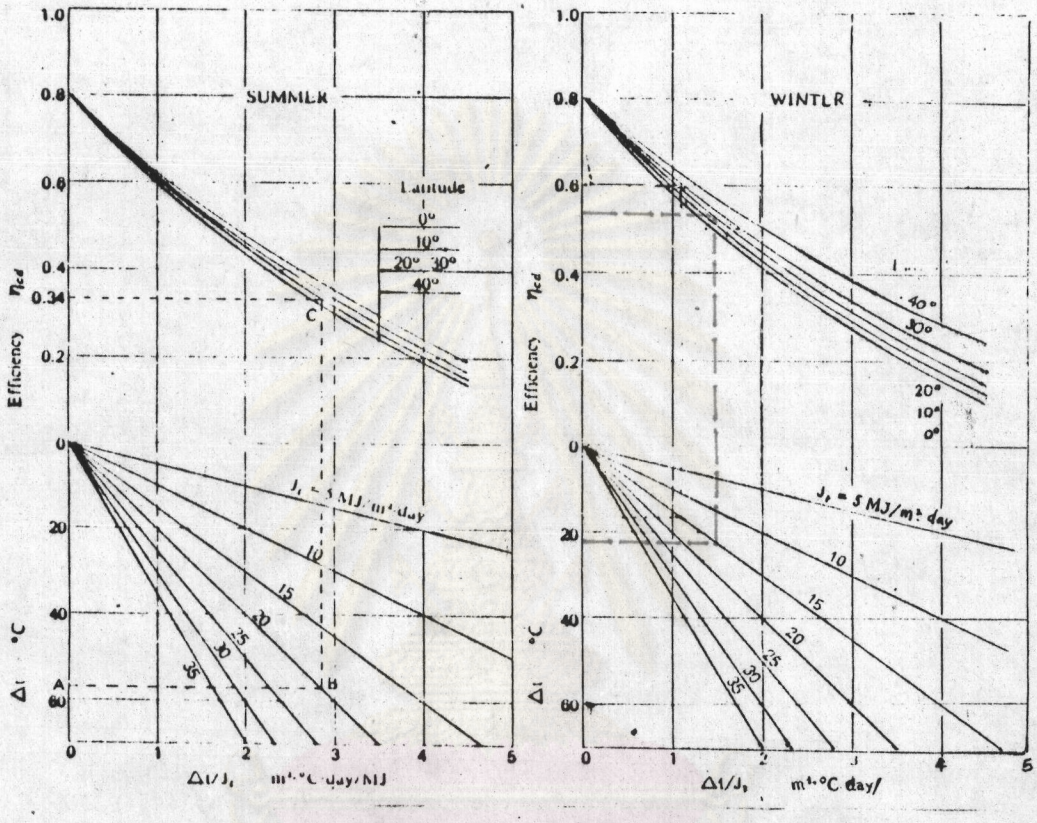
รูปที่ 4-4

แฟคเตอร์ตัวคูณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับมุมเอียงของแผงและมุมที่บ่ายเบนกับแนวเหนือใต้ (Kα)



รูปที่ 4-5

ประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ต่อวัน (η_{cd})



η_D จากการทดลองพบว่าฝุ่นละอองจะลดปริมาณพลังงานลงถึง 5% ในกรณีที่แผ่นทำงานระยะสั้น แต่ถ้าระยะยาวฝนจะช่วยล้างฝุ่นละอองและความสกปรก ทำให้ปริมาณสูญเสียเฉลี่ยเหลือเพียงประมาณ 1% ในที่นี้จะกำหนดเปอร์เซนต์การสูญเสียพลังงานจากฝุ่นละอองเท่ากับ 5%

แทนค่าจากสูตร

$$J_T = 15.32 \times 1 \times 1 \times 0.95$$

$$= 14.55 \quad MJ/m^2/day$$

2. ประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ต่อวัน (Daily heat collecting efficiency) η_{cd}

การคำนวณหา η_{cd} จะหาได้จากปริมาณพลังงานที่ตกกระทบผิวแผ่นรับพลังงานเมื่อต้องการที่จะเก็บความร้อนที่มีอุณหภูมิต่างกัน (Δ_{td}) ซึ่งผลต่างของอุณหภูมิ (Δ_{td}) จะเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำร้อนที่ต้องการต่อวัน (t_{md}) ลบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอก ($t_{air\ d}$) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\Delta_{td} = t_{md} - t_{air\ d} \quad \text{เมื่อ}$$

$$t_{md} = \frac{t_s + 2t_{end}}{3}$$

แทนค่า

$$\Delta_{td} = \frac{29 + 2 \times 60}{3} - 29$$

$$= 21^{\circ}C$$

จากรูป 4-5 ถ้าลากเส้นที่ Δ_t ประมาณ 21 °C ตัดกัน J_T ประมาณ 15 MJ แล้วประสิทธิภาพในการเก็บความร้อนซึ่งจะขึ้นกับสภาพภูมิอากาศของแต่ละท้องที่ ในที่นี้มีค่าประมาณ 0.55

3. พื้นที่ในการใช้เก็บพลังงาน (heat collecting area)

A_C คำนวณได้จากสูตร

$$A_C = \frac{\sigma Q_L}{J_T \eta_{cd}(1-\eta_L)} \qquad (m^2)$$

โดยกำหนดให้ σ คืออัตราการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำน้ำร้อน ถ้าใช้น้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เต็มที่โดยไม่ต้องใช้พลังงานเสริม ค่า $\sigma = 1$ แต่ถ้าสถานที่หรือเงินทุนไม่เอื้ออำนวยก็อาจจะต้องลดค่า σ ลงไปตามส่วน

η_L = การสูญเสียจากถังเก็บความร้อนและท่อในระบบ = 5%[1]

แทนค่าในสูตรข้างต้น โดยใช้ข้อมูลจากข้อต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว

$$A_C = \frac{1 \times 1299}{14.55 \times 0.55 \times (1-0.05)}$$

$$= 170.87 \quad \text{ตารางเมตร}$$

4. จำนวนแผ่นรับพลังงานจะใช้แผ่นรับพลังงานจำนวนมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่น ถ้าขนาดของแผ่นรับพลังงานใหญ่ก็อาจใช้น้อยแผ่น และใช้มากแผ่นถ้าขนาดเล็กลงในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน นั่นคือ จำนวนแผ่นรับพลังงาน

$$= \frac{A_C}{\text{พื้นที่ต่อแผ่น}}$$

จากบทที่ 3 แผ่นรับพลังงานที่จำหน่ายส่วนใหญ่จะมีขนาดกว้างประมาณ 85 – 100 ซม. และยาว 180 – 200 ซม. หรือมีพื้นที่ประมาณ 2 ตารางเมตรต่อแผ่น

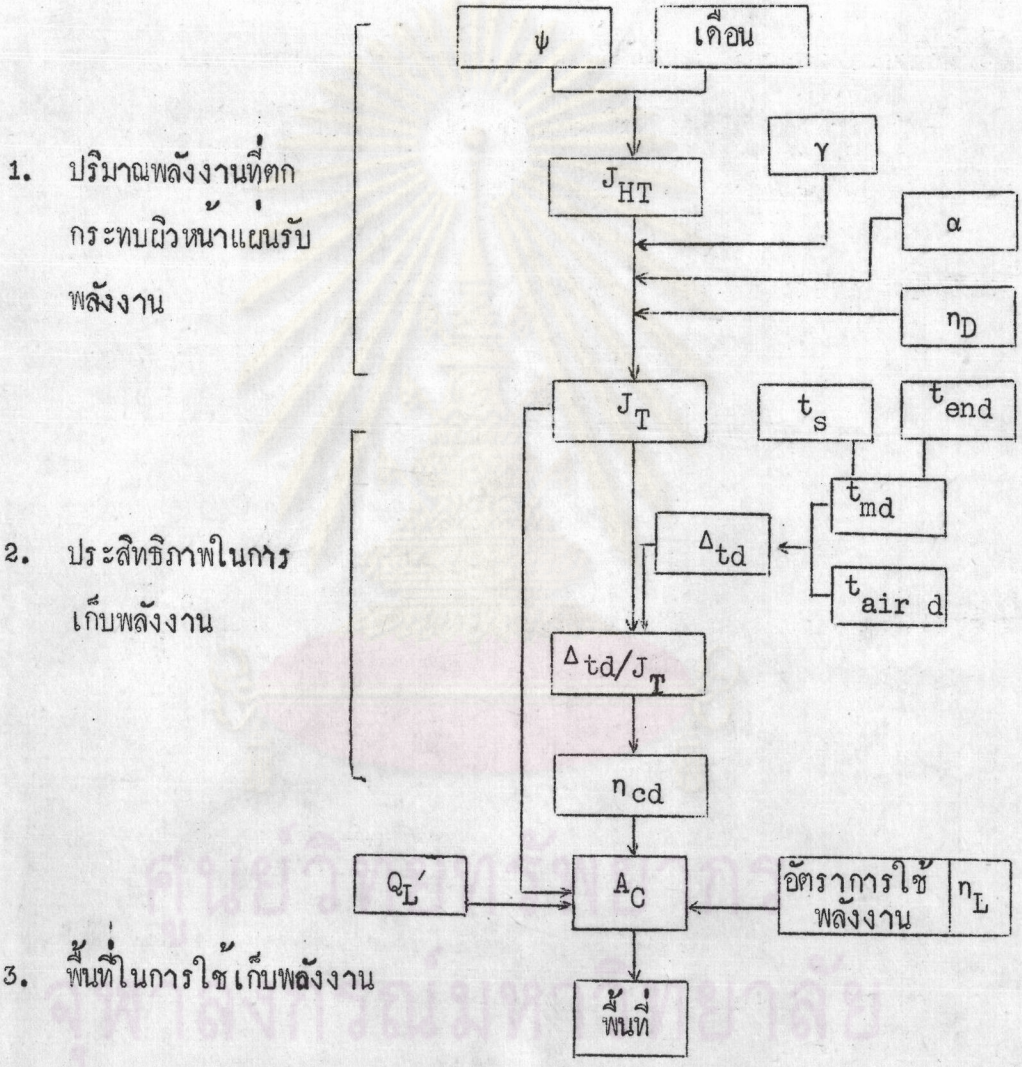
---

[1] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, มานิจ ทองประเสริฐ, ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประหยัดได้จริงหรือ, วิศวกรรมสาร, ตุลาคม 2525, หน้า 33.

ดังนั้นจากการคำนวณในข้อ 3 จะได้จำนวนแผ่นรับพลังงาน 85.5 แผ่น หรือ 86 แผ่น ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนวิธีการคำนวณได้ตามแผนภูมิที่ 4-1 .

แผนภูมิที่ 4-1

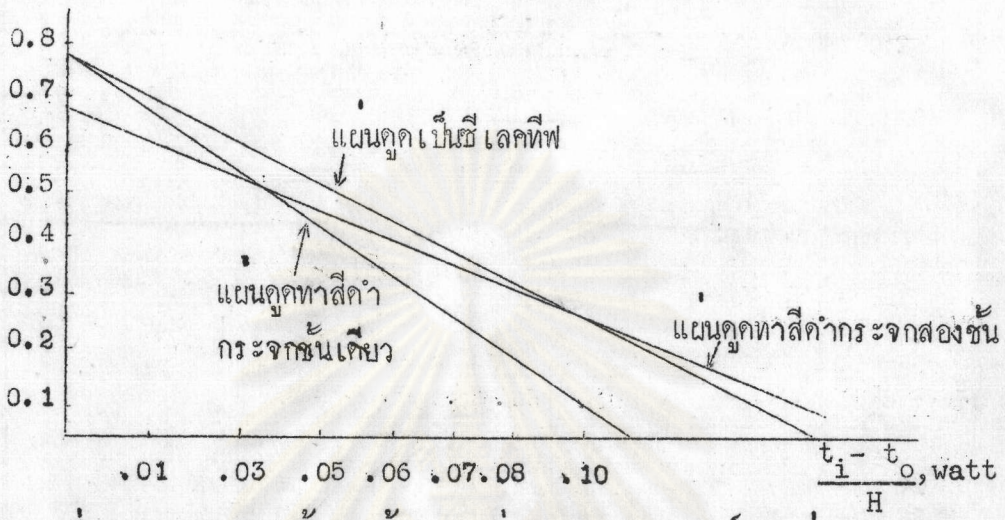
แผนผังการคำนวณหาพื้นที่รับแสงอาทิตย์



เนื่องจากแผงรับพลังงานแบบแผ่นที่จำหน่ายในท้องตลาดได้แบ่งเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของแผ่นดูด ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแผงรับพลังงานทั้ง 3 แบบนั้นต่างกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-6

รูปที่ 4-6

ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ 3 แบบ



ซึ่งจากผลของการใช้งานแล้วปรากฏว่าแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นดูดทาสีดำและกระจกชั้นเดียวให้อัตราพลังงาน 6641.5 กิโลจูลต่อตารางเมตรต่อวัน แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นดูดทาสีดำและกระจกสองชั้น ให้อัตราพลังงาน 7600.2 กิโลจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และแผงรับแสงอาทิตย์มีผิวซีเลคทีฟกระจกชั้นเดียวให้อัตราพลังงาน 7922.0 กิโลจูลต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อทราบถึงประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานก็สามารถจะกำหนดได้ว่าจะต้องใช้พื้นที่รับแสงเท่าใด ในทางปฏิบัติจึงมักใช้ประสิทธิภาพของแผ่นรับพลังงานดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลคำนวณหาปริมาณความร้อนก็สามารถจะหาพื้นที่รับแสง ตลอดจนจำนวนแผ่นรับพลังงานได้ดังต่อไปนี้

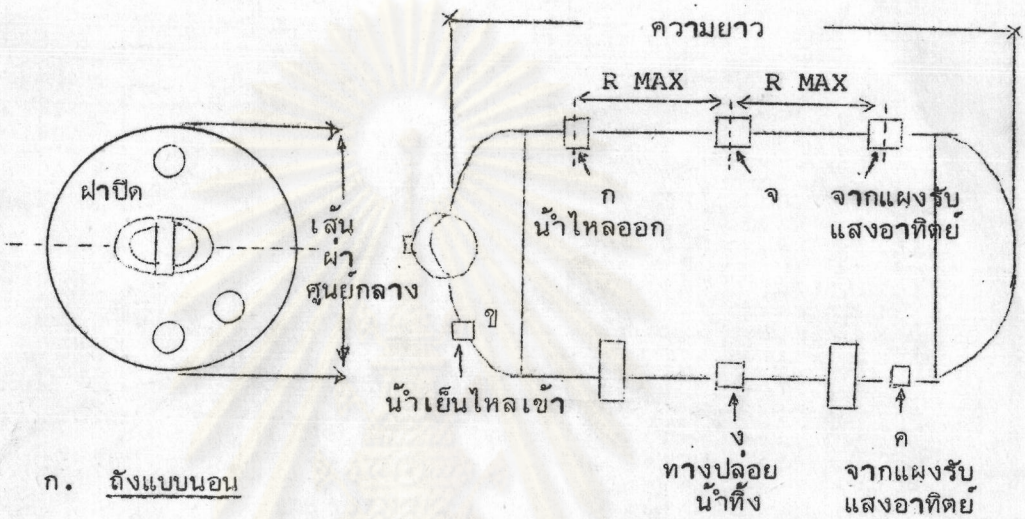
ถ้าเป็นแผงชนิดแผ่นดูดทาสีดำกระจกชั้นเดียว จะต้องใช้พื้นที่รับแสงเท่ากับ $\frac{1298.9 \times 10^3}{6641.5} = 195.57$ ตารางเมตร และขนาดแผงโดยปกติจะประมาณแผงละ 2 ตารางเมตร ดังนั้นจะใช้แผงทั้งสิ้น 98 แผง ในขณะที่แผงชนิดแผ่นดูดทาสีดำและกระจกสองชั้นใช้พื้นที่รับแสง $= \frac{1298.9 \times 10^3}{7600.2}$ หรือ 170.9 ตารางเมตร และใช้แผงประมาณ 86 แผง และสำหรับแผงชนิดมีผิวซีเลคทีฟจะใช้พื้นที่รับแสง 163.96 ตารางเมตร หรือใช้แผงประมาณ 82 แผง ซึ่งจากผลการคำนวณและการเปรียบเทียบ

กับประสิทธิภาพของแผ่นรับพลังงานในท้องตลาด จะเห็นได้ว่าจำนวนแผ่นรับพลังงานที่จะนำไปคำนวณหาราคาทุนรวมของระบบ ในกรณีนี้ควรจะใช้ 86 แผ่น

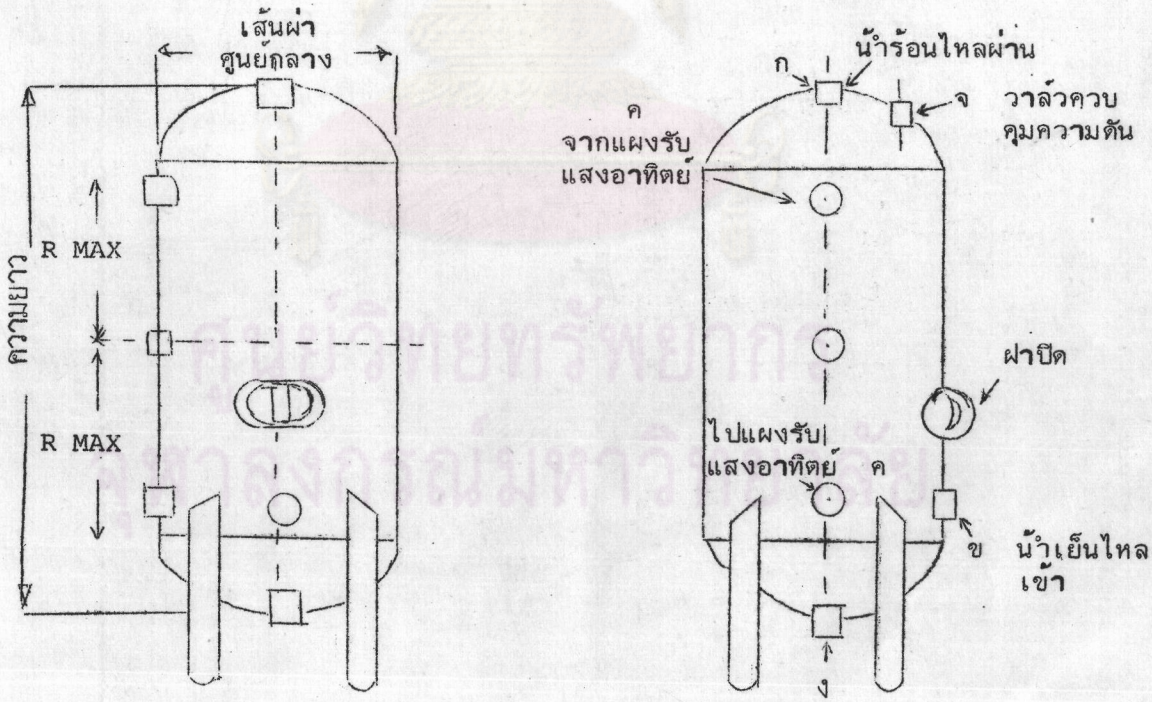
การคำนวณหาปริมาตรถังเก็บน้ำร้อน (A Calculation of Heat Storage Tank Volume)

ปริมาตรของถังเก็บน้ำร้อนเป็นสิ่งจำเป็นอีกประการหนึ่งในการพิจารณาติดตั้งระบบ เพราะถ้าขนาดถังพอเหมาะจะประหยัดทั้งเวลาในการทำน้ำร้อนและยังประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วยในทางปฏิบัติ ผู้ติดตั้งมักจะให้ปริมาตรของถังสัมพันธ์กับขนาดแผงที่ใช้ ถ้าเป็นผู้ใช้ประเภทที่อยู่อาศัย ปริมาตรของถังจะไม่เกิน 1,000 ลิตร แต่สำหรับกิจการซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำร้อนเป็นจำนวนมาก เช่น กิจการโรงแรม มักจะใช้ถังน้ำร้อนขนาดมาตรฐาน 1,500 ลิตรมาต่อเข้าด้วยกัน โดยปกติในการคำนวณหาปริมาตรถังเก็บน้ำร้อนจะต้องคำนึงถึงอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผ่นรับพลังงานและประสิทธิภาพของแผ่นรับพลังงาน ปริมาณน้ำที่ใช้ ตลอดจนอุณหภูมิของน้ำร้อน การสูญเสียความร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนและท่อต่าง ๆ ภายในระบบ รวมถึงค่าความร้อนจำเพาะของสารที่เก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในประเทศไทยระบบน้ำร้อน

รูปที่ 4-7
ถังเก็บน้ำร้อน



ก. ถังแบบนอน



ข. ถังแบบตั้ง

พลังแสงอาทิตย์นี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการเก็บความร้อน ซึ่งมีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 0.004186 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมต่อองศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้สารอื่นเป็นตัวกลาง เช่น ในประเทศที่มีอากาศหนาว ไม่สามารถใช้น้ำได้เพราะน้ำจะแข็งตัวอาจทำให้เกิดการแตกร้าวได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ค่าความร้อนจำเพาะก็จะเปลี่ยนไปตามประเภทของสารนั้น ๆ อย่างไรก็ตามจากการปฏิบัติงานและการใช้กันตามสถานที่ต่าง ๆ ปรากฏว่าถังเก็บน้ำร้อนแบบที่อุณหภูมิของน้ำในถังเท่ากัน (nonstratified tank) อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นเมื่อไหลผ่านแผงแต่ละครั้งเท่ากับ 10° เซลเซียส ขนาดของถังเก็บน้ำร้อนเท่ากับ 70 ลิตรต่อพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร (ในกรณีที่แผงรับแสงอาทิตย์เป็นแบบแผ่นดูดทาสีดำด้านมีกระจกปิดด้านบน 1 ชั้น วางเอียง 14° ที่กรุงเทพ) และอัตราพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน บนระนาบระดับเท่ากับ 17,000 กิโลจูลต่อวันต่อตารางเมตร โดยที่มีอัตราการสูญเสียความร้อนของระบบเท่ากับ 5% ของพลังงานที่ผลิตได้)[1] ถังเก็บน้ำร้อนนิยมทำหน้าตัดกลม อาจออกแบบให้วางนอนหรือตั้งขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานที่ที่นำไปติดตั้ง ขนาดของถัง ตำแหน่งและทางเข้าออกของน้ำ (รูปที่ 4-7 และตารางที่ 4.3) แต่จะสามารถคำนวณหาปริมาตรของถังได้จากสูตร

$$V = \frac{J_T \eta_{cd} A_C (1 - \eta_L) - Q_{LT}'}{(t_{end} - t_s) C_s}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของถังเก็บน้ำร้อน .... (m^3)

Q_{LT}' ปริมาณน้ำร้อนที่จ่ายไปในระหว่างการเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ ..... (MJ/วัน)

J_T = พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวหน้าของแผ่นรับพลังงาน ..... (MJ/m^2/วัน)

η_{cd} = ประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ต่อวัน

A_C = พื้นที่เก็บพลังงานความร้อน .... (m^2)

---

[1] เรื่องเดียวกัน, หน้า 47.

ตารางที่ 4-3 ขนาดของถังเก็บน้ำร้อนและตำแหน่งของทางน้ำไหลเข้าออกจากถัง

เส้นผ่าศูนย์กลาง		ความยาว		ความจุ		ขนาดทางน้ำเข้า-ออก							
นิ้ว	ซม.	ฟุต	เมตร	แกลลอน	ลิตร	ก-ข		ค-ง				R-MAX	
						นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.
24	61	4	1.2	84	318							10	25.4
		5	1.5	107	405							16	40.6
		6	1.8	130	492							22	55.8
						1.5	3.8	1	2.5	1	2.5		
		7	2.1	153	579							28	71.1
		8	2.4	176	666							34	86.7
		10	3.0	222	840							46	218.4
30	76	4	1.2	127	481							8	20.3
		5	1.5	163	617							14	35.6
		6	1.8	199	753							20	50.8
		7	2.1	235	890	1.5	3.8	1	2.5	1	2.5	26	66.0
		8	2.4	270	1022							32	81.3
		9	2.7	306	1158							38	96.5
		10	3.0	342	1295							44	111.8
36	91	5	1.5	232	878							13	33.0
		6	1.8	284	1075							19	48.3
		7	2.1	335	1268							25	63.5
*		8	2.4	387	1465							31	78.7
						2	5	1.5	3.8	1	2.5		
		9	2.7	439	1622							37	94.0
		10	3.0	490	1855							43	109.2
		12	3.6	594	2249							55	139.7
		14	4.2	697	2638							67	170.2

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

เส้นผ่าศูนย์กลาง		ความยาว		ความจุ		ขนาดทางน้ำเข้า-ออก							
						ก-ข		ค-ง		จ		R-MAX	
นิ้ว	ซม.	ฟุต	เมตร	แกลลอน	ลิตร	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.
* 42	107	6	1.8	379	1435							17	43.2
		7	2.1	450	1703							23	58.4
		8	2.4	520	1968	2.5	6.3	1.5	3.8	1.5	3.8	29	73.7
		9	2.7	591	2237							35	88.9
		10	3.0	661	2502							41	104.1
		12	3.6	802	3036							53	134.6
		14	4.2	943	3570	2.5	6.3	1.5	3.8	1.5	3.8	65	165.1
		16	4.8	1084	4103							77	195.6
48	122	6	1.8	490	1849							16	40.6
		8	2.4	675	2555							28	71.1
		10	3.0	860	3255							40	101.6
		12	3.6	1045	3956	2.5	6.3	2	5	1.5	3.8	52	132.1
		14	4.2	1230	4656							64	162.6
		16	4.8	1415	5356							76	193.0
		18	5.4	1600	6057							88	223.5
54	137	8	2.4	844	3195							26	66.0
		10	3.0	1077	4077							38	96.5
		12	3.6	1311	4963							50	127.0
		14	4.2	1543	5852	2.5	6.3	2	5	1.5	3.8	62	157.5
		16	4.8	1780	6738							74	188.0

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

เส้นผ่าศูนย์กลาง		ความยาว		ความจุ		ขนาดทางน้ำเข้า-ออก							
						ก-ข		ค-ง		จ		R-MAX	
นิ้ว	ซม.	ฟุต	เมตร	แกลลอน	ลิตร	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.	นิ้ว	ซม.
54	137	18	5.4	2014	7624							86	218.4
		20	6.0	2248	8510							98	248.9
60	152	8	2.4	1030	3899							25	63.5
		10	3.0	1320	4997							37	94.0
		12	3.6	1609	6091							49	124.5
		14	4.2	1899	7189	3	7.5	2.5	6.3	1.5	3.8	61	154.9
		16	4.8	2188	8283							73	185.4
		18	5.4	2478	9380							85	215.9
		20	6.0	2768	10478							97	246.4
		24	6.6	3347	12670							119	302.3
		30	9.0	4215	15956							157	398.8

*คือค่าใกล้เคียงของถังขนาดมาตรฐานที่อาจจะเลือกใช้ได้

t_{end} = อุณหภูมิของน้ำเมื่อสิ้นสุดการเก็บพลังงาน ....($^{\circ}$C)

t_s = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มรับพลังงาน ....($^{\circ}$C)

η_L = การสูญเสียความร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนและท่อต่าง ๆ ในระบบ

C = ค่าความร้อนจำเพาะ

S = น้ำหนักจำเพาะ

จากข้อมูลและการคำนวณข้างต้นจะได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

Q_{LT} จากการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ต่อวันดังกล่าวข้างต้นจะเท่ากับ 10,000 ลิตรต่อวัน แต่ลักษณะของการทำน้ำร้อนนั้นจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วงเช้าและบ่าย ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละช่วงจะเท่ากับ 5,000 ลิตร และปริมาณน้ำร้อนที่จ่ายจะคำนวณเช่นเดียวกับปริมาณความร้อนที่ใช้ต่อวัน จากสูตร $Q_L = Q_d(t_{end}-t_s)C_p$ ดังนั้นปริมาณน้ำร้อนที่จ่ายไปในระหว่างการเก็บพลังงานจะเท่ากับ 5,000 (60 – 29) คูณ $\frac{4.19}{1000}$ MJ/วัน หรือเท่ากับ 649.45 MJ/วัน

J_T = 14.55 MJ/ m^2 /วัน

η_{cd} = 0.55

A_C = 170.87

t_{end} = 60 $^{\circ}$C

t_s = 29 $^{\circ}$C

η_L = 0.05

C ในกรณีใช้น้ำ ค่า C = 4.1868 KJ/kg $^{\circ}$C

S ในกรณีใช้น้ำ ค่า S = 1000 kg/m^3

แทนค่าจากสูตร

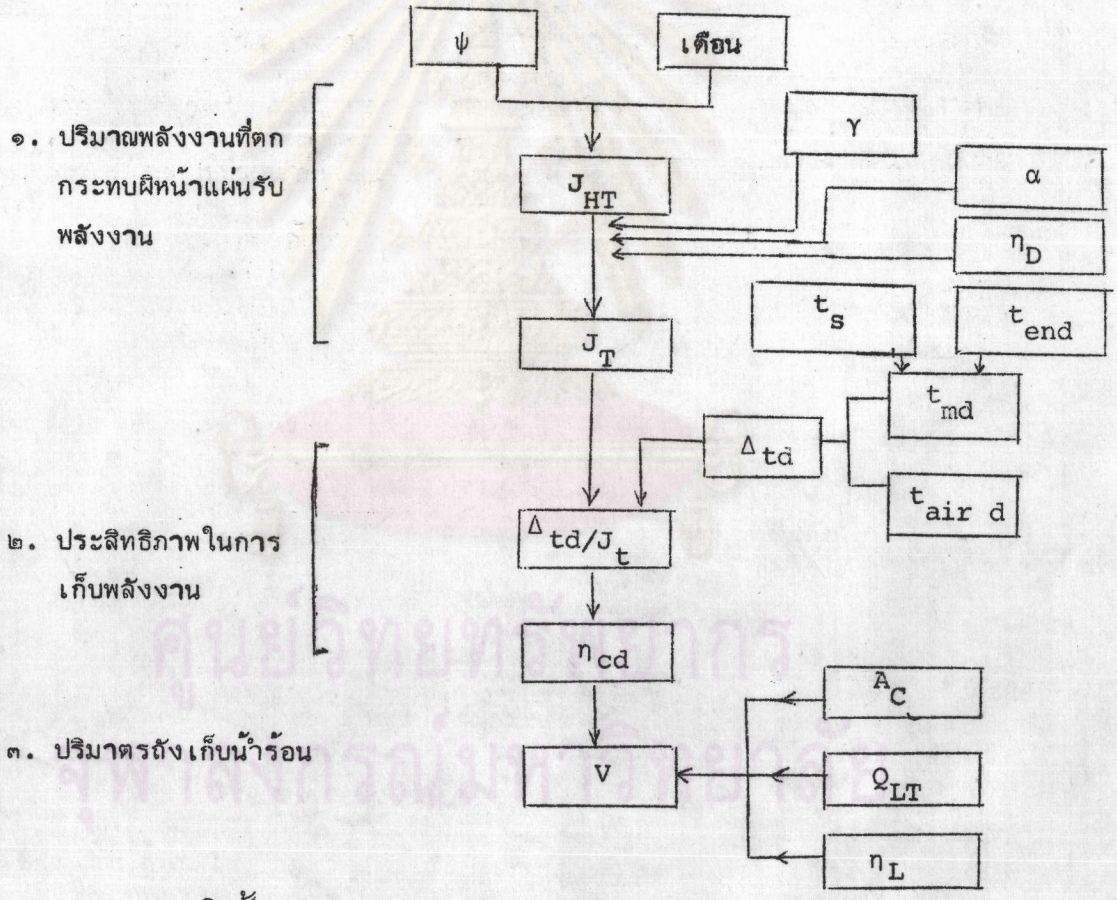
$$V = \frac{14.55 \times 0.55 \times 170.87\ (1-0.05) - 649.45}{(60 - 29)\ 4.19}$$

$$5.0009\ m^3$$

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าปริมาตรของถังเท่ากับ 5 ลูกบาศก์เมตร แต่จากลักษณะของการใช้น้ำร้อนในโรงแรมนั้นจำเป็นต้องใช้ตลอดวัน ดังนั้น ในทางปฏิบัติปริมาตรของถังที่จะใช้จึงเท่ากับ 2 เท่า คือ 10 ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 3-1) และแผนภูมิการคำนวณหาปริมาตรถังสามารถสรุปได้ตามแผนภูมิที่ 4-2

แผนภูมิที่ 4-2

แผนผังการคำนวณหาปริมาตรถังเก็บน้ำร้อน



การติดตั้ง

ส่วนประกอบที่ใช้ในการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ขาตั้งเหล็กสำหรับวางแผงรับพลังงานให้เอียงเป็นมุม ซึ่งจะทำมุมเท่าใดนั้นขึ้นกับสถานที่ที่ติดตั้ง (เช่น ถ้าติดตั้งที่กรุงเทพฯ ซึ่งตั้งอยู่ที่เส้นรุ้ง 14° ก็ควรจะวางเอียงทำมุม 14°) ท่อน้ำต่อระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์กับถังเก็บน้ำร้อน ฉนวนกันความร้อนหุ้มท่อน้ำร้อน วาล์ว และระบบควบคุม

รูปที่ 4-8

การติดตั้งแผงรับพลังงานบนหลังคาโรงแรมอินทรา หาดใหญ่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากการติดตั้งแผงรับพลังงานของกิจการโรงแรมโดยทั่วไปจะใช้แผงรับแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องนำแผงนั้นมาต่อเข้าด้วยกัน ปกติมักจะต่อแบบอนุกรม แต่จะอนุกรมกี่แผงนั้นขึ้นอยู่กับผู้ติดตั้ง เช่น ถ้าต่อแบบอนุกรม 3 แผงก็หมายความว่าน้ำที่ออกจากแผงหนึ่งจะไปเข้าแผงถัดไปจนครบ 3 แผง แล้วจึงไหลออกไปใช้หรือเก็บในถังต่อไป โดยให้ปั๊มช่วยในการไหลของน้ำที่ผ่านแผงและในระบบ

ตัวอย่างของโรงแรมซึ่งติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และสถานที่ต่าง ๆ กัน

ชื่อโรงแรม	สถานที่	จำนวนแผง	จำนวนห้อง	มุมของแผง	ปริมาตรถัง (m^3)
ทรอปิกานา	พัทยา	161	190	13°	20
โรสอินน์	พิจิตร	72	100	14°	10
อินทรา	หาดใหญ่	72	100	12°	10
รามาดา	กรุงเทพ	28	58	14°	6
เวียงอินทร์	เชียงใหม่	119	119	15°	20

<u>พลังงานเสริม</u>

หน่วยผลิตพลังงานเสริมปกติจะเป็นหม้อต้มน้ำใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง หรืออาจใช้ฮีทเตอร์ไฟฟ้า สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้กับงานที่ต้องการน้ำร้อนปริมาณแน่นอน เช่น โรงแรมหรือโรงงานอุตสาหกรรม จำเป็นที่จะต้องมีหน่วยผลิตพลังงานเสริม แต่ถ้าเครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้ตามบ้านที่อยู่อาศัยนั้นไม่จำเป็น จะมีหรือไม่แล้วแต่ความต้องการของผู้อยู่อาศัยเป็นราย ๆ

การติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมเข้ากับระบบเครื่องทำน้ำร้อนนั้นทำได้ 3 แบบ คือ ติดเข้าไปในถังเก็บน้ำร้อน หรือติดตั้งในที่ที่น้ำร้อนต้องไหลผ่านก่อนนำไปใช้ หรือติดตั้งก่อนที่น้ำจะไหลเข้าไปในถังเก็บน้ำร้อน ซึ่งการติดตั้งในกรณีหลังนี้ ถ้าน้ำในถังไม่ร้อนน้ำจะไม่ไหลเข้าถัง แต่จะไหลผ่านหน่วยพลังงานเสริมและนำไปใช้ทันที ซึ่งกูเทียเรช

(Gutierrez)[1] ได้ศึกษาถึงความได้เปรียบเสียเปรียบของการติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมทั้งสามแบบ โดยพิจารณาตัวแปรประกอบดังนี้

1. ช่วงระยะเวลาที่ใช้น้ำร้อน เช่น เช้า กลางวัน เย็น
2. ขนาดของอัตราการใช้น้ำร้อนต่อพื้นที่รับแสง
3. ขนาดถังเก็บน้ำร้อนต่อพื้นที่รับแสง
4. ระดับอุณหภูมิที่ตั้งเทอร์โมแสตทไว้

ในการคำนวณอัตราส่วนพลังงานเสริมที่ต้องใช้ต่อพลังงานที่ใช้ทั้งหมดนั้น เขากำหนดให้ตัวแปรทั้งสี่คงที่ชั่วขณะ แต่เปลี่ยนลักษณะการติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมไป 3 แบบ ค่าที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-3 ซึ่งสรุปผลการคำนวณได้ดังนี้

1. ถ้าตั้งดิฟเฟอร์เรนเชียล เทอร์โมแสตท เพื่อให้ปั๊มทำงาน โดยระดับอุณหภูมิทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกับอากาศโดยรอบแผงแล้ว การติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมทั้ง 3 แบบให้ผลแตกต่างเพียงเล็กน้อย โดยการติดตั้งที่ตำแหน่งก่อนนำน้ำร้อนไปใช้เป็นแบบที่ดีที่สุด คือใช้ปริมาณพลังงานเสริมต่ำสุด

2. ถ้าเพิ่มระดับอุณหภูมิทำงานของแผงไปอยู่ประมาณ 43°C หรือสูงกว่า การติดต่อหน่วยพลังงานเสริมที่ตำแหน่งก่อนนำน้ำร้อนไปใช้จะให้ผลดีชัดยิ่งขึ้น

การที่การติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมในตำแหน่งที่ก่อนนำน้ำร้อนไปใช้ดีกว่าแบบอื่นโดยเฉพาะที่ระดับอุณหภูมิทำงานของระบบสูง เพราะการติดตั้งในถังเก็บน้ำร้อน น้ำในถังจะร้อน ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์ทำงานที่ระดับอุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพของแผงจึงต่ำลง สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ได้น้อย ส่วนการติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมในตำแหน่งที่น้ำเย็นต้องไหลผ่านก่อนนั้น ถ้าอุณหภูมิน้ำในถังไม่สูงพอแล้ว น้ำจะไหลผ่านหน่วยผลิตพลังงานเสริมออกไปใช้งานเลย ทำให้การใช้ประโยชน์จากน้ำร้อนที่เก็บไว้ในถังไม่ดี

---

[1] John A. Duffie, William A Beckman, Solar Energy Thermal Processes 1974, p. 260-261.

ตารางที่ 4-3 อัตราการใช้พลังงานเสริมต่อพลังงานที่ใช้ทั้งหมด (Gutierrez et.al. 1974)

ชนิดของระบบ					ลักษณะการติดตั้งพลังงานเสริม		
1	2	3	4	5	ก	ข	ค
กลางวัน	8755	105.3	32.2	ร	0.17	0.16	0.18
"	12284	105.3	32.2	ร	0.32	0.31	0.35
"	17549	105.3	32.2	ร	0.50	0.49	0.53
เช้าตรู่	8775	105.3	32.2	ร	0.34	0.33	0.35
"	12285	105.3	32.2	ร	0.52	0.51	0.53
"	17549	105.3	32.2	ร	0.66	0.66	0.67
กลางวัน	8775	210.6	32.2	ร	0.12	0.11	0.12
"	12284	210.6	32.2	ร	0.26	0.24	0.26
"	17549	210.6	32.2	ร	0.46	0.44	0.46
เช้าตรู่	8775	210.6	32.2	ร	0.20	0.18	0.21
"	12284	210.6	32.2	ร	0.35	0.33	0.35
"	17549	210.6	32.2	ร	0.53	0.51	0.54
กลางวัน	8775	421.2	32.2	ร	0.09	0.08	0.10
"	12284	421.2	32.2	ร	0.20	0.18	0.21
"	17549	421.2	32.3	ร	0.39	0.38	0.43
เช้าตรู่	8775	421.2	32.2	ร	0.14	0.12	0.15
"	12284	421.2	32.2	ร	0.27	0.24	0.27
"	17549	421.2	32.2	ร	0.46	0.43	0.47
กลางวัน	8775	210.6	32.2	น	0.16	0.15	0.16
"	12284	210.6	32.2	น	0.33	0.31	0.34
"	17549	210.6	32.2	น	0.52	0.51	0.53

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ชนิดของระบบ					ลักษณะการติดตั้งพลังงานเสริม		
1	2	3	4	5	ก	ข	ค
เช้าตรู่	8775	210.6	32.2	น	0.26	0.23	0.27
"	12284	210.6	32.2	น	0.41	0.40	0.42
"	17549	210.6	32.2	น	0.60	0.58	0.60
กลางวัน	8775	210.6	43.3	ร	0.14	0.12	0.16
"	12284	210.6	43.3	ร	0.28	0.26	0.32
เช้าตรู่	8775	210.6	43.3	ร	0.22	0.19	0.25
"	12284	210.6	43.3	ร	0.37	0.33	0.40
"	17549	210.6	43.3	ร	0.54	0.53	0.57
"	8775	210.6	65.5	ร	0.30	0.24	0.39
"	12284	210.6	65.5	ร	0.46	0.39	0.55
"	17549	210.6	65.5	ร	0.66	0.54	0.68

หมายเหตุ ในช่องของระบบมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

ช่อง 1 ลักษณะการใช้น้ำร้อน ระหว่างเวลาเช้าตรู่หรือกลางวัน

2 ขนาดของโลด (load) หมายถึงอัตราการใช้น้ำร้อน/วัน พื้นที่แผง ก.จุลล์/วัน

3 ขนาดถังเก็บน้ำร้อนต่อขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์ ก.จุลล์/ซ.ม^2

4 ระดับอุณหภูมิต่ำสุดที่ตั้งเทอร์โมแสตทไว้ ซ.

5 ช่วงเวลาที่คำนวณ ร-ฤดูร้อน น-ฤดูหนาว

ลักษณะการติดตั้งหน่วยพลังงานเสริม

ก ติดตั้งพลังงานเสริม เช่น ฮีทเตอร์ไฟฟ้าที่ส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อน

ข ติดตั้งที่ตำแหน่งทางออกก่อนนำน้ำร้อนไปใช้

ค ติดตั้งที่ตำแหน่งที่น้ำเย็นไหลผ่านก่อนเข้าถังเก็บน้ำร้อน ถ้าอุณหภูมิของน้ำที่ส่วนบนของถังไม่ร้อนพอ น้ำเย็นเมื่อผ่านเข้าเครื่องกำเนิดพลังงานเสริมแล้วจะถูกนำไปใช้เลย

ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของการติดตั้งระบบ[1]

หลังจากออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายซึ่งต้องนำไปใช้ในการประเมินค่าทางเศรษฐกิจ อาจประเมินได้จากค่าใช้จ่ายตามรายการข้างล่างนี้

1. แผงรับแสงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับชนิดแผงที่ใช้ ราคาโดยเฉลี่ยของแผงต่อพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร เป็นดังนี้

ก. แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นดูดทาสีดำ กระจกชั้นเดียว ราคา 2,500 บาท

ข. แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นดูดทาสีดำ กระจกสองชั้น ราคา 3,300 บาท

ค. แผงรับแสงอาทิตย์มีผิวชีเลคตีฟ กระจกชั้นเดียว ราคา 4,100 บาท

2. ถังเก็บน้ำร้อน สำหรับถังเก็บน้ำร้อนแบบเปิด ถังสองชั้น ขนาดต่ำกว่า 1,000 ลิตร จะต้องสั่งทำ ราคาเฉลี่ยประมาณ 3,000 + 15 บาทต่อปริมาตรหนึ่งลิตร แต่ถ้าเป็นถังขนาดมาตรฐาน 1,500 ลิตร ราคาจะประมาณ 15,000 บาท

3. การติดตั้ง ค่าติดตั้งขึ้นอยู่กับชนิดของระบบ การติดตั้งรวมถึงขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน ค่าท่อน้ำหมุนเวียนและฉนวนหุ้มท่อ ปั๊มน้ำและระบบควบคุม สำหรับระบบน้ำหมุนเวียนตามธรรมชาตินั้น ค่าติดตั้งประมาณ 1,750 + 700 บาท ต่อพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร และระบบซึ่งต้องใช้ปั๊มและระบบควบคุมการทำงานของปั๊ม ค่าติดตั้งประมาณ 13,000 + 5,000 บาท ต่อ 100 แผงรับแสงอาทิตย์ + 680 บาท ต่อพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร

---

[1]รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ, การออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์, วิศวกรรมก้าวหน้า, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2526, หน้า 19.

4. ระบบพลังงานเสริม ในกรณีที่เป็นโรงแรมใหม่ ผู้ออกแบบระบบควรจะคำนึงถึงอัตราความต้องการใช้พลังงานเสริมว่าเป็นกี่เปอร์เซนต์ของพลังงานที่ต้องการทั้งสิ้นซึ่งจากตารางที่ 4-3 อัตราการใช้พลังงานเสริมนั้นสูงถึง 58% ในกรณีที่ติดตั้งหน่วยพลังงานเสริมไว้ที่ตำแหน่งซึ่งเป็นทางออก ก่อนที่จะนำน้ำร้อนไปใช้ แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลดังกล่าว เมื่อทราบอัตราการใช้พลังงานเสริมก็สามารถคำนวณหาขนาดของหน่วยพลังงานเสริมได้ว่าควรจะเป็นเท่าใด ในทางปฏิบัติผู้ลงทุนมักจะคิดเสมือนว่าใช้พลังงานเสริมทั้ง 100 เปอร์เซนต์ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จึงเพิ่มขึ้นอีกเท่ากับจำนวนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่น ซึ่งราคาของหม้อต้มน้ำที่ใช้น้ำมันเตาสำหรับการใช้ในโรงแรมขนาด 100 ห้อง เพื่อผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิ 60°ซ. นั้น จะแตกต่างกันตามปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ จากข้อมูลที่ได้จากบริษัทผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องทำน้ำร้อน ปรากฏว่าหม้อต้มน้ำขนาด 1,760 2,700 ปอนด์ต่อชั่วโมง จะมีราคาตั้งแต่ 300,000 ถึง 700,000 บาท

สรุปในการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกิจการโรงแรมนั้นจะต้องพิจารณาสภาพของภูมิอากาศ ลักษณะของสถานที่ที่จะติดตั้ง ตลอดจนข้อมูลการใช้น้ำร้อนเพื่อกำหนดจำนวนแผงรับพลังงานและขนาดถังเก็บน้ำร้อนที่เหมาะสม ในปัจจุบันระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นจากผู้ใช้ประเภทที่อยู่อาศัย คอนโดมิเนียมและโรงแรม แต่ผู้ใช้ระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนมากก็ยังไม่แน่ใจว่าระบบดังกล่าวจะประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากน้อยเพียงใด ที่ติดตั้งระบบนี้ก็เพราะได้รับคำแนะนำจากวิศวกรผู้ออกแบบ และบริษัทผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ด้านนี้ซึ่งมักจะอ้างข้อมูลเฉพาะส่วนที่เป็นประโยชน์กับบริษัทเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงผลจากการลงทุนดังกล่าวว่าจะคุ้มค่าเพียงใดหรือไม่ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป