จากภาพที่ 5.10 – ภาพที่ 5.23 สามารถสรุปได้ว่า การใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งที่มุม 38 องศา สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้เซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศากับแนวระนาบได้มากที่สุด ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3
ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และสัดส่วนกำลังไฟฟ้า
ที่ผลิตได้จาก PV 14° PV 90° และ PV 90° Ref 38°

เดือน	PV	Power (W)	Radiation (kW/m^2)	Power/Radiation (Percent)	สัดส่วน PV14° : PV90° : PV90° Ref38°
ม.ค.–พ.ย.	PV 14°	11.86	0.56	2.12	1.59 : 1 : 1.53
	PV 90°	7.44		1.14	
	PV 90°Ref 38°	11.36		2.03	
ก.พ.–ต.ค.	PV 14°	10.46	0.35	2.99	1.89 : 1 : 1.63
	PV 90°	5.54		1.58	
	PV 90°Ref 38°	9.05		2.59	
มี.ค.–ก.ย.	PV 14°	10.45	0.31	3.37	1.89 : 1 : 1.41
	PV 90°	5.54		1.79	
	PV 90°Ref 38°	7.84		2.53	
เม.ย.–ส.ค.	PV 14°	11.11	0.31	3.58	1.89 : 1 : 1.41
	PV 90°	2.45		0.79	
	PV 90°Ref 38°	3.69		1.05	
พ.ค.–ก.ค.	PV 14°	11.11	0.35	3.17	4.50 : 1 : 1.5
	PV 90°	2.45		0.70	
	PV 90°Ref 38°	3.69		1.05	
มิ.ย.	PV 14°	16.04	0.35	4.58	5.33 : 1 : 1.43
	PV 90°	3.01		0.86	
	PV 90°Ref 38°	4.31		1.23	
ธ.ค.	PV 14°	11.86	0.56	2.12	1.59 : 1 : 1.53
	PV 90°	7.44		1.14	
	PV 90°Ref 38°	11.36		2.03	

อัตราส่วนกำลังไฟฟ้าจากตารางที่ 5.3 นำไปสู่การเลือกติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน เช่น จากอัตราส่วนในเดือนกุมภาพันธ์และตุลาคม 1.89 : 1 : 1.63 แสดงว่าการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้งในที่มุม 14 องศาได้เท่ากับ 60 วัตต์ต่อ ชั่วโมง จะพบว่าการเปลี่ยนมาติดตั้งที่มุม 90 องศาจะได้ไฟฟ้าเท่ากับ 31.58 วัตต์ ต่อ ชั่วโมง และถ้าหากนำมาติดตั้งที่มุม 90 องศาและติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงเพิ่มที่มุม 38 องศา จะสามารผลิตกำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 50.53 วัตต์ เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากเหตุผลที่ว่าเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงในปริมาณเพิ่มขึ้นก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น ซึ่งปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ดังข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลาที่อุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งที่มุม 38 องศา สามารถเพิ่มปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศา ได้มากได้แก่ เดือนมกราคมถึงเมษายน และเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม โดยที่ได้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดในเดือน ธันวาคม ส่วนในช่วงเวลาที่อุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียง 38 องศาส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าได้น้อย ได้แก่เดือน พฤษภาคม ถึงมิถุนายน โดยให้กำลังไฟฟ้าต่ำที่สุดในเดือนมกราคม และ ธันวาคม

ส่วนค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศานั้นพบว่า เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 90 องศา มีค่าต่างกันเล็กน้อยโดยเฉลี่ยแล้วเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.94

5.2 สรุปผลด้านการนำไปใช้

5.2.1 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นและความคุ้มทุนในอาคารตัวอย่าง

จากข้ออภิปรายผลข้างต้นแสดงว่าการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบนั้นไม่เหมาะกับบริบทของประเทศไทยในด้านพลังงานซึ่งทำให้ระยะเวลาคืนทุนนานแม้ว่าจะทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงเพิ่มแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากในการนำหลักการที่ได้จากการวิจัยไปใช้งานในอาคารจริงนั้นยังมีปัจจัยอื่น ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการใช้พลังงานทดแทนที่สามารถนำค่าพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ยังสามารถนำมาใช้ทดแทนค่าไฟฟ้าได้ ซึ่งนี่เป็นเหตุผลประการหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุนการใช้งานในรูปแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 90 องศา

กรณีตัวอย่างในการคำนวณหาค่าความคุ้มทุนในการคำนวณจะใช้ อาคาร ท.102 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อ. บางกรวย จ. นนทบุรี ดังภาพที่ 5.23 - 5.24

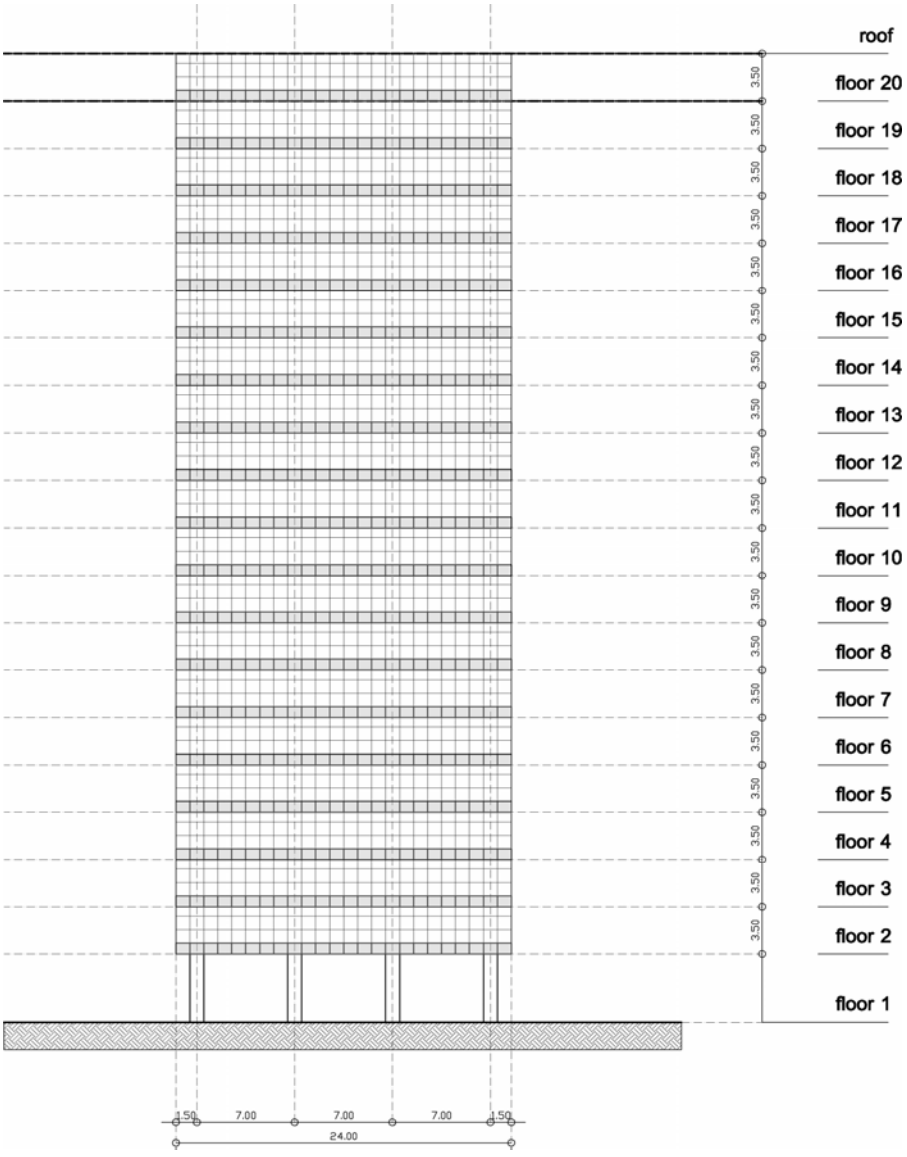
ภาพที่ 5.24
อาคาร ท.102 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อ. บางกรวย จ. นนทบุรี

ที่มา: วรายุตก์ ประดิษฐ์ทัศนีย์, การไฟฟ้าฝ่ายผลิต , 2552.

ในการคำนวณ จะเลือกเฉพาะผนังด้านทิศใต้ของ อาคาร ท.102 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งอาคารดังกล่าวติด PV ทั้งสิ้น 456 แผง ขนาด 0.80 x 1.00 m^2 เป็นชนิด thin film ทั้งหมด มีรายละเอียดดังภาพที่ 5.24

ภาพที่ 5.25

รูปด้านอาคาร ท.102



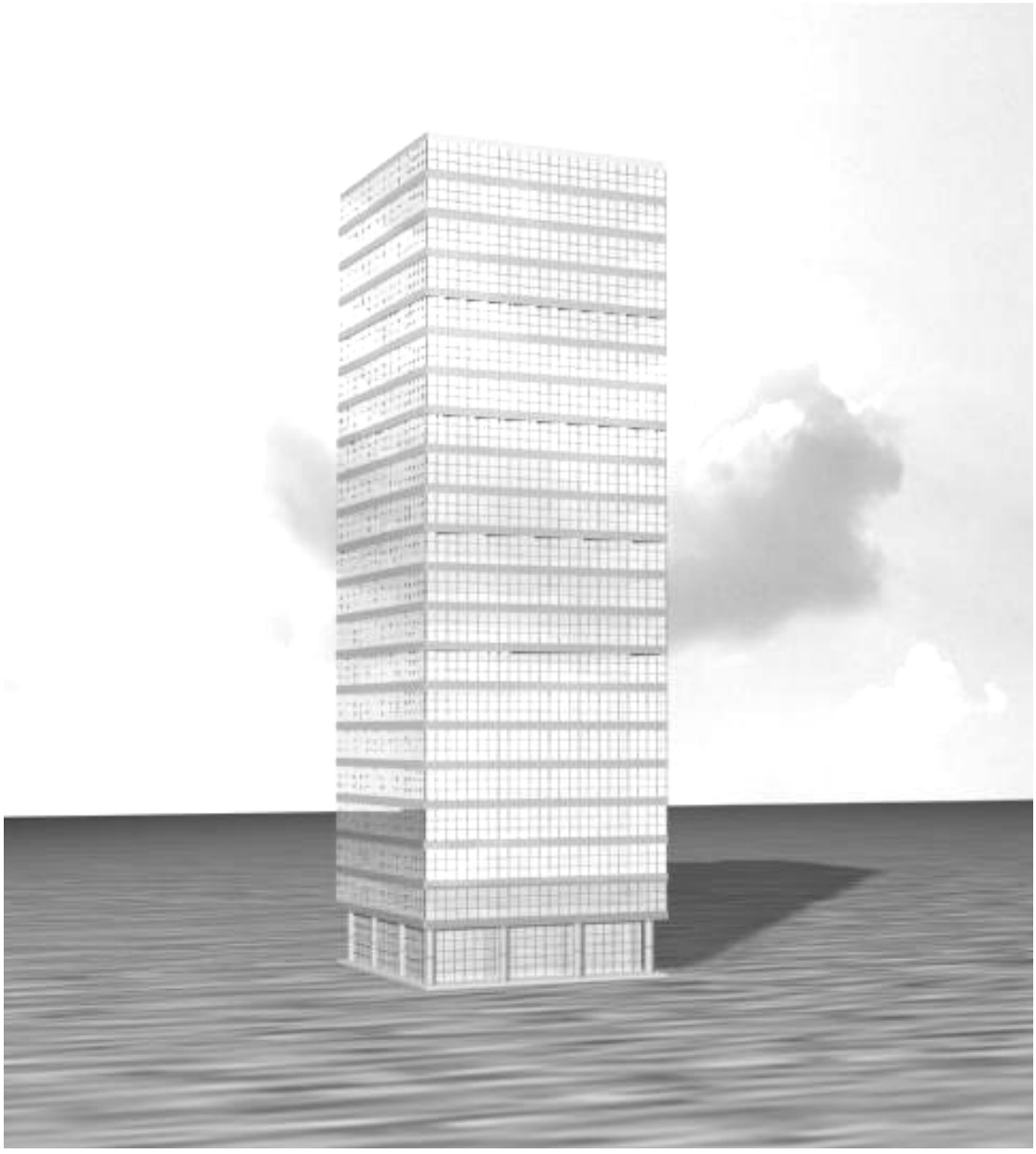
หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

จากภาพที่ 5.24 อาคารดังกล่าวใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศาซึ่งจากการศึกษาพบว่า จะให้กำลังไฟฟ้าน้อย ดังนั้นจึงควรติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงติดตั้งที่มุม

38 องศา เสริมให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศาเดิม เพิ่มให้ได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะอาคาร จะเป็นดังภาพที่ 5.25 และ ภาพที่ 5.26

ภาพที่ 5.26

Perspective อาคาร ท.102



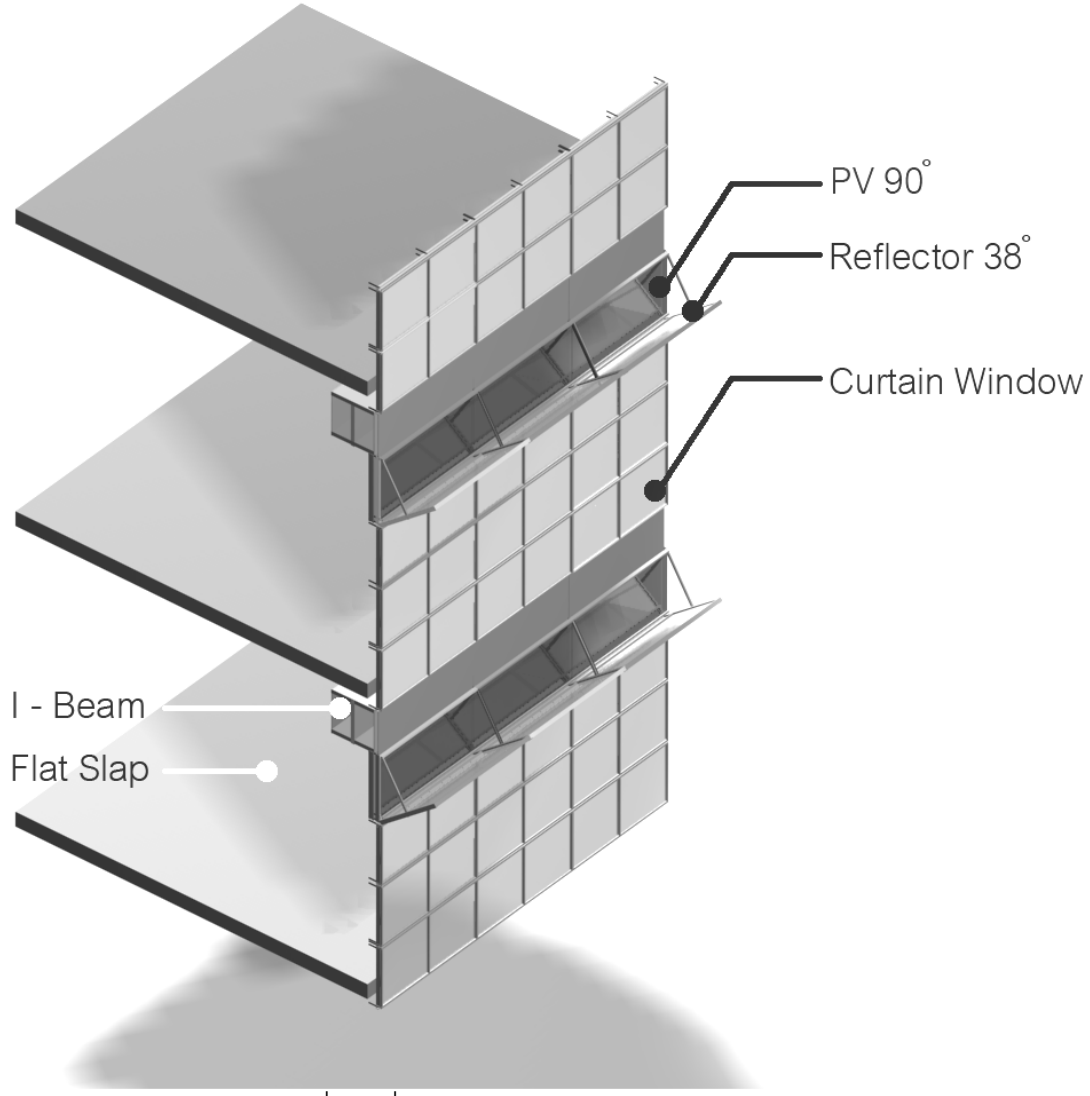
หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ภาพที่ 5.27
Perspective อาคาร ท.102 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 38 องศา

หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 38 องศาให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศาเดิมของอาคาร ท. 102 มีรายละเอียดการติดตั้งดังภาพที่ 5.26 และ ภาพที่ 5.27

ภาพที่ 5.28
รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงที่มุม 38 องศา



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ได้ทำการทดลอง เฉพาะในช่วงเวลา 25 กุมภาพันธ์ 2553 – 31 มีนาคม 2553 ดังนั้น ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่วัดได้จึงมีค่าที่ไม่เป็นไปตามช่วงเวลานั้นจริง เพราะปัจจัยอื่น ๆ ดังเช่น สภาพท้องฟ้า ปริมาณก้อนเมฆ เป็นต้น ดังนั้นในการคำนวณในกรณีตัวอย่างจึงได้ใช้ ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ จากผลการตรวจวัดปี พ.ศ.2550 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเปลี่ยนหน่วยจาก $MJ/m^2 \cdot day$ เป็น kW/m^2 ดังนี้

$$1\ MJ/m^2 \cdot day = 3.6\ kWh/m^2 \qquad \text{(สมการที่ 5.1)}$$

ผลที่ได้สามารถนำไปหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ ซึ่งสามารถมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4

ค่ากำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้จาก PV 14° PV 90° และ PV 90° Ref 38° จากค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เดือน	Radiation (2550)		PV	Power/Radiation (Percent)	Power (W)
	MJ/m^2day	kW/m^2			
ม.ค.	15.84	0.18	PV 14°	2.12	3.82
			PV 90°	1.14	2.05
			PV 90°Ref 38°	2.03	3.65
ก.พ.	19.19	0.22	PV 14°	2.99	6.58
			PV 90°	1.58	3.48
			PV 90°Ref 38°	2.59	5.70
มี.ค.	20.24	0.23	PV 14°	3.37	7.75
			PV 90°	1.79	4.12
			PV 90°Ref 38°	2.53	5.82
เม.ย.	18.67	0.22	PV 14°	3.58	7.88
			PV 90°	0.79	1.74
			PV 90°Ref 38°	1.05	2.31
พ.ค.	16.54	0.19	PV 14°	3.17	6.02
			PV 90°	0.70	1.33
			PV 90°Ref 38°	1.05	2.00
มิ.ย.	17.95	0.21	PV 14°	4.58	9.62
			PV 90°	0.86	1.80
			PV 90°Ref 38°	1.23	2.58

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ค่ากำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้จาก PV 14° PV 90° และ PV 90° Ref 38° จากค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

เดือน	Radiation (2550)		PV	Power/Radiation (Percent)	Power (W)
	Mj/m^2day	kW/m^2			
ก.ค.	15.39	0.18	PV 14°	3.17	5.71
			PV 90°	0.70	1.26
			PV 90°Ref 38°	1.05	1.89
ส.ค.	15.41	0.18	PV 14°	3.58	6.44
			PV 90°	0.79	1.42
			PV 90°Ref 38°	1.05	1.89
ก.ย.	15.92	0.18	PV 14°	3.37	6.07
			PV 90°	1.79	3.22
			PV 90°Ref 38°	2.53	4.55
ต.ค.	13.08	0.15	PV 14°	2.99	4.49
			PV 90°	1.58	2.37
			PV 90°Ref 38°	2.59	3.89
พ.ย.	16.00	0.19	PV 14°	2.12	4.03
			PV 90°	1.14	2.17
			PV 90°Ref 38°	2.03	3.86
ธ.ค.	16.51	0.19	PV 14°	2.12	4.03
			PV 90°	1.14	2.17
			PV 90°Ref 38°	2.03	3.86

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550.

จากตารางที่ 5.4 สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงที่มุม 38 องศา กับเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งที่มุม 90 องศา จากสมการ

$$P_x = (P_{PV\ 90\ ref\ 38}) - (P_{PV\ 90}) \qquad \text{(สมการที่ 5.2)}$$

โดยที่

P_x หมายถึง กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งที่มุม 90 องศา (วัตต์)

$P_{PV\ 90\ ref\ 38}$ หมายถึง กำลังไฟฟ้า (วัตต์) จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งที่มุม 90 องศา พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงเอียง 38 องศา

$P_{PV\ 90}$ หมายถึง กำลังไฟฟ้า (วัตต์) จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศา

นำค่า P_x ที่ได้จากสมการมาหาค่า หน่วยไฟฟ้าต่อเดือน ที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศา พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงเอียง 38 องศา จากสมการ

หน่วยไฟฟ้า $= (P_x) \times (60) / (1000)$ (สมการที่ 5.3)

นำค่า หน่วยไฟฟ้าที่ได้ จากสมการที่ 5.2 มาหา จำนวนที่เพิ่มขึ้น ต่อ ปี เมื่อทำการติดตั้ง อุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศา (โดยที่อัตราค่าไฟฟ้า ณ พุทธศักราช 2553 หน่วยละ 2.978 บาท ต่อ หน่วย) จากสมการ

จำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น ต่อ ปี = หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตเพิ่มขึ้น x (10 ช.ม. / วัน) x (จำนวนวัน) x (2.978 บาท) (สมการที่ 5.4)

ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 5.1 สมการที่ 5.2 และสมการที่ 5.3 สามารถนำค่าหน่วยไฟฟ้าที่ได้เพิ่มต่อเดือน และจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้นต่อปี ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5

หน่วยไฟฟ้า (P_x) และจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น (บาทต่อปี) เมื่อติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงมุม 38 องศา ให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ

เดือน	P_x (วัตต์)	หน่วยไฟฟ้าที่ได้เพิ่ม (หน่วย ต่อ เดือน)	จำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น (บาท)
มกราคม	1.60	29.76	88.63
กุมภาพันธ์	2.22	37.30	111.07
มีนาคม	1.70	31.62	94.16

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

เดือน	P_x (วัตต์)	หน่วยไฟฟ้าที่ได้เพิ่ม (หน่วย ต่อ เดือน)	จำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น (บาท)
เมษายน	0.57	10.26	30.55
พฤษภาคม	0.67	12.46	37.11
มิถุนายน	0.78	14.04	41.81
กรกฎาคม	0.63	11.72	34.90
สิงหาคม	0.47	8.74	26.03
กันยายน	1.33	23.94	71.29
ตุลาคม	1.52	28.27	84.19
พฤศจิกายน	1.69	30.42	90.59
ธันวาคม	1.69	31.43	93.61
รวม		**269.96**	**803.94**

การคำนวณค่าความคุ้มทุน

อุปกรณ์สำหรับติดตั้ง เช่น ขาตั้งเหล็ก และ อุปกรณ์จับยึด ราคารวม 2,500 บาท

ค่าแผ่นกระจกสะท้อนแสง (กระจกนิรภัย) 200 บาท/ตารางฟุต

หรือ = (200 $\frac{\text{บาท}}{\text{ตร.ฟุต}}$) / (0.0929 $\frac{\text{ตร.ม.}}{\text{ตร.ฟุต}}$)

= 2,152.85 บาท/ตารางเมตร

ดังนั้น ค่าแผ่นกระจกสะท้อนแสง เท่ากับ = (2,152.85 $\frac{\text{บาท}}{\text{ตร.ม.}}$) x (0.80 ตร.ม)

= 1,722.28 บาท

รวมราคาอุปกรณ์สำหรับติดตั้ง และราคาแผ่นกระจกสะท้อนแสง 1 ชุด

= (2,500 บาท) + (1,722.28 บาท)

= 4,222.28 บาท

จากระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / ผลประหยัดต่อชุดต่อปี

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน = $\frac{\text{(4,222.28 บาท)}}{\text{(892.57 บาท / ปี)}}$

= 4.73 ปี

จากภาพที่ 5.23 – ภาพที่ 5.24 อาคารตัวอย่างเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศา เดิมจะสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

อุปกรณ์สะท้อนแสง 1 ชุด สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 892.57 บาท / ปี

ดังนั้นในอาคารตัวอย่างจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงจำนวน 456 ชุด

เพราะฉะนั้น จะได้จำนวนเงินเพิ่มขึ้น = (892.57 บาท / ปี / ชุด) x (456 ชุด)

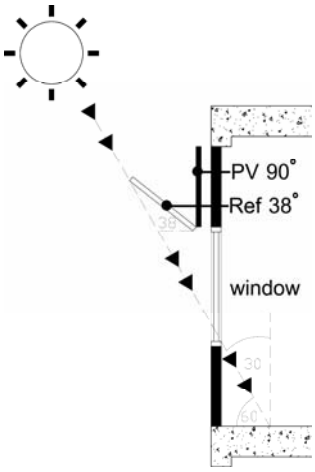
= 407,011.92 บาท / ปี

5.2.2 การบังแดด การลดอุณหภูมิผิวกรอบอาคาร และการใช้พลังงานความร้อน

อุปกรณ์สะท้อนแสงในการวิจัยนี้สามารถเป็นอุปกรณ์บังแดดให้ช่องเปิดด้านล่างโดยมีหลักการดังภาพที่ 5.29

ภาพที่ 5.29

การใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงทำมุม 38 องศา เป็นแผงบังแดด

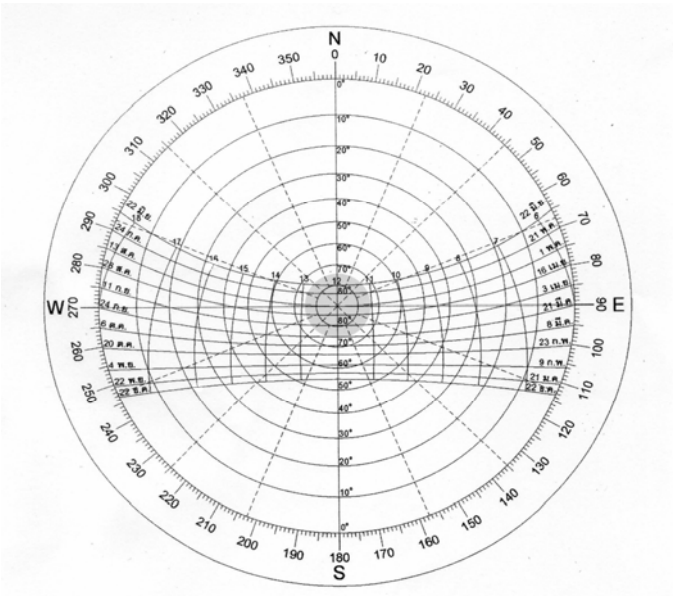


หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

พิจารณาจากภาพที่ 5.29 จะพบว่าอุปกรณ์สะท้อนแสง สามารถบังแดดได้ในช่วงเดือน มีนาคม ถึงกันยายน และมีระยะเวลามากที่สุด ในช่วงเวลา 11.15 น. – 12.15 น. ของเดือนพฤษภาคม

ภาพที่ 5.30

การโคจรของดวงอาทิตย์แสดงช่วงเวลาที่อุปกรณ์สะท้อนแสง
ที่เอียงทำมุม 38 องศา สามารถบังแดดเข้าสู่อาคารได้ทั้งหมด (ส่วนที่แรเงา)



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

อุปกรณ์สะท้อนแสงมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานของอาคารที่ปรับอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มุมอุณหภูมิสูงที่สุดของวัน ซึ่งหากใช้แผงบังแดดที่เอียงทำมุม เท่ากับ 14 องศา ก็สามารถช่วยเพิ่มพื้นที่ร่มเงาได้เพิ่มขึ้นอีกแต่ก็จะได้กำลังไฟฟ้าลดลง ซึ่งในส่วนนี้ผู้ออกแบบและผู้ใช้งานควรพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้ก็จะเกิดประโยชน์คุ้มค่า

นอกจากนี้เซลล์แสงอาทิตย์ในแนวตั้งสามารถบังแดดให้เปลือกอาคารได้ จากการทดลองพบว่าสามารถลดอุณหภูมิผิวลง 1 – 2 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับผนังเปลือย การที่อุณหภูมิที่ด้านล่างของแผงมีค่าสูงโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 42 องศาตลอดทั้งปี สามารถเดินท่อทำน้ำร้อนด้านล่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เอียงทำมุม 38 องศา ทำให้ได้น้ำร้อนมาใช้งานในอาคารได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่ออาคารประเภท โรงพยาบาล สถานอนามัย ที่ต้องใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งเป็นการทำน้ำให้มีอุณหภูมิสูงก่อนจะนำน้ำไปผ่านเครื่องทำน้ำร้อน (Pre-Heat) ตามหลักการ Solar Collector และหากพิจารณาจากผลงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าหลักการของ PV/T นั้นก็ใช้วิธีการนำน้ำไปทำความร้อนโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะเดียวกันน้ำก็เป็นตัวทำให้เซลล์แสงอาทิตย์เย็นลงซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น