

การวิเคราะห์และออกแบบที่ดีที่สุดในการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
ร่วมกับตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย



นายอภิชัย แซ่มพรมราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2554

**ANALYSIS AND OPTIMUM DESIGN OF
THE COMBINED SOLAR REFLECTOR AND
SOLAR COLLECTOR IN THAILAND**

Apichai Champrommarat



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Suranaree University of Technology**

Academic Year 2011

การวิเคราะห์และออกแบบที่ดีที่สุดในการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
ร่วมกับตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.ทวิช จิตรสมบูรณ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อภิชัย แซ่มพรมราช : การวิเคราะห์และการออกแบบที่ดีที่สุดในการใช้แผ่นสะท้อน
รังสีอาทิตย์ร่วมกับตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย (ANALYSIS AND OPTIMUM
DESIGN OF THE COMBINED SOLAR REFLECTOR AND SOLAR COLLECTOR
IN THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์, 254 หน้า

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับรูปแบบการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ในลักษณะต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการรับปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้อาศัยข้อมูลทางสถิติของสภาพภูมิอากาศและความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยในการวิเคราะห์ปัญหา จากข้อมูลที่ได้กล่าวไปข้างต้นสามารถจำแนกรูปแบบรังสีอาทิตย์ได้เป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรกคือรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคกลางจนถึงภาคเหนือ ซึ่งมีทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ดีที่สุดคือวางตัวเบี่ยงจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกประมาณ 1 ถึง 8 องศา ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ดีที่สุดคือ 43 องศาจากพื้นราบและมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นสะท้อนที่ดีที่สุดคือ 87 องศา รูปแบบรังสีอาทิตย์แบบที่สองคือรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคใต้ ซึ่งมีทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ดีที่สุดคือวางตัวเบี่ยงจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกประมาณ 5 ถึง 10 องศา ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ดีที่สุดคือ 40 องศาจากพื้นราบและมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นสะท้อนที่ดีที่สุดคือ 85 องศา ดังนั้นรูปแบบรังสีอาทิตย์ดังกล่าวจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลถึงลักษณะการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมในแต่ละภูมิภาคของประเทศ โดยสัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (mp) ที่เหมาะสมที่สุดควรอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 และสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (ml) ที่เหมาะสมที่สุดควรจะน้อยกว่า 0.1 สำหรับทุกกรณีในการศึกษาวิจัยนี้

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

APICHAJ CHAMPROMMARAT : ANALYSIS AND OPTIMUM DESIGN
OF THE COMBINED SOLAR REFLECTOR AND SOLAR COLLECTOR
IN THAILAND. THESIS ADVISOR : TEERACHART PORNPIBUL,
Ph.D., 254 PP.

SOLAR COLLECTOR / SOLAR REFLECTOR / SOLAR RADIATION PATTERN

The objective of this research is to analyze the effect of dimensions, orientation and inclination angle of solar collector and solar reflector, which affect the amount of solar radiation collected by several types of solar collector and solar reflector emplacement in local area of Thailand. The meteorological information, solar radiation intensity and sun orbit in local area of Thailand are implemented in this study. All of the information above can be classified the solar radiation pattern into 2 patterns. The first one is the central to northern of Thailand, which the best orientation of solar collector is from south to east about 1 – 8 degree. The optimum solar collector's inclination angles are 43 degree from horizontal and optimum angles between solar collector and solar reflector are 87 degree. The second one is the southern of Thailand, which the best orientation of solar collector is from south to east about 5 – 10 degree. The optimum solar collector's inclination angles are 40 degree from horizontal and optimum angles between solar collector and solar reflector are 85 degree. Therefore the solar radiation pattern is an important factor that affects the suitable orientation and inclination angle of collector and reflector in each local area. The optimum np ratio should be between 1 and 10 and optimum ml ratio should be less than 0.1 for all cases in this study.

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2011

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ตลอดจนควบคุมการศึกษาค้นคว้าจนประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ผู้ศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก ดร.วรพจน์ ขำพิศ รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวิช จิตรสมบูรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ตลอดระยะเวลาในการศึกษา รวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามเอกสารอ้างอิงที่ผู้ศึกษาใช้อ้างอิงทางวิชาการ

ขอขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมิวิทยาและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ จนการศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประ โยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ศึกษาวิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตามบูชาแต่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

อภิชัย แซ่มพรมราช



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ป
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 วิธีการศึกษาวิจัย.....	3
1.5 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย.....	4
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 งานวิจัยของ พฤทธิ มานตร สิ้นเดิม ดีโต อนิรุทธิ ต่ายขาว ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และ ศิรินุช จินดารักษ์.....	5
2.2 งานวิจัยของ Hussein, H.M.S., Ahmad, G.E., and Mohamad, M.A.....	7
2.3 งานวิจัยของ Ronnelid, M., and Karlsson, B.....	8
2.4 งานวิจัยของ Perers, B., and Karlsson, B.....	9
3 ทฤษฎี.....	12
3.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์.....	12
3.2 เวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์.....	13
3.2.1 เวลา.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2	โซนเวลามาตรฐาน 13
3.2.3	สมการเวลา..... 14
3.2.4	มุมเดคลิเนชัน 14
3.2.5	เวลาสุริยะ 17
3.2.6	มุมชั่วโมง 17
3.2.7	มุมอัตรจุดดวงอาทิตย์..... 19
3.2.8	มุมอะซิมุทดวงอาทิตย์..... 19
3.2.9	มุมอะซิมุทของพื้นผิว..... 19
3.2.10	มุมอะซิมุทของพื้นผิวกับดวงอาทิตย์..... 19
3.2.11	มุมเอียงของพื้นผิว 19
3.2.12	มุมตกกระทบ..... 20
3.3	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือชั้นบรรยากาศโลก..... 20
3.4	กระบวนการและคุณสมบัติของการแผ่รังสีความร้อน..... 20
3.4.1	ความเข้มของการแผ่รังสี..... 22
3.4.2	การแผ่รังสี 24
3.4.3	การอับรังสี..... 25
3.4.4	เรดิโอซิตี..... 26
3.4.5	วัตถุดำ..... 27
3.4.6	การดูดซึม การสะท้อน และการส่งผ่านรังสีของผิววัตถุ 27
3.4.6.1	สัมประสิทธิ์การดูดซึม 28
3.4.6.2	สัมประสิทธิ์การสะท้อน 29
3.4.6.3	สัมประสิทธิ์การส่งผ่าน..... 30
3.5	การแผ่รังสีระหว่างพื้นผิว..... 31
3.5.1	ความสัมพันธ์กันของตัวประกอบขนาด 33
3.6	กระบวนการรับรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวใด ๆ 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4	รูปแบบรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยและตัวประกอบขนาด 3 มิติ	35
4.1	ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	35
4.2	ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดของกรมพัฒนาพลังงาน ทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.....	36
4.3	แบบจำลองรังสีอาทิตย์ของคู่มือมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์ สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน.....	40
4.4	แบบจำลองรังสีกระจายของ Perez	47
4.4.1	ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า	48
4.4.2	ดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า	48
4.5	ตัวประกอบขนาด 3 มิติ.....	50
5	สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย.....	56
5.1	ข้อกำหนดสำหรับการศึกษาวิจัย.....	56
5.1.1	การกำหนดสัญลักษณ์สำหรับใช้เรียกการศึกษาในกรณีต่าง ๆ.....	56
5.2	สมการค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ.....	57
5.3	วิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย	60
5.3.1	ทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์.....	60
5.3.2	ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์	60
5.3.3	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	61
5.4	วิธีการแลตทิซเสิร์ช.....	61
5.5	วิธีการแลตทิซเสิร์ชกับการศึกษาวิจัย.....	61
5.6	การประดิษฐ์โปรแกรมในการศึกษาวิจัย	62
5.7	วิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย	64
5.7.1	มุมการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้ง ร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	66
5.7.2	มิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์	67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.7.3	มุมมองของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	70
5.7.4	เปรียบเทียบการศึกษาวิจัย.....	73
5.7.5	อิทธิพลของแผ่นสะท้อนผิวมันเงาที่มีต่อรังสีอาทิตย์สุทธิ ที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ	74
5.7.6	เปรียบเทียบผลการศึกษาวิจัย.....	75
5.8	สรุปผลการศึกษาวิจัย	76
5.8.1	สภาพภูมิอากาศและรูปแบบรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย.....	76
5.8.2	มุมการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์ เมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	76
5.8.3	มิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์	77
5.8.4	มุมมองของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	77
6	การนำผลวิจัยมาประยุกต์ใช้งานและข้อเสนอแนะ.....	80
6.1	การนำผลวิจัยมาประยุกต์ใช้งาน.....	80
6.2	การคำนวณหารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ.....	82
6.2.1	ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศเหนือ	82
6.2.2	ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศตะวันออก.....	84
6.2.3	ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศใต้	86
6.2.4	ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศตะวันตก.....	87
6.3	ข้อเสนอแนะ	88
	รายการอ้างอิง	89
	ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด.....	91
ภาคผนวก ข.	ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับความเอียง ของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ความเอียงต่าง ๆ	96

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก.	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับในทศของการวางตัว ทศต่าง ๆ ของตัวรับรังสืออาทิตย์	101
ภาคผนวก ง.	ตัวอย่างการคำนวณและตัวอย่าง ใค้ค โปรแกรมในการคำนวณ คำร้องสืออาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสืออาทิตย์ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร	228
ภาคผนวก จ.	บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	245
ประวัติผู้เขียน		254



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	องศาLongitude สำหรับโซนเวลามาตรฐานในแต่ละภูมิภาคของโลก.....	14
3.2	แปลงวันของแต่ละเดือนเป็นจำนวนวันรายปี.....	15
4.1	ความเข้มรังสีรวมรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือน จังหวัดกรุงเทพมหานคร (เสริม จันทร์ฉาย ปี พ.ศ.2547).....	42
4.2	ข้อมูลความเข้มรังสีกระจายรายชั่วโมงเฉลี่ยของเดือนจังหวัดกรุงเทพมหานคร.....	46
4.3	เกณฑ์การแบ่งสภาพท้องฟ้าจากดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า.....	48
4.4	ค่ารังสีกระจายจากการคำนวณโดยแบบจำลองของ Perez ในจังหวัดต่าง ๆ	50
5.1	ชื่อส่วนที่ 1 จังหวัดที่ทำการศึกษา	58
5.2	ลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุดโดยตัวรับรังสีอาทิตย์ไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อน	66
5.3	ดัชนีปริมาณเมฆและชั่วโมงที่มีแสงเฉลี่ยทั้งปีในแต่ละจังหวัด	66
5.4	มุมการวางตัวที่ดีที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้งร่วมกับ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์	67
5.5	ความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ในแต่ละจังหวัดที่ศึกษาวิจัย.....	73
5.6	ผลการเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนของพื้นที่ต่างชนิดกัน (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1 – C42 – R86).....	74
5.7	ผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบพื้นผิวกระจาย และพื้นผิวมันเงา ตัวอย่างจังหวัดกรุงเทพมหานคร	74
5.8	ลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในจังหวัดต่าง ๆ ที่ศึกษาวิจัย.....	78
5.9	เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับสูงสุดในกรณีติดตั้ง และไม่ติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์.....	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.1	ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในแต่ละทิศของหลังคา..... 81
6.2	ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์บนเงื่อนไขข้อก้ำกั้ในแต่ละทิศของหลังคา..... 82
ก.1	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (กท – AZ-5 – C42 – R 52) 92
ก.2	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (ชม – AZ-6 – C46 – R 48).....92
ก.3	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (นม – AZ-4 – C43– R 52).....93
ก.4	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (อบ – AZ-1 – C42 – R 51).....93
ก.5	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (ปข – AZ-7 – C41 – R 53).....94
ก.6	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (รณ – AZ-8 – C42 – R 56)94
ก.7	สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (สข – AZ-8 – C38 – R 56).....95
ข.1	ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1)..... 97
ข.2	ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (ชม – AZ-6 – np10 – ml0.1) 97
ข.3	ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (นม – AZ-4 – np10 – ml0.1)..... 98
ข.4	ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (อบ – AZ-1 – np10 – ml0.1) 98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.5	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสืออาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสืออาทิตย์มุมต่าง ๆ (ปข – AZ-7 – np10 – ml0.1).....	99
ข.6	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสืออาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสืออาทิตย์มุมต่าง ๆ (รณ – AZ-8 – np10 – ml0.1)	99
ข.7	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสืออาทิตย์ และแผ่นสะท้อนรังสืออาทิตย์มุมต่าง ๆ (สข – AZ-8 – np10 – ml0.1)	100
ค.1	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-160 – np10 – ml0.1).....	102
ค.2	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	103
ค.3	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-120 – np10 – ml0.1).....	104
ค.4	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	105
ค.5	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-80 – np10 – ml0.1).....	106
ค.6	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	107
ค.7	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-40 – np10 – ml0.1).....	108
ค.8	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	109
ค.9	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ0 – np10 – ml0.1)	110
ค.10	คำร้องสืออาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.11	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ40 – np10 – ml0.1)	112
ค.12	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	113
ค.13	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ80 – np10 – ml0.1)	114
ค.14	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	115
ค.15	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ120 – np10 – ml0.1)	116
ค.16	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	117
ค.17	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ160 – np10 – ml0.1)	118
ค.18	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (กท – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	119
ค.19	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-160 – np10 – ml0.1).....	120
ค.20	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	121
ค.21	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-120 – np10 – ml0.1).....	122
ค.22	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	123
ค.23	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-80 – np10 – ml0.1)	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.24	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	125
ค.25	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-40 – np10 – ml0.1).....	126
ค.26	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	127
ค.27	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ0 – np10 – ml0.1)	128
ค.28	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	129
ค.29	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ40 – np10 – ml0.1)	130
ค.30	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	131
ค.31	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ80 – np10 – ml0.1)	132
ค.32	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	133
ค.33	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ120 – np10 – ml0.1)	134
ค.34	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	135
ค.35	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ160 – np10 – ml0.1)	136
ค.36	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	137

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.37	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-160 – np10 – ml0.1)..... 138
ค.38	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 139
ค.39	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-120 – np10 – ml0.1)..... 140
ค.40	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 141
ค.41	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-80 – np10 – ml0.1)..... 142
ค.42	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 143
ค.43	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-40 – np10 – ml0.1)..... 144
ค.44	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 145
ค.45	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ0 – np10 – ml0.1)..... 146
ค.46	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ)147
ค.47	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ40 – np10 – ml0.1).....148
ค.48	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 149
ค.49	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ80 – np10 – ml0.1)..... 150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.50	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 151
ค.51	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ120 – np10 – ml0.1)..... 152
ค.52	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 153
ค.53	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ160 – np10 – ml0.1)..... 154
ค.54	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (นม – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 155
ค.55	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-160 – np10 – ml0.1)..... 156
ค.56	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 157
ค.57	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-120 – np10 – ml0.1)..... 158
ค.58	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 159
ค.59	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-80 – np10 – ml0.1)..... 160
ค.60	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 161
ค.61	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-40 – np10 – ml0.1)..... 162
ค.62	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 163

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.63	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ0 – np10 – ml0.1) 164
ค.64	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 165
ค.65	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ40 – np10 – ml0.1) 166
ค.66	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 167
ค.67	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ80 – np10 – ml0.1) 168
ค.68	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 169
ค.69	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ120 – np10 – ml0.1) 170
ค.70	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 171
ค.71	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ160 – np10 – ml0.1).....172
ค.72	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 173
ค.73	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-160 – np10 – ml0.1)..... 174
ค.74	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 175
ค.75	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-120 – np10 – ml0.1)..... 176

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.76	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 177
ค.77	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-80 – np10 – ml0.1)..... 178
ค.78	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 179
ค.79	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-40 – np10 – ml0.1)..... 180
ค.80	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 181
ค.81	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ0 – np10 – ml0.1) 182
ค.82	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 183
ค.83	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ40 – np10 – ml0.1) 184
ค.84	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 185
ค.85	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ80 – np10 – ml0.1) 186
ค.86	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 187
ค.87	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ120 – np10 – ml0.1) 188
ค.88	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 189

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.89	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ160 – np10 – ml0.1) 190
ค.90	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 191
ค.91	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-160 – np10 – ml0.1) 192
ค.92	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 193
ค.93	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-120 – np10 – ml0.1) 194
ค.94	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 195
ค.95	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-80 – np10 – ml0.1).....196
ค.96	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 197
ค.97	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-40 – np10 – ml0.1) 198
ค.98	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 199
ค.99	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ0 – np10 – ml0.1) 200
ค.100	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 201
ค.101	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ40 – np10 – ml0.1)202

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.102	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	203
ค.103	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ80 – np10 – ml0.1)	204
ค.104	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	205
ค.105	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ120 – np10 – ml0.1)	206
ค.106	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	207
ค.107	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ160 – np10 – ml0.1)	208
ค.108	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (รณ – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ).....	209
ค.109	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-160 – np10 – ml0.1).....	210
ค.110	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	211
ค.111	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-120 – np10 – ml0.1).....	212
ค.112	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	213
ค.113	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-80 – np10 – ml0.1).....	214
ค.114	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)	215

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.115	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-40 – np10 – ml0.1)..... 216
ค.116	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ-40 – np10 – ml0.1) (ต่อ) 217
ค.117	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ0 – np10 – ml0.1) 218
ค.118	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ0 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 219
ค.119	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ40 – np10 – ml0.1).....220
ค.120	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ40 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 221
ค.121	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ80 – np10 – ml0.1) 222
ค.122	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ80 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 223
ค.123	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ120 – np10 – ml0.1) 224
ค.124	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ120 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 225
ค.125	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ160 – np10 – ml0.1) 226
ค.126	คำร้องสืออาทิตย์สุทธีที่ตัวรับรังสืออาทิตย์ได้รับ (สข – AZ160 – np10 – ml0.1) (ต่อ)..... 227

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลบน	5
2.2	ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลล่าง	5
2.3	ปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันตก	6
2.4	ปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันออก	6
2.5	ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ	9
2.6	ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบลูกฟูก	9
2.7	รังสีตรงตกกระทบแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่มุมต่าง ๆ	10
2.8	รังสีตรงตกกระทบแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโค้งที่มุมต่าง ๆ	10
3.1	วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	13
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างสมการเวลาเทียบต่อวันตลอดทั้งปี	15
3.3	มุมเดคลิเนชัน	16
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเดคลิเนชันและจำนวนวันตลอดทั้งปี	16
3.5	ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มุมชั่วโมงต่าง ๆ	18
3.6	มุมของดวงอาทิตย์และมุมของตัวรับรังสีอาทิตย์ในแนวราบและแนวตั้ง	18
3.7	การเปลี่ยนแปลงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลก	21
3.8	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	21
3.9	การแผ่รังสี มุมของระนาบและมุมตัน	22
3.10	การหาพื้นที่ dA_n เพื่อแทนในมุมตัน	23
3.11	ลักษณะการแผ่รังสีแบบเรดิโอซีดี	26
3.12	กระบวนการดูดกลืน การสะท้อน และการส่งผ่านรังสีของวัสดุผิวขุ่นมัว	28
3.13	ตัวประกอบขนาดที่เกิดจากการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิว	31
3.14	การแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวที่ปิดล้อมซึ่งกันและกัน	33
3.15	การเกิดรังสีตรงและรังสีกระจาย	34
4.1	รังสีรวมและรังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2532-2551 จังหวัดกรุงเทพมหานคร	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดเชียงใหม่..... 37
4.3	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดอุบลราชธานี..... 38
4.4	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดนครราชสีมา..... 38
4.5	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 39
4.6	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดระนอง..... 39
4.7	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดสงขลา..... 40
4.8	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดกรุงเทพมหานคร 42
4.9	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดเชียงใหม่..... 43
4.10	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดอุบลราชธานี..... 43
4.11	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดนครราชสีมา..... 44
4.12	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 44
4.13	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดระนอง 45
4.14	รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดสงขลา..... 45
4.15	รังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดกรุงเทพมหานคร 47
4.16	รังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนจากแบบจำลองต่าง ๆ กับผลการตรวจวัดของจังหวัดกรุงเทพมหานคร..... 49
4.17	พื้นผิวสองพื้นผิวที่มีด้านร่วมติดกัน 51
4.18	ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวประกอบขนาด 3 มิติ..... 51
4.19	อินทิเกรตในพิกัดแกน x ตลอดแนวความลึกของพื้นผิว A_1 53
4.20	อินทิเกรตในพิกัดแกน z ตลอดแนวความกว้างของพื้นผิว A_1 54
5.1	สัญลักษณ์ในส่วนต่าง ๆ 56
5.2	ตัวแปรมิติของขนาดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 57
5.3	รังสีกระจายที่พุ่งผ่านเส้นคอร์คของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่น โคง..... 59
5.4	การวิเคราะห์แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบชิ้นเล็กวางต่อกัน 59
5.5	ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 60
5.6	องศาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์..... 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.7	โครงสร้างโปรแกรมในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ 63
5.8	การออฟติไมเซชันเพื่อหาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนที่เหมาะสมที่สุด..... 64
5.9	รังสีรวมที่สูงที่สุดในแต่ละจังหวัด โดยไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ 65
5.10	มิติขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ 67
5.11	รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-5 - C42 – R86 – np10) 68
5.12	รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-5 - C42 – R86 – ml0.10) 69
5.13	ตัวอย่างสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (กท – AZ-5 – C42 – R86)..... 70
5.14	ตัวอย่างปริมาณรังสีกระจายที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อนมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มุมเอียงของแผ่นสะท้อนและตัวรับรังสีอาทิตย์ความเอียงต่าง ๆ (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1)..... 71
5.15	ตัวอย่างปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสีอาทิตย์โดยไม่คิดรังสีกระจายที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1) 72
5.16	ตัวอย่างความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งใช้งานร่วมกัน (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1) 72
5.17	รังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อปรับสัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์..... 75
6.1	ลักษณะหลังคาบ้านที่ใช้ในการศึกษา 81
6.2	วิเคราะห์ตัวประกอบขนาดในรูปของพื้นผิวปิดล้อม 83

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Σ_C	=	มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
Σ_R	=	มุมเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
ω	=	มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
n	=	ความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์
p	=	ความกว้างของเส้นคอร์คของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
h	=	ระยะตั้งฉากจากกึ่งกลางเส้นคอร์คถึงผิวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
m	=	ความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์
l	=	ความยาวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
np	=	สัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
ml	=	สัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
p_1p_2	=	สัดส่วนความกว้างพื้นที่โปร่ง
I_0	=	ค่าคงที่สุริยะ
I	=	ความเข้มของการแผ่รังสี
I_T	=	รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ
$I_{t,C}$	=	รังสีรวมที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ
$I_{t,R}$	=	รังสีรวมที่แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้รับ
I_D	=	รังสีตรง
I_d	=	รังสีกระจาย
I_G	=	รังสีกระจายจากพื้น
AU	=	หน่วยดาราศาสตร์
EOT	=	สมการเวลา
N	=	ลำดับที่ของวันรายปี
δ	=	มุมเดคลิเนชัน
AST	=	เวลาสุริยะ
H	=	มุมชั่วโมง
β	=	มุมอัตรัดจุดดวงอาทิตย์
ϕ	=	มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

ψ	=	มุมอะซิมุทพื้นผิว
γ	=	มุมอะซิมุทของพื้นผิวกับดวงอาทิตย์
θ	=	มุมตกกระทบรังสีตรง
θ_C	=	มุมตกกระทบรังสีตรงบนตัวรับรังสีอาทิตย์
θ_R	=	มุมตกกระทบรังสีตรงบนแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
E	=	การแผ่รังสี
G	=	การอาบรังสี
J	=	เรดิโอฮีต
α	=	สัมประสิทธิ์การดูดซึม
ρ	=	สัมประสิทธิ์การสะท้อน
τ	=	สัมประสิทธิ์การส่งผ่าน
F	=	ตัวประกอบขนาด
ε	=	ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า
Δ	=	ดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า
m	=	มวลอากาศ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

พลังงานแสงอาทิตย์ นับว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุด และเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบไฟฟ้าหรือความร้อนก็ตาม โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานในรูปของความร้อนนั้น เราได้นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม หรือใช้ในภาคครัวเรือน เช่น การทำ น้ำร้อน การใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซับ ตลอดจนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นั้น สามารถที่จะช่วยลดต้นทุนในด้านพลังงาน และช่วยลดการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น ๆ ที่ปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัด

สำหรับการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นั้นสามารถทำได้โดยผ่านตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งตัวรับรังสีอาทิตย์มีหลักการการทำงานคือเป็นตัวรับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์มากก็เก็บไว้ที่แผ่นดูดกลืนรังสีที่ทำด้วยวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การดูดซึม (Absorptivity) สูง จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนดังกล่าวให้กับของไหลภายในท่อซึ่งท่อดังกล่าวมักจะอยู่ติดกับแผ่นดูดกลืนรังสี ซึ่งของไหลภายในท่อนี้และจะได้รับการถ่ายเทความร้อนจากแผ่นดูดกลืนรังสี ทำให้ของไหลภายในท่อก็มีอุณหภูมิสูงขึ้นและจะถูกนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งของไหลนี้อาจจะถูกนำไปใช้งานโดยตรงหรืออาจจะถูกนำไปถ่ายเทความร้อนให้กับของไหลชนิดอื่นอีกทอดหนึ่งก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะในการนำไปประยุกต์ใช้ แต่หากตัวรับรังสีอาทิตย์ไม่สามารถทำความร้อนได้สูงตามที่ต้องการอาจต้องมีการแก้ปัญหาโดยการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์เพิ่มเติมหรือติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบเดิม หรือนำพลังงานความร้อนด้านอื่นเข้ามาช่วยทำความร้อนเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ความร้อนตามที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตามตัวรับรังสีอาทิตย์นั้นยังคงมีแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เข้ากับตัวรับรังสีอาทิตย์ เพื่อสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ตกออกไปนอกตัวรับรังสีอาทิตย์ให้กลับเข้ามาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะทำจากวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectivity) สูง ซึ่งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์นี้จะรับรังสีตรง รังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีกระจายจากพื้นรอบข้าง จากนั้นจะสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ได้รับดังกล่าวไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์อีกทอดหนึ่ง จึงทำให้ปริมาณรังสีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับมีปริมาณสูงขึ้น

โดยทิศทางและมุมมองในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อน มีความสำคัญต่อปริมาณการรับรังสีของตัวรับรังสีอาทิตย์ เนื่องจากตำแหน่งการ โคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน และแต่ละสถานที่นั้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นความสามารถในการรับปริมาณรังสีอาทิตย์ให้ได้ ที่สุดย่อมขึ้นกับทิศทางและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนที่เหมาะสม

ในบางครั้งสภาพแวดล้อมรอบตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ก็ส่งผลกระทบต่อปริมาณการรับรังสีของตัวรับรังสีอาทิตย์ เช่น สภาพของท้องฟ้า สภาพอากาศ ข้อจำกัดของสถานที่ติดตั้งและการเกิดเงาบังจากต้นไม้หรืออาคารข้างเคียงต่าง ๆ เป็นต้น โดยทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้เป็นปัจจัยที่ไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นและอาจทำให้ปริมาณการรับรังสีอาทิตย์ลดน้อยลงได้ นอกจากนี้ในบางครั้งปัจจัยที่ไม่แน่นอนเหล่านี้อาจทำให้ไม่สามารถติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ในทิศทางหรือมุมมองที่เหมาะสมที่จะสามารถรับปริมาณรังสีอาทิตย์ได้ดีที่สุด เนื่องจากจำเป็นต้องติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ให้หันในทิศทางหรือมุมมองอื่น ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยที่ไม่แน่นอนดังกล่าว ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้จะนำอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่แน่นอนดังกล่าวซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อ การรับปริมาณรังสีของตัวรับรังสีอาทิตย์มาทำการพิจารณาด้วยเช่นกัน

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับรูปแบบการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ในลักษณะต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการรับปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย ดังนั้นผลจากการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางที่สำคัญในการกำหนดมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับรูปแบบการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ในลักษณะต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการรับปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย ดังนั้นผลจากการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางที่สำคัญในการกำหนดมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่นำมาวิเคราะห์เป็นชนิดแผ่นราบและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่นำมาวิเคราะห์เป็นชนิดแผ่นราบและแผ่นโค้ง
- 1.3.2 แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่นำมาวิเคราะห์ทำจากวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูง
- 1.3.3 พื้นผิวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และพื้นเป็นพื้นผิวกระจาย (Diffuse surface)
- 1.3.4 ในการศึกษาวิจัยนี้จะอาศัยข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การรับรังสีอาทิตย์ของตัวรับรังสีอาทิตย์
- 1.3.5 ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อการรับปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ (Σ_C) มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (ω) ทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (Ψ) ความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ (n) ความกว้างเส้นคอร์ดของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (p) ระยะตั้งฉากจากกึ่งกลางเส้นคอร์ดถึงผิวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (h) ความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (m) และความยาวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (l)

1.4 วิธีการศึกษาวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
- 1.4.2 ทำการวิเคราะห์ถึงตัวแปรอิสระต่างๆ ที่มีผลต่อการรับรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์
- 1.4.3 นำข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ
- 1.4.4 นำผลลัพธ์ทางสถิติจากข้อ 3 นำมาวิเคราะห์การรับรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์
- 1.4.5 นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 1.4.4 มาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการประเมินรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทิศทางการวางตัว และขนาดในเชิงมิติ ของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์สำหรับประเทศไทย

1.5 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือและวิทยาศาสตร์ 4

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย

ได้ฐานข้อมูลและสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการประเมินรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทิศทาง การวางตัว และขนาดในเชิงมิติ อีกทั้งผลที่ได้จะชี้บ่งถึงการวางตัวและขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ในประเทศไทย

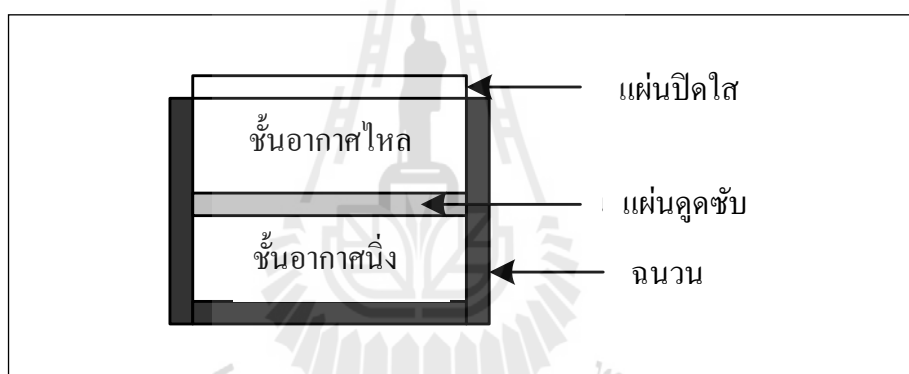


บทที่ 2

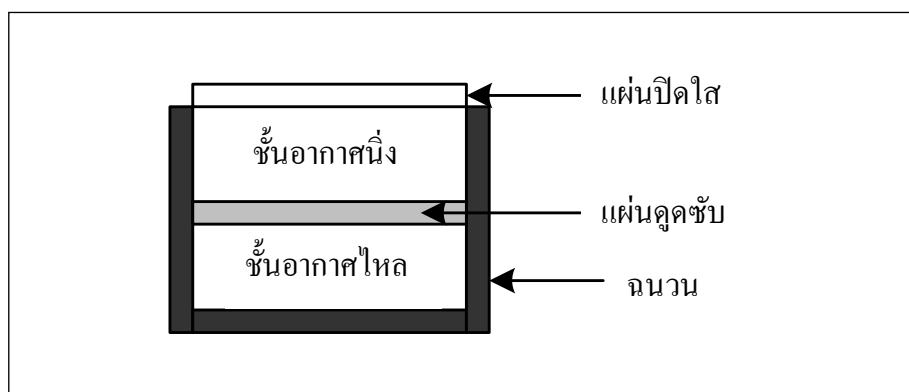
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยของ พฤทธิ มาเนตร สินเดิม ดีโต อนิรุทธิ ต่ายขาว ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และ ศิริหนู จินดารักษ์

ได้ทำการวิเคราะห์และทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลบนและตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลล่าง ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ตามลำดับ



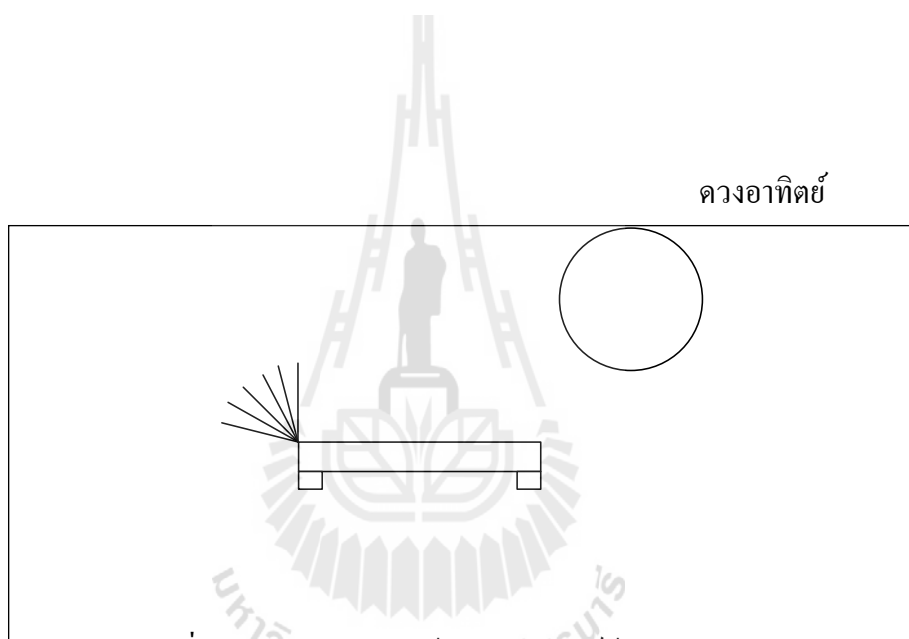
รูปที่ 2.1 ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลบน



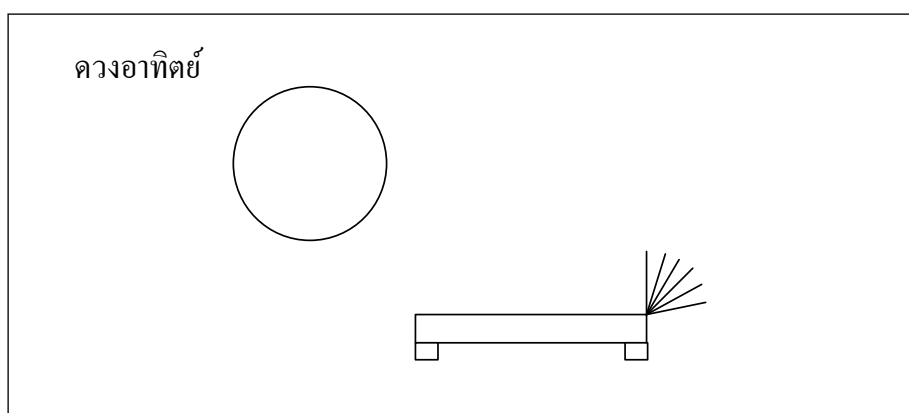
รูปที่ 2.2 ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลล่าง

และทำการปรับปรุงตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลผ่านที่เอียงทำมุม 17 องศา กับพื้นระดับ โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทั้งสองข้างของตัวรับรังสีอาทิตย์และปรับมุมเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ เพื่อหามุมเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ดีที่สุดในการสะท้อนรังสีไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยในการปรับมุมนั้นจะปรับมุมแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทีละข้างตามช่วงเวลาดังนี้

เวลา 8.00-12.00 น. จะปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันตกขึ้นดังรูปที่ 2.3 โดยจะปรับมุมเอียงครั้งละ 15 องศาต่อหนึ่งชั่วโมงและเวลา 12.00-17.00 น. จะปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันออกขึ้นดังรูปที่ 2.4 โดยจะปรับมุมเอียงครั้งละ 15 องศา ต่อหนึ่งชั่วโมงเช่นกัน



รูปที่ 2.3 ปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันตก



รูปที่ 2.4 ปรับยกแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ด้านทิศตะวันออก

จากนั้นจะทำการวัดอุณหภูมิของอากาศขาออกจากการออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบ เพื่อนำผลการทดลองมาคำนวณหาประสิทธิภาพดังสมการที่ 2.1

$$\eta_i = \frac{\dot{m}C_p(T_o - T_i)}{A_c G_T} \quad (2.1)$$

โดยที่	\dot{m}	คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (หน่วย kg/s)
	C_p	คือ ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (หน่วย J/kg °C)
	A_c	คือ พื้นที่ตัวรับรังสีเฉพาะส่วนที่สามารถดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (หน่วย m ²)
	G_T	คือ รังสีรวมที่ตกกระทบบนระนาบตัวรับรังสี (หน่วย W/m ²)
	T_o	คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของตัวรับรังสี (หน่วย °C)
	T_i	คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าของตัวรับรังสี (หน่วย °C)

จากการวิเคราะห์และทดลองดังกล่าวพบว่า ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลล่างมีประสิทธิภาพเท่ากับ 43.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลบนที่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 31.41 เปอร์เซ็นต์ และจากการปรับมุมเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในมุมต่าง ๆ พบว่ามุมเอียง 75 องศา จะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบช่องอากาศไหลล่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 53.29 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์และการทดลองดังกล่าวโดยการติดตั้งให้ตัวรับรังสีอาทิตย์หันไปในทิศทางเดียว ซึ่งยังคงขาดการพิจารณาถึงการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในทิศทางอื่น ๆ

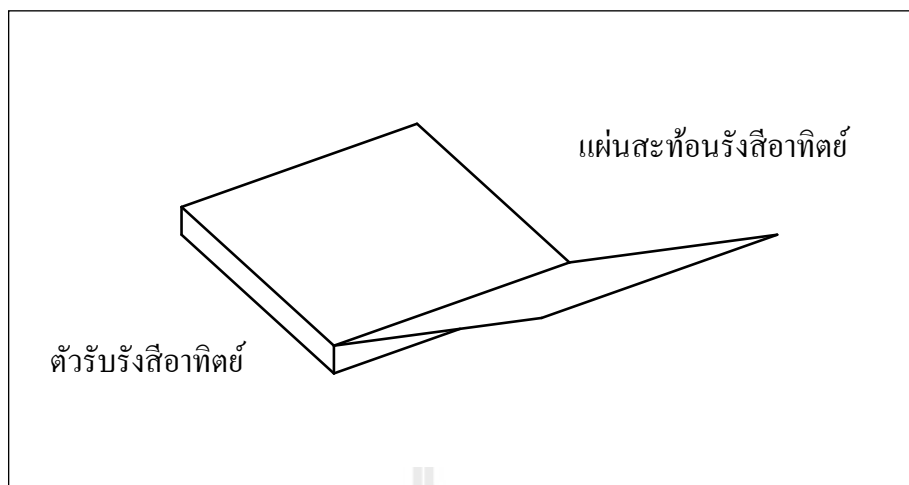
2.2 งานวิจัยของ Hussein, H.M.S., Ahmad, G.E., and Mohamad, M.A.

ทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ เมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ด้านบนของตัวรับรังสีอาทิตย์ ในทิศทาง และการวางตัวในมุมเอียงต่าง ๆ ในรูปแบบ 3 มิติ โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) ในการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ นอกจากนั้นยังมีการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของเงาที่เกิดจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ที่จะส่งผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิ สามารถสรุปได้ว่า ในประเทศอียิปต์รังสีอาทิตย์สุทธิตายวันที่ตัวรับรังสีอาทิตย์จะรับได้มากที่สุดจะเกิดขึ้นเมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียงในมุมที่สามารถสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ในเวลาเที่ยงวัน โดยทิศทางในการวางตัว

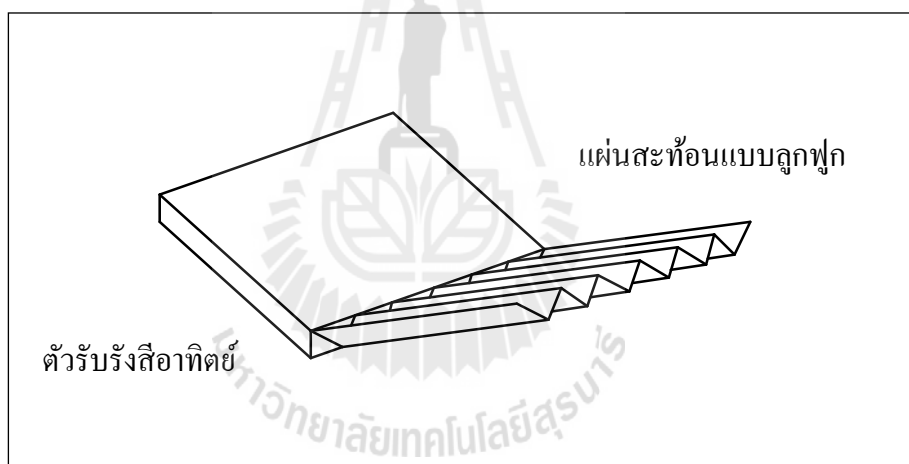
ของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ควรวางตัวในทิศใต้เพราะจะส่งผลให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์สามารถรับและสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการอธิบายถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้ไม่ทั้งหมดเนื่องมาจากงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ดังกล่าวภายใต้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของเมืองโคโร ประเทศอียิปต์ และมีความแตกต่างกับประเทศไทยในเรื่องของตำแหน่งของละติจูดลองจิจูด และสภาพภูมิอากาศ และบ่อยครั้งพบว่าในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ในทิศทางที่จะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงสุดเนื่องจากข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมในการติดตั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีข้อจำกัดในการอธิบายถึงการวางตัวและมิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนในการติดตั้งในทิศทางอื่น ๆ

2.3 งานวิจัยของ Ronnelid, M., and Karlsson, B.

ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงรังสีตรงรายปีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบลูกฟูกและแบบแผ่นราบโดยหันตัวรับรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้ โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ของประเทศสวีเดน (Sweden) ดังรูป 2.5 และรูปที่ 2.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ได้มีการนำเสนอถึงความเหมาะสมของการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ร่วมระหว่างแบบลูกฟูกและแบบแผ่นราบโดยเทียบจากความกว้างของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งผลที่ได้คือ รังสีตรงสุทธิรายปีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบลูกฟูกจะได้รังสีตรงรายปีสูงกว่าการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้การวางตัวที่ดีที่สุดสำหรับประเทศสวีเดน เพราะแผ่นสะท้อนแบบลูกฟูกจะสามารถสะท้อนรังสีตรงที่หลุดออกทางด้านข้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ให้กลับเข้ามาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ดีกว่าแผ่นสะท้อนแบบแผ่นราบ และลักษณะแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ร่วมระหว่างแบบลูกฟูกและแบบแผ่นราบจะสามารถใช้งานได้ดีเมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบลูกฟูกถูกติดตั้งในบริเวณส่วนบนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบถูกติดตั้งในบริเวณส่วนล่างของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังขาดการพิจารณาถึงการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ในกรณีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวในทิศทางและมุมเอียงอื่น ๆ เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวโดยติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้เท่านั้น อีกทั้งยังมีความแตกต่างกับประเทศไทยในเรื่องของตำแหน่งที่วิเคราะห์ปัญหาและข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ



รูปที่ 2.5 ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ

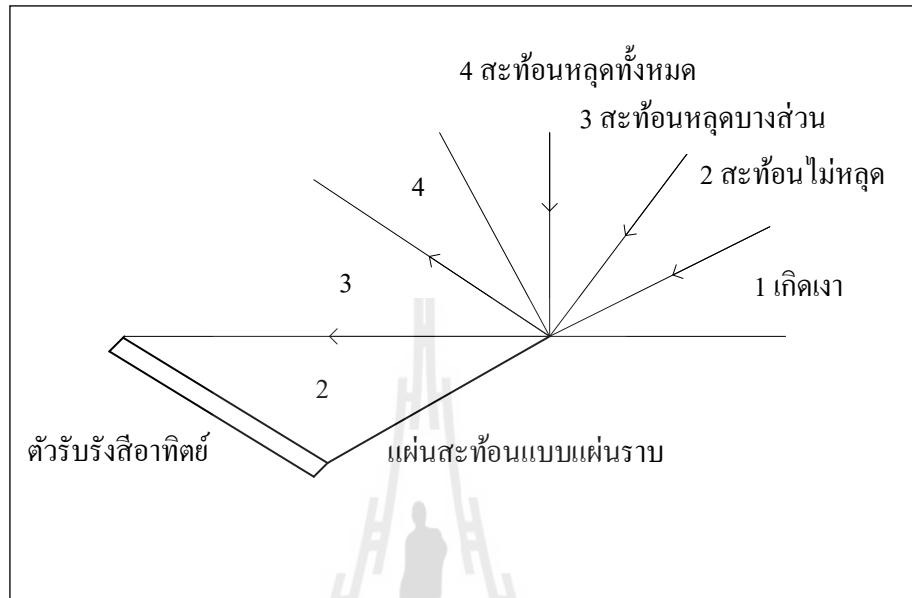


รูปที่ 2.6 ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบลูกฟูก

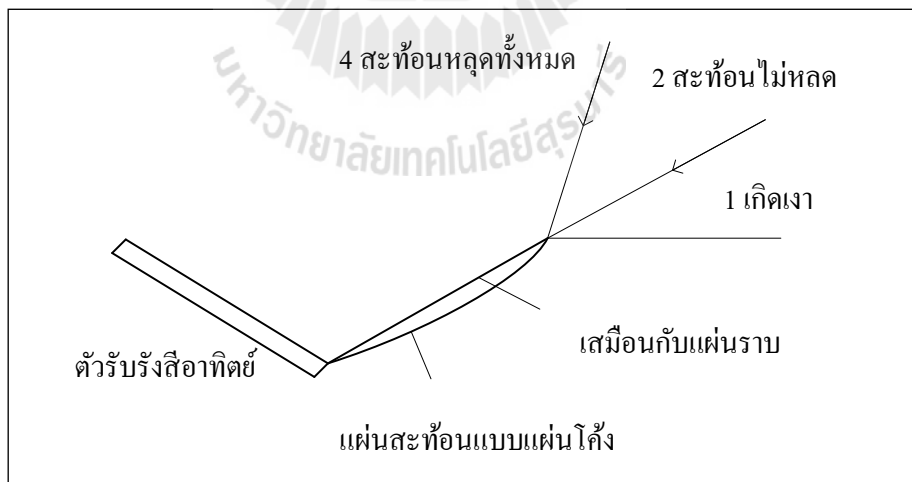
2.4 งานวิจัยของ Perers, B., and Karlsson, B.

ทำการวิเคราะห์รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ 2 รูปแบบคือ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโค้ง โดยแผ่นสะท้อนเป็นพื้นผิวเงา ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังกล่าวในรูปแบบ 2 มิติ โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของเมืองสตอกโฮล์ม (Stockholm) ประเทศสวีเดน (Sweden) โดยสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการประเมินรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในกรณีของมุม

ตกกระทบของรังสีอาทิตย์ในมุมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 รูปแบบ ดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 รังสีตรงตกกระทบแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่มุมต่าง ๆ



รูปที่ 2.8 รังสีตรงตกกระทบแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโค้งที่มุมต่าง ๆ

โดยได้แบ่งกรณีการศึกษาเป็น 4 กรณี ตามมุมมองดีจุดดวงอาทิตย์เพื่อให้ได้กรณีของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้นกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

กรณีที่ 1 จะทำให้เกิดเงาไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์

กรณีที่ 2 จะไม่เกิดเงาไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์และรังสีตรงทั้งหมดจากแผ่นสะท้อนจะตกไปที่ตัวรับรังสีอาทิตย์

กรณีที่ 3 รังสีตรงบางส่วนจากแผ่นสะท้อนจะตกเลขาบของตัวรับรังสีอาทิตย์

กรณีที่ 4 รังสีตรงทั้งหมดจะตกเลขาบของตัวรับรังสีอาทิตย์

นอกจากนั้นยังประเมินถึงรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อปรับเปลี่ยนสัดส่วนของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับจากการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นโค้งจะสามารถได้รับรังสีอาทิตย์มากกว่าการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ให้มากขึ้นจะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้มากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในการอธิบายถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ดังกล่าวภายใต้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของเมืองสตอกโฮล์ม ประเทศสวีเดน และมีความแตกต่างกับประเทศไทยในเรื่องของตำแหน่งของละติจูดและลองจิจูด



บทที่ 3

ทฤษฎี

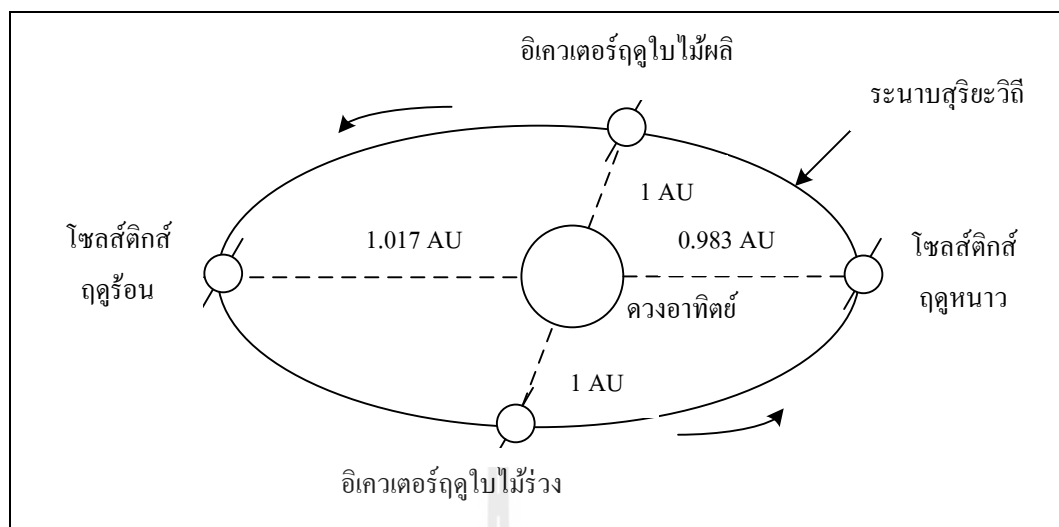
แนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถทำได้โดยติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เพิ่ม เพื่อที่จะช่วยเพิ่มปริมาณรังสีอาทิตย์ที่จะตกไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ให้มากขึ้น แต่การติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะการวางตัวและมิติของขนาด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการรับรังสีอาทิตย์ของตัวรับรังสีอาทิตย์ การศึกษาวิจัยนี้จึงนำเสนอถึงลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการรับรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

โดยในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีความร้อน

3.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีวงโคจรเป็นลักษณะวงรี ซึ่งโลกจะใช้เวลาประมาณ 365 วันในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ครบ 1 รอบ ระยะเวลาของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์นี้เรียกว่า ระนาบสุริยวิถี (Ecliptic plane) ซึ่งแกนหมุนของโลกจะเอียงทำมุมกับเส้นตั้งฉากระนาบสุริยวิถี 23.5 องศา ดังนั้นระนาบศูนย์สูตรของโลกก็จะเอียงทำมุมกับระนาบสุริยวิถีเท่ากับ 23.5 องศา เช่นกัน โดยซีกโลกเหนือจะหันเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 21 หรือ 22 มิถุนายน ซึ่งเรียกว่า โซลส์ติกส์ฤดูร้อน (Summer solstice) และซีกโลกใต้จะหันเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม ซึ่งเรียกว่า โซลส์ติกส์ฤดูหนาว (Winter solstice)

เนื่องจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นลักษณะวงรี จึงทำให้ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่โดยเฉลี่ยแล้วจะมีระยะห่างเท่ากับ 1.496×10^8 กิโลเมตร หรือ 1 หน่วยดาราศาสตร์ (Astronomical unit, AU) โดยโลกจะโคจรใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดในวันที่ 3 มกราคม โดยมีระยะห่างเท่ากับ 0.983 AU และโคจรไกลดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 4 กรกฎาคม โดยมีระยะห่างเท่ากับ 1.017 AU ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

3.2 เวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์

3.2.1 เวลา (Time)

เวลาเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยอ้างอิงจากเมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เนื่องจากสถานที่นี้มีองศาลองจิจูดเท่ากับ 0 องศา หรือเส้นลองจิจูดแรกที่พาดผ่านเมืองกรีนิช (Prime meridian) ปัจจุบันโลกใช้ระบบเวลาสากล (Universal time) หรือเวลากรีนิช (Greenwich mean time) ซึ่งอ้างอิงจากเส้นลองจิจูดแรกที่พาดผ่านเมืองกรีนิช โดยระบบนี้จะมีระยะเวลา 24 ชั่วโมงใน 1 วัน และเริ่มนับชั่วโมงที่ 0 ในเวลาเที่ยงคืน

3.2.2 โซนเวลามาตรฐาน (Standard time zone)

การแบ่งเวลามาตรฐานในแต่ละโซนจะเทียบกับเส้นลองจิจูดแรกที่พาดผ่านเมืองกรีนิช ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของโลกจะถูกแบ่งด้วยเส้นลองจิจูดซึ่งห่างกันเส้นละ 15 องศาจากเส้นลองจิจูดเส้นก่อนหน้า ซึ่งในแต่ละภูมิภาคจะมีเวลาที่ท้องถิ่นแตกต่างกันออกไป โดยเวลาที่ท้องถิ่นในแต่ละภูมิภาคนั้นจะเพิ่มขึ้น 1 ชั่วโมงต่อ 15 องศาของลองจิจูดไปทางทิศตะวันออก โดยในทิศตะวันออกจะมีเวลาเร็วกว่าตำแหน่งลองจิจูดแรกที่พาดผ่านเมืองกรีนิชและในทางกลับกัน ภูมิภาคในทิศตะวันตกจะมีเวลาช้ากว่าตำแหน่งลองจิจูดแรกที่พาดผ่านเมืองกรีนิช โดยในแต่ละภูมิภาคจะมีองศาของลองจิจูดสำหรับโซนเวลามาตรฐานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องศาของจุดสำหรับโซนเวลามาตรฐานในแต่ละภูมิภาคของโลก

โซนเวลามาตรฐาน	องศาของจุด
Atlantic Standard Time	60
Eastern Standard Time	75
Central Standard Time	90
Mountain Standard Time	105
Pacific Standard Time	120
Yukon Standard Time	135
Alaska-Hawaii Standard Time	150

3.2.3 สมการเวลา (Equation of time, EOT)

เนื่องจากโลกจะโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยใช้ความเร็วในการโคจรไม่เท่ากัน จึงต้องใช้สมการเวลาในการอธิบายถึงเวลาในการเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ของโลกในแต่ละวัน ดังที่แสดงในกราฟที่ 3.2 และสามารถคำนวณสมการได้ดังสมการที่ 3.1

$$\begin{aligned}
 EOT &= 0.258\cos(x) - 7.416\sin(x) - 3.648\cos(2x) \\
 &\quad - 9.228\sin(2x) \text{ หน่วยงานาที} \\
 x &= \frac{360(N-1)}{365.242} \text{ หน่วยงานองศา}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

โดยที่ N คือลำดับที่ของวัน (Day number) รายปีมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 365 วัน และเพื่อความสะดวกในการใช้ลำดับที่ของวันในแต่ละเดือนจึงได้มีการกำหนดอยู่ในรูปของวันที่ในแต่ละเดือนดังตารางที่ 3.2

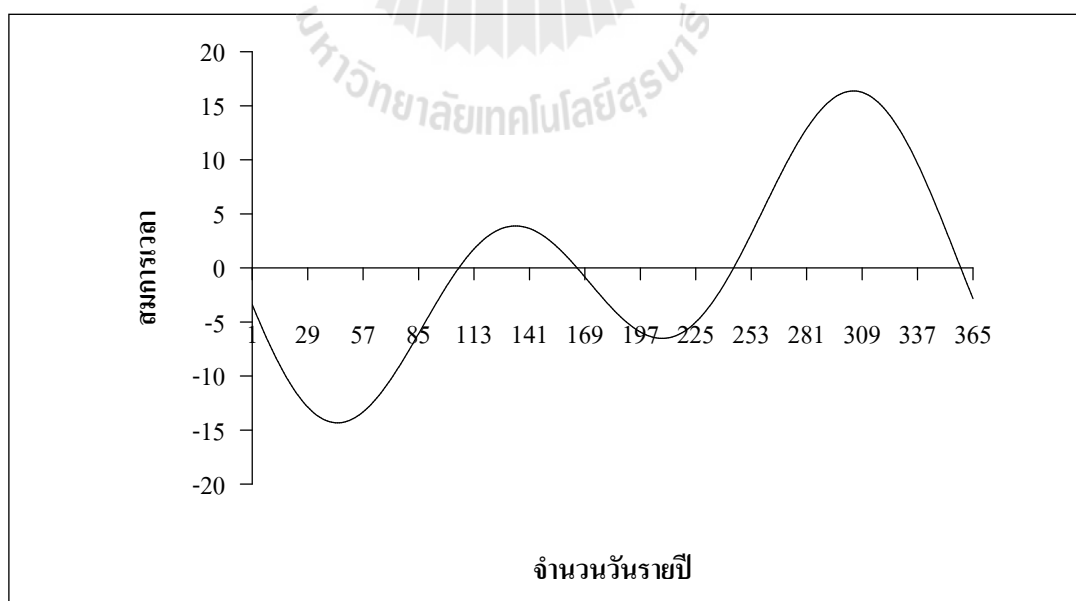
3.2.4 มุมเดคลิเนชัน (Declination angle, δ)

คือมุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะ (Solar time = 12 hr) กับระนาบศูนย์สูตร กำหนดให้มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ โดยมุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนไปทุกวันและอยู่ระหว่าง -23.45 องศา ถึง 23.45 องศา และจะมีค่าเท่ากับ 0 สองครั้งใน 1 ปี ซึ่งเรียกว่า อีควินอกซ์ (Equinox) ได้แก่ อีควินอกซ์ฤดูใบไม้ผลิ (Vernal equinox) ในวันที่ 20 มีนาคม และอีควินอกซ์ฤดูใบไม้ร่วง (Autumnal equinox) ในวันที่ 23 กันยายน ซึ่งแสดงดังสมการที่ 3.2

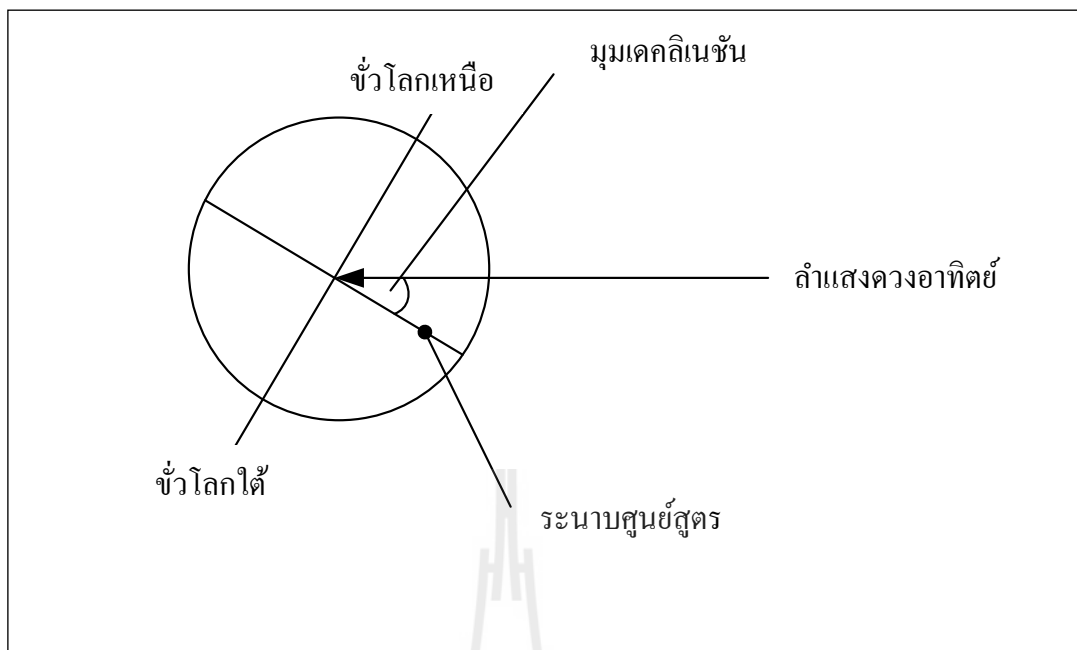
$$\delta = \sin^{-1}\{0.39795 \cdot \cos[0.98563 \cdot (N - 173)]\} \quad (3.2)$$

ตารางที่ 3.2 แปลงวันของแต่ละเดือนเป็นจำนวนวันรายปี

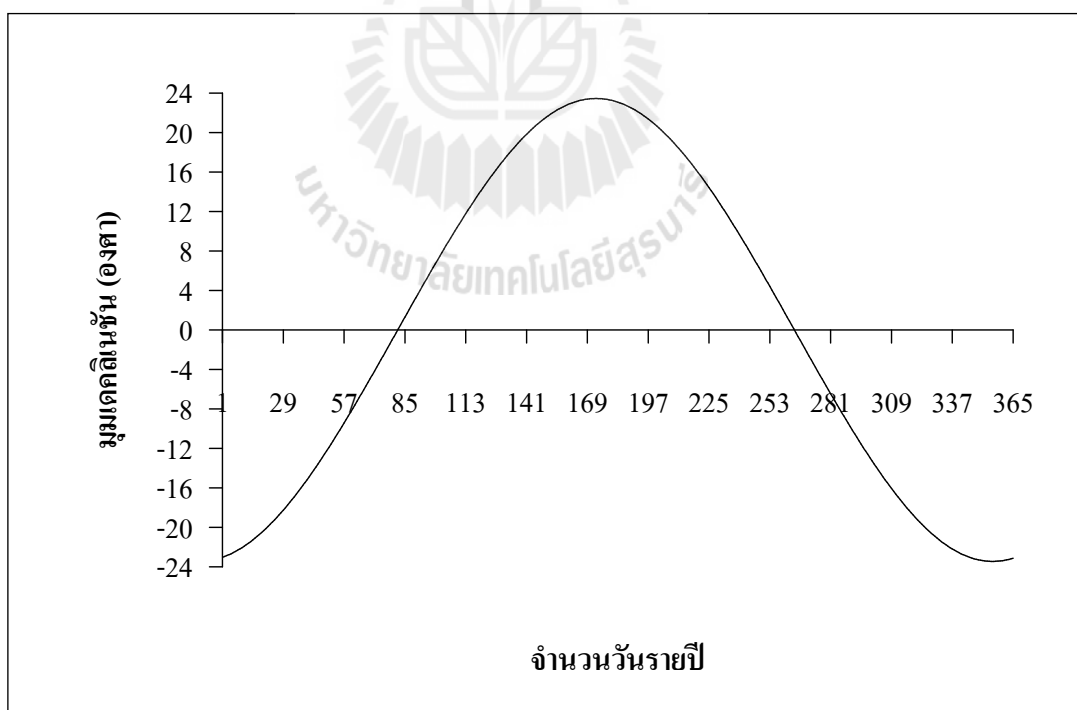
เดือน	จำนวนวันรายปี (N)
มกราคม	D
กุมภาพันธ์	D + 31
มีนาคม	D + 59
เมษายน	D + 90
พฤษภาคม	D + 120
มิถุนายน	D + 151
กรกฎาคม	D + 181
สิงหาคม	D + 212
กันยายน	D + 243
ตุลาคม	D + 273
พฤศจิกายน	D + 304
ธันวาคม	D + 334



รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมการเวลาเทียบกับวันตลอดทั้งปี



รูปที่ 3.3 แสดงมุมเดคลิเนชัน



รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเดคลิเนชันและจำนวนวันตลอดทั้งปี

3.2.5 เวลาสุริยะ (Solar time, AST)

เป็นเวลาที่ยังบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ณ เวลามาตรฐานท้องถิ่นใด ๆ ซึ่งเวลาสุริยะขึ้นอยู่กับเวลาที่ท้องถิ่น ลองติจูด โชนเวลามาตรฐาน และสมการเวลา แต่เวลาสุริยะจะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่นเนื่องจากเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะต่างกับเส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่นและการกวัดแกว่งของสมการเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของปี ดังสมการที่ 3.3

$$AST = LST + EOT \pm 4(LSM - LON) \quad (3.3)$$

จากสมการที่ 3.3 หากตำแหน่งที่พิจารณาอยู่ทางทิศตะวันตกของเส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานเทอมที่ 3 จะเป็นลบ ในทางกลับกันหากตำแหน่งที่พิจารณาอยู่ทางทิศตะวันออกของเส้นเมริเดียนที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานเทอมที่ 3 จะเป็นบวก

โดยที่	AST	คือ เวลาสุริยะ (หน่วยชั่วโมง)
	LST	คือ เวลามาตรฐานท้องถิ่น (หน่วยชั่วโมง)
	EOT	คือ ตัวประกอบที่ใช้ปรับความผันผวนของความเร็วในการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ (หน่วยนาที)
	LSM	คือ องศาลองติจูดสำหรับ โชนเวลามาตรฐาน (หน่วยองศา)
	LON	คือ องศาลองติจูดของท้องถิ่น (หน่วยองศา)

3.2.6 มุมชั่วโมง (Hour angle, H)

คือมุมที่เป็นตัวแทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์เทียบกับตำแหน่งเมริเดียนท้องถิ่นไปทางทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก โดยมีค่า 15 องศาต่อ 1 ชั่วโมง หรือ 1 องศาต่อ 4 นาที โดยมีค่าเป็นลบในทิศตะวันออกและเป็นบวกในทิศตะวันตกดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมุมชั่วโมงและเวลาสุริยะมีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ 3.4

$$H = 15(AST - 12) \quad (3.4)$$

3.2.7 มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar altitude, β)

คือมุมระหว่างพื้นราบกับแนวเส้นแวงดวงอาทิตย์หรือมุม $Q\hat{O}H$ ดังรูปที่ 3.6 โดยจะมีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อดวงอาทิตย์มีตำแหน่งอยู่ที่ขอบฟ้า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3.5

$$\beta = \sin^{-1}[(\cos L \cdot \cos \delta \cdot \cos H) + (\sin L \cdot \sin \delta)] \quad (3.5)$$

3.2.8 มุมอะซิมุทดวงอาทิตย์ (Solar azimuth, ϕ)

คือมุมระหว่างระนาบในแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบเมอริเดียนท้องถิ่น กำหนดให้วัดจากทิศใต้หรือมุม $H\hat{O}S$ ดังรูปที่ 3.6 หากวัดจากทิศใต้ไปทางทิศตะวันตกจะมีค่าเป็นบวก หากวัดจากทิศใต้ไปทางทิศตะวันออกจะมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมุทดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ระหว่าง -180 ถึง 179 องศา ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3.6

$$\phi = \cos^{-1}[(\sin \beta \cdot \sin L - \sin \delta) / (\cos \beta \cdot \cos L)] \quad (3.6)$$

3.2.9 มุมอะซิมุทของพื้นผิว (Surface azimuth, ψ)

คือมุมระหว่างทิศใต้กับทิศการวางตัวของพื้นผิวใด ๆ หรือมุม $S\hat{O}P$ ดังรูปที่ 3.6 มีค่าอยู่ระหว่าง -180 ถึง 179 องศา โดยเป็นศูนย์เมื่อหันไปทางทิศใต้ เป็นบวกเมื่อหันไปทางทิศตก และเป็นลบเมื่อหันไปทางทิศตะวันออก

3.2.10 มุมอะซิมุทของพื้นผิวกับดวงอาทิตย์ (Surface solar azimuth, γ)

คือผลต่างระหว่างมุมอะซิมุทดวงอาทิตย์และมุมอะซิมุทของพื้นผิว โดยที่มุมอะซิมุทดวงอาทิตย์มีค่าเป็นบวกในช่วงบ่าย และมีค่าเป็นลบในช่วงเช้า ในทำนองเดียวกันมุมอะซิมุทของพื้นผิวมีค่าเป็นบวกในช่วงบ่าย และมีค่าเป็นลบในช่วงเช้า โดยมุมอะซิมุทของพื้นผิวและดวงอาทิตย์นี้เมื่อนำไปคำนวณมุมตกกระทบจะใช้เป็นค่าสัมบูรณ์ ดังสมการที่ 3.7

$$\gamma = |\phi - \psi| \quad (3.7)$$

3.2.11 มุมเอียงของพื้นผิว (Surface tilt, Σ)

คือมุมที่พื้นผิววางตัวเอียงขึ้นมาจากพื้นในแนวระดับ ถ้าตัวรับรังสีอาทิตย์วางราบไปกับพื้นมุมเอียงนี้จะมีค่าเท่ากับ 0 องศา และถ้าตัวรับรังสีอาทิตย์วางตั้งฉากกับพื้นมุมเอียงนี้จะมีค่าเท่ากับ 90 องศา ดังรูปที่ 3.6

3.2.12 มุมตกกระทบ (Incident angle, θ)

คือมุมระหว่างเส้นลำแสงดวงอาทิตย์กับเส้นที่ลากตั้งฉากกับพื้นผิวหรือมุม $Q\hat{O}P$ สำหรับพื้นผิวที่วางตัวตั้งฉากกับพื้น และมุม $Q\hat{O}V$ สำหรับพื้นผิวที่วางราบไปกับพื้นดังรูปที่ 3.6 และสามารถคำนวณ ได้ดังสมการที่ 3.8

$$\theta = \cos^{-1}[(\cos \beta \cos \gamma \sin \Sigma) + (\sin \beta \cos \Sigma)] \quad (3.8)$$

3.3 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือชั้นบรรยากาศโลก

สาเหตุ 2 ประการที่มีผลทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลก (Extraterrestrial radiation) มีค่าไม่คงที่คือการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ และการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นสาเหตุหลักที่ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกมีค่าไม่คงที่คือการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ โดยในแต่ละวันของปีระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์จะไม่เท่ากัน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกกับลำดับวันของปีสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3.9

$$I = I_0 [1 + 0.034 \cos(360n/365.25)^\circ] \quad (3.9)$$

3.4 กระบวนการและคุณสมบัติของการแผ่รังสีความร้อน

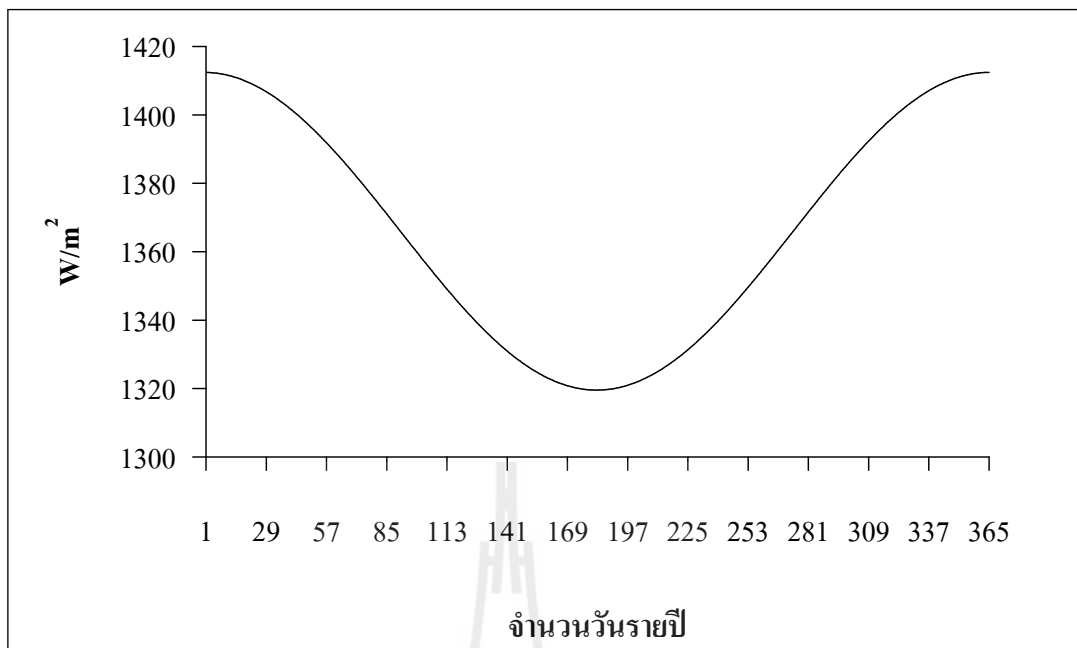
หากพิจารณาแหล่งอุณหภูมิ 2 แหล่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถ่ายเทความร้อนไปสู่แหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในรูปแบบต่างๆ เช่นการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน โดยการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบการแผ่รังสีความร้อนนั้น เกิดจากกลไกการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นการแผ่รังสีจึงสามารถเกิดได้แม้อยู่ในสภาวะสุญญากาศหรือสภาวะที่ไม่มีตัวกลาง

รังสีความร้อน (Thermal radiation) จะถูกจำแนกด้วยความยาวคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 0.1 - 100 μm โดยในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วยรังสีอยู่ 3 ชนิด ดังนี้

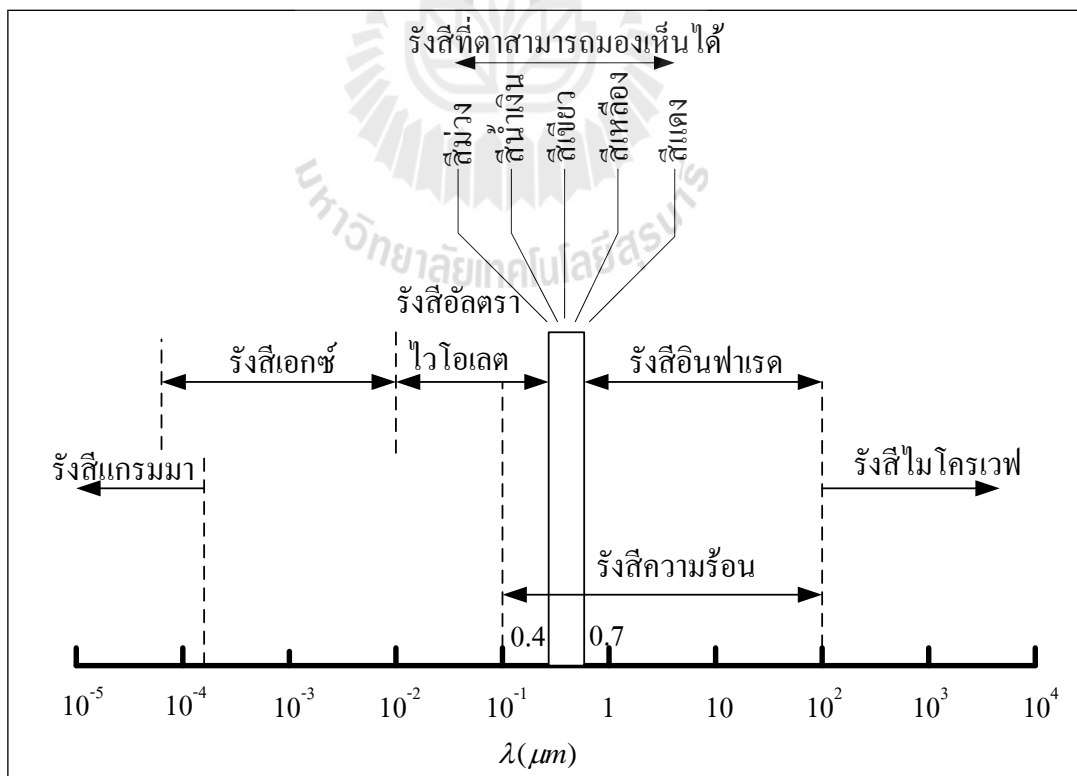
3.4.1 รังสีอัลตราไวโอเลตบางส่วน (Ultraviolet) (0.1 – 0.4 μm)

3.4.2 รังสีที่ตาสามารถมองเห็นได้ (Visible) (0.4 - 0.7 μm)

3.4.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared) (0.7 – 100 μm)



รูปที่ 3.7 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศโลกในแต่ละวัน

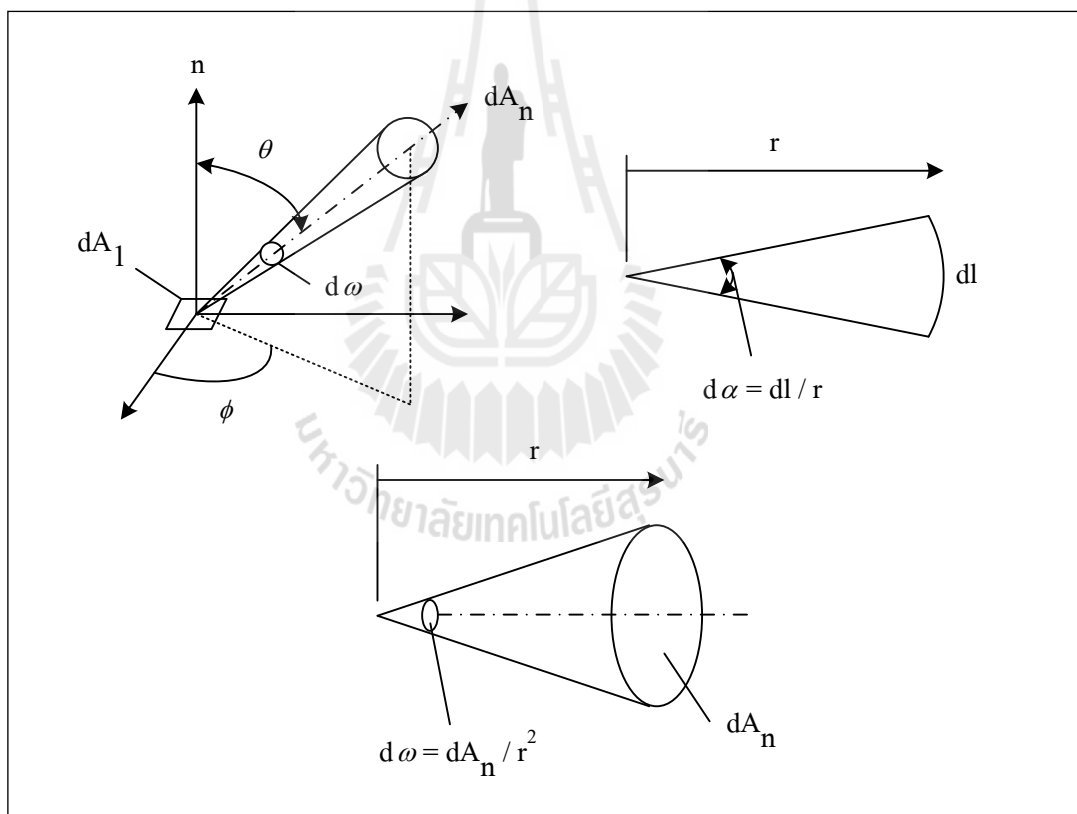


รูปที่ 3.8 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

3.4.1 ความเข้มของการแผ่รังสี (Radiation intensity, I)

หากพิจารณาการแผ่รังสีจากชิ้นส่วนพื้นผิวที่มีพื้นที่ dA_1 ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยทิศทางของรังสีที่พิจารณานั้นอยู่ในพิสัยของมุม ซีนิธ (θ) และมุมอะซิมุท (Azimuth, ϕ) พื้นที่ dA_n คือพื้นที่ที่รังสีเดินทางผ่านและมุม $d\alpha$ คืออัตราส่วนของความยาวส่วนโค้ง l กับรัศมี r ของวงกลม ในทำนองเดียวกันมุมตัน (Solid angle, $d\omega$) คือพื้นที่ที่ระหว่างช่วงของลำแสงที่แผ่ออกมาเป็นลักษณะของผิวทรงกลมซึ่งถูกแสดงออกมาในรูปของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ dA_n กับรัศมียกกำลังสอง ดังสมการที่ 3.10

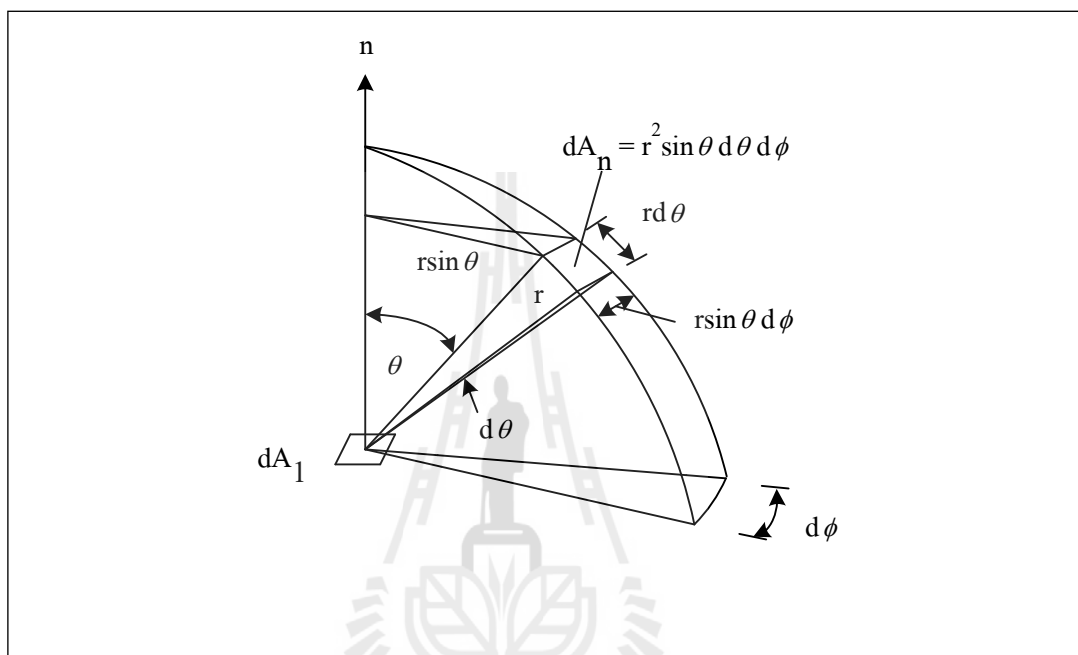
$$d\omega = \frac{dA_n}{r^2} \quad (3.10)$$



รูปที่ 3.9 ภาพด้านซ้ายแสดงการแผ่รังสีจากพื้นที่ dA_1 ไปยังพื้นที่ dA_n ภาพด้านขวา แสดงมุมของระนาบ และภาพด้านล่างแสดงมุมตัน

dA_n อยู่บนพิกัดทรงกลม (θ, ϕ) ซึ่งเราจะได้ว่า $dA_n = r^2 \sin \theta d\theta d\phi$ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 เมื่อแทนในสมการที่ 3.10 จะได้ดังสมการที่ 3.11

$$d\omega = \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (3.11)$$



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงการหาพื้นที่ dA_n เพื่อแทนในมุมตัน (Solid angle)

ในการพิจารณาความเข้มของการแผ่รังสีจากพื้นที่ dA_1 ผ่านมายังพื้นที่ dA_n เราสามารถเขียนปริมาณของความเข้มได้ในรูปของความเข้มรังสีเชิงสเปกตรัม (Spectral intensity, $I_{\lambda,e}$) โดย $I_{\lambda,e}$ ถูกนิยามว่าเป็นอัตราการแผ่พลังงานที่ค่าความยาวคลื่น (λ) ค่าหนึ่งต่อพื้นที่ในทิศตั้งฉากกับแนวการแผ่รังสี ต่อพื้นที่มุมตันในทิศดังกล่าว ต่อความยาวคลื่นในช่วง $d\lambda$ ดังสมการที่ 3.12

$$I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) = \frac{dq}{dA_1 \cos \theta \cdot d\omega \cdot d\lambda} \quad (3.12)$$

โดยฟลักซ์ความร้อน (Heat flux) สามารถวิเคราะห์ได้จาก การอินทิเกรตความเข้มของการแผ่รังสีรอบพื้นที่ครึ่งทรงกลมจะได้ดังสมการที่ 3.13

$$q_{\lambda}''(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (3.13)$$

โดยสามารถจำแนกลักษณะการแผ่รังสีความร้อนได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

3.4.2 การแผ่รังสี (Emission,E)

จะเกิดขึ้นเมื่อมีแหล่งอุณหภูมิ 2 แหล่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน หากพิจารณาแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะพบว่าแหล่งอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีไปสู่แหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า พฤติกรรมเช่นนี้เรียกว่าการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี แต่แหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็สามารถแผ่รังสีไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าได้เช่นกันแต่จะมีความเข้มข้นน้อยกว่า โดยกำลังการแผ่รังสีพิจารณาจากการอินทิเกรตความเข้มของการแผ่รังสีรอบพื้นที่ครึ่งทรงกลมจะได้ดังสมการที่ 3.14

$$E_{\lambda}(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (3.14)$$

โดยสมการที่ 3.13 เป็นการแผ่รังสีที่ความยาวคลื่นใด ๆ แต่หากเป็นการแผ่รังสีโดยสุทธิทุกความยาวคลื่น ก็สามารถทำได้โดยอินทิเกรตในช่วงความยาวคลื่นทั้งหมดดังสมการที่ 3.15

$$E = \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \cdot d\lambda \quad (3.15)$$

แต่ในทางวิศวกรรมยอมรับว่าการแผ่รังสีออกจากพื้นผิวนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการแผ่รังสีแบบรังสีกระจาย ซึ่งจะไม่ขึ้นกับทิศทางจึงสามารถประมาณการแผ่รังสีได้ดังสมการที่ 3.16

$$E_{\lambda}(\lambda) = \pi \cdot I_{\lambda,e}(\lambda) \quad (3.16)$$

และการแผ่รังสีเฉลี่ยในทุกความยาวคลื่นดังสมการที่ 3.17

$$E = \pi \cdot I_e \quad (3.17)$$

3.4.3 การอาบรังสี (Irradiation, G)

หลักการคล้ายกับการแผ่รังสี แต่การอาบรังสีจะพิจารณาที่การรับรังสี จึงพบว่า แหล่งอุณหภูมิต่ำจะได้รับการแผ่รังสีจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ทำนองเดียวกันแหล่งอุณหภูมิสูงก็สามารถที่จะได้รับการแผ่รังสีจากแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้เช่นเดียวกันแต่จะมีความเข้มที่น้อยกว่า โดยกำลังการอาบรังสีพิจารณาจากการอินทิเกรตความเข้มของการรับรังสีรอบพื้นที่ครึ่งทรงกลมจะได้ดังสมการที่ 3.18

$$G_\lambda(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (3.18)$$

โดยสมการด้านบนเป็นการอาบรังสีที่ความยาวคลื่นใด ๆ แต่หากเป็นการอาบรังสีโดยสุทธิทุกความยาวคลื่น ก็สามารถทำได้โดยอินทิเกรตในช่วงความยาวคลื่นทั้งหมดดังสมการที่ 3.19

$$G = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \cdot d\lambda \quad (3.19)$$

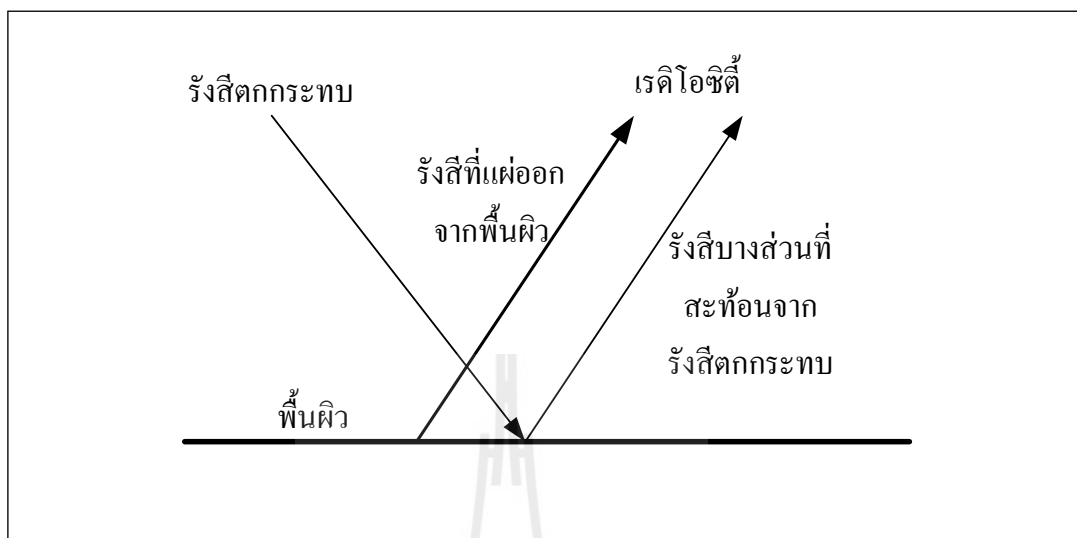
แต่ในทางวิศวกรรมยอมรับว่ารังสีที่มาจากกระทบบพื้นผิวนั้น ส่วนใหญ่จะมาจาก การแผ่รังสีแบบรังสีกระจาย ซึ่งจะไม่ขึ้นกับทิศทางจึงสามารถประมาณการแผ่รังสีได้ดังสมการที่ 3.20

$$G_\lambda(\lambda) = \pi \cdot I_{\lambda,i}(\lambda) \quad (3.20)$$

และการอาบรังสีเฉลี่ยในทุกความยาวคลื่นดังสมการที่ 3.21

$$G = \pi \cdot I_i \quad (3.21)$$

3.4.4 เรดิโอซิตี (Radiosity, J)



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะการแผ่รังสีแบบเรดิโอซิตี

พิจารณาที่รูป 3.11 พื้นผิวได้รับการอาบรังสีที่ถูกแผ่รังสีมาจากพื้นผิวอื่น บางส่วนของรังสีที่ถูกอาบจะสะท้อนออกไปจากพื้นผิวและไปรวมกับรังสีที่ตัวพื้นผิวแผ่ออกไปยังพื้นผิวอื่น ซึ่งผลรวมของการสะท้อนรังสีและการแผ่รังสีจากพื้นผิวเดียวกันเรียกว่า “เรดิโอซิตี” โดยพลักซ์ความร้อนของการแผ่รังสีลักษณะพิจารณาจากการอินทิเกรตความเข้มของการแผ่รังสีรอบพื้นที่ครึ่งทรงกลมจะได้ดังสมการที่ 3.22

$$J_\lambda(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda, e+r}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (3.22)$$

โดยสมการด้านบนเป็นการเกิดเรดิโอซิตีที่ความยาวคลื่นใด ๆ แต่หากเป็นการเกิดเรดิโอซิตีโดยสุทธิทุกความยาวคลื่น ก็สามารถทำได้โดยอินทิเกรตในช่วงความยาวคลื่นทั้งหมดดังสมการที่ 3.23

$$J = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda, e+r}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi \cdot d\lambda \quad (3.23)$$

แต่ในทางวิศวกรรมยอมรับว่าทั้งรังสีที่สะท้อนและรังสีที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการแผ่รังสีแบบรังสีกระจาย ซึ่งจะไม่ขึ้นกับทิศทางจึงสามารถประมาณการแผ่รังสี ได้ดังสมการที่ 3.24

$$J_\lambda(\lambda) = \pi \cdot I_{\lambda, e+r}(\lambda) \quad (3.24)$$

และการเกิดเรดิโอซีดีเฉลี่ยในทุกความยาวคลื่นดังสมการที่ 3.25

$$J = \pi \cdot I_i \quad (3.25)$$

3.4.5 วัตถุดำ (Black body)

วัตถุดำคือวัตถุในอุดมคติที่สามารถดูดกลืนรังสีที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ไม่ว่า รังสีนั้นจะตกกระทบด้วยทิศทางใดและความยาวคลื่นใด นอกจากนั้นวัตถุดำยังสามารถแผ่รังสีได้ อย่างสมบูรณ์อีกด้วย โดยวัตถุจริงจะมีความแตกต่างจากวัตถุดำเนื่องจากวัตถุจริงจะมีการสะท้อน ของรังสีที่ตกกระทบเสมอ วัตถุดำจึงเป็นวัตถุที่ใช้อธิบายคุณสมบัติต่าง ๆ ของการแผ่รังสีของวัตถุ จริง ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติของวัตถุดำได้ดังนี้

3.4.5.1 วัตถุดำสามารถดูดกลืนรังสีที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ไม่ว่ารังสีนั้น จะตกกระทบด้วยทิศทางใดและความยาวคลื่นใด

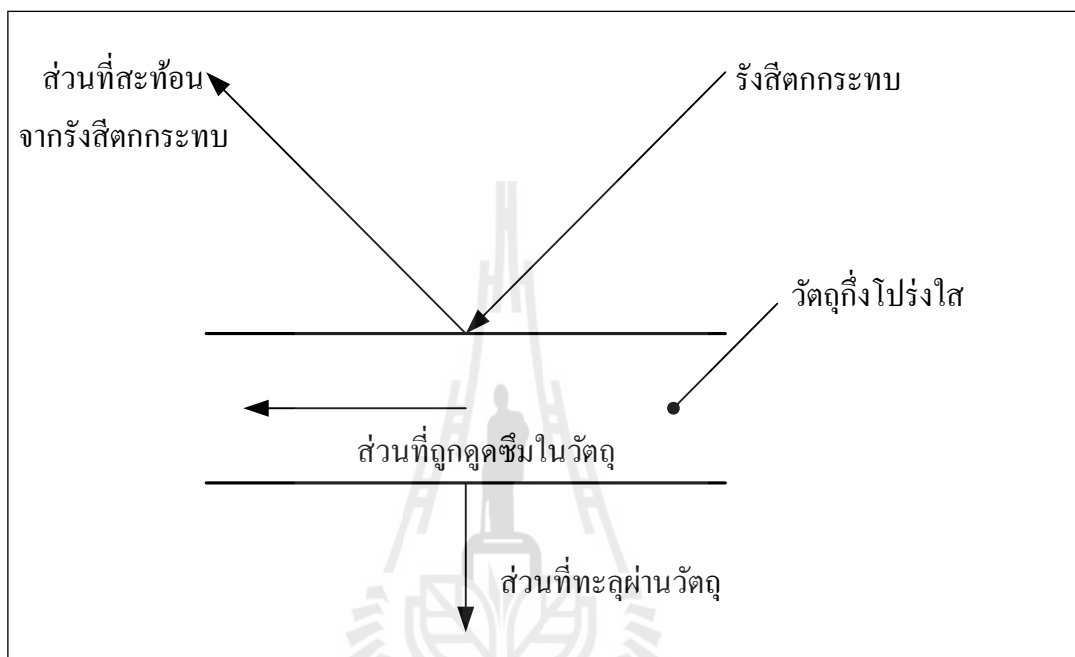
3.4.5.2 หากกำหนดอุณหภูมิและความยาวคลื่นที่ค่าหนึ่ง จะพบว่าไม่มีวัตถุใด ที่สามารถแผ่รังสีได้มากกว่าวัตถุดำที่อุณหภูมิและความยาวคลื่นนั้น

3.4.5.3 การแผ่รังสีโดยวัตถุดำจะเป็นฟังก์ชันของความยาวคลื่นเท่านั้น แต่จะไม่ เป็นฟังก์ชันของทิศทาง เนื่องจากวัตถุดำจะแผ่รังสีแบบรังสีกระจาย

3.4.6 การดูดซึม การสะท้อน และการส่งผ่านรังสีของผิววัตถุ

หากพิจารณาวัตถุที่ได้รับรังสีตกกระทบ โดยวัตถุดังกล่าวเป็นวัตถุทึบใส พบว่ามี รังสีส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับออกไป รังสีส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมไว้ในตัวของวัตถุ และรังสีส่วน ที่เหลือจะสามารถทะลุผ่านวัตถุไปได้ ดังรูปที่ 3.12 โดยทั่วไปแล้วส่วนประกอบทั้งสามข้างต้นจะ มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของวัตถุ ความยาวคลื่นของรังสีที่ตกกระทบ และความหนา ของวัตถุ แต่ถ้าวัตถุที่ได้รับรังสีตกกระทบเป็นวัตถุที่มีลักษณะทึบแสง พบว่าจะมีเพียงส่วนที่ สะท้อนกลับออกไป และส่วนที่ถูกดูดซึมไว้เท่านั้น แต่จะไม่มีส่วนที่ทะลุผ่านวัตถุไป

ความสามารถของการดูดซึมรังสีหรือการสะท้อนรังสีนั้นมาจากสีของวัตถุเป็นหลัก โดยสีของวัตถุจะมีผลกับในช่วงความยาวคลื่นของรังสีที่ตาสามารถมองเห็นได้ หากวัตถุที่พิจารณาเป็น สีดำวัตถุก็จะสามารถดูดซึมรังสีที่ตามองเห็นได้ทั้งหมด ในทางตรงกันข้ามหากวัตถุที่พิจารณาเป็นสีขาววัตถุก็จะสะท้อนรังสีที่ตามองเห็นได้ดี



รูปที่ 3.12 กระบวนการดูดกลืน การสะท้อน และการส่งผ่านรังสีของวัสดุผิวขุ่นมัว

3.4.6.1 สัมประสิทธิ์การดูดซึม (Absorptivity, α)

หมายถึงความสามารถในการดูดกลืนปริมาณรังสีของพื้นผิว ซึ่งจะอธิบายอยู่ในรูปของสัดส่วน โดยที่ปริมาณรังสีที่พื้นผิวสามารถดูดกลืนได้ต่อปริมาณรังสีที่แผ่มายังพื้นผิวสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3.29

$$\alpha_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) = \frac{I_{\lambda,i,abs}(\lambda, \theta, \phi)}{I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi)} \quad (3.29)$$

โดยสมการด้านบนนี้เป็นสมการที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดกลืนรังสีในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และสมการที่ 3.30 จะแสดงถึงความสามารถในการดูดกลืนรังสีเฉลี่ยในทุกทิศทาง

$$\alpha_\lambda(\lambda) = \frac{\int_0^{2\pi/\lambda} \int_0^{2\pi/\lambda} \alpha_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi}{\int_0^{2\pi/\lambda} \int_0^{2\pi/\lambda} I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi} \quad (3.30)$$

ดังนั้นความสามารถในการดูดกลืนเฉลี่ยทุกความยาวคลื่นและทุกทิศทางสามารถพิจารณาโดยอินทิเกรตตลอดช่วงความยาวคลื่นจะได้ดังสมการที่ 3.31

$$\alpha = \frac{\int_0^\infty \alpha_\lambda(\lambda) \cdot G_\lambda(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty G_\lambda(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3.31)$$

3.4.6.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectivity, ρ)

หมายถึงความสามารถในการสะท้อนปริมาณรังสีของพื้นผิว ซึ่งจะอธิบายอยู่ในรูปของสัดส่วน โดยที่ปริมาณรังสีที่พื้นผิวสามารถสะท้อนได้ต่อปริมาณรังสีที่แผ่มายังพื้นผิว โดยการสะท้อนจะขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีตกกระทบและทิศทางของรังสีสะท้อน แต่เพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยาก จึงใช้ค่าเฉลี่ยตลอดทุกทิศทาง โดยการสะท้อนของรังสีที่พื้นผิวส่วนใหญ่ในทางวิศวกรรมนั้นจะเป็นการสะท้อนแบบฟุ้งกระจายทุกทิศทาง โดยสมการที่ 3.32 จะบ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนรังสีในทิศทางใด ๆ

$$\rho_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) = \frac{I_{\lambda,i,ref}(\lambda, \theta, \phi)}{I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi)} \quad (3.32)$$

และสมการที่ 3.33 จะแสดงถึงความสามารถในการสะท้อนรังสีเฉลี่ยในทุกทิศทาง

$$\rho_\lambda(\lambda) = \frac{\int_0^{2\pi/\lambda} \int_0^{2\pi/\lambda} \rho_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi}{\int_0^{2\pi/\lambda} \int_0^{2\pi/\lambda} I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi} \quad (3.33)$$

ดังนั้นความสามารถในการสะท้อนเฉลี่ยทุกความยาวคลื่นและทุกทิศทางสามารถพิจารณาโดยอินทิเกรตตลอดช่วงความยาวคลื่นจะได้ดังสมการที่ 3.34

$$\rho = \frac{\int_0^{\infty} \rho_{\lambda}(\lambda) \cdot G_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3.34)$$

3.4.6.3 สัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (Transmissivity, τ)

หมายถึงความสามารถในการส่งผ่านปริมาณรังสีของพื้นผิว ซึ่งจะอธิบายอยู่ในรูปของสัดส่วน โดยที่ปริมาณรังสีที่พื้นผิวสามารถส่งผ่านได้ต่อปริมาณรังสีที่แผ่มายังพื้นผิว โดยสมการที่ 3.35 จะบ่งบอกถึงความสามารถในการส่งผ่านรังสีโดยขึ้นกับทิศทาง

$$\tau_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) = \frac{I_{\lambda,i,tran}(\lambda, \theta, \phi)}{I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi)} \quad (3.35)$$

และสมการที่ 3.36 จะแสดงถึงความสามารถในการส่งผ่านรังสีเฉลี่ยในทุกทิศทาง

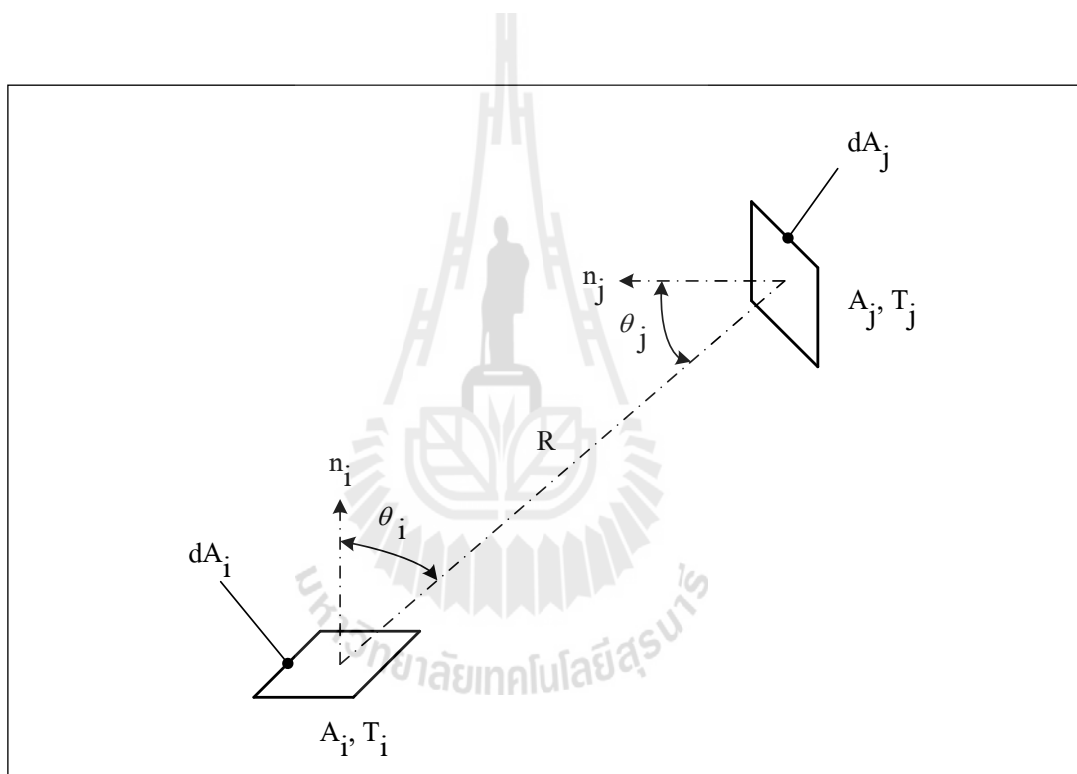
$$\tau_{\lambda}(\lambda) = \frac{\int_0^{2\pi/\phi} \int_0^{2\pi/\theta} \tau_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi) I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi}{\int_0^{2\pi/\phi} \int_0^{2\pi/\theta} I_{\lambda,i}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi} \quad (3.36)$$

ดังนั้นความสามารถในการส่งผ่านรังสีเฉลี่ยทุกความยาวคลื่นและทุกทิศทางสามารถพิจารณาโดยอินทิเกรตตลอดช่วงความยาวคลื่นจะได้ดังสมการที่ 3.37

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} \tau_{\lambda}(\lambda) \cdot G_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} G_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3.37)$$

3.5 การแผ่รังสีระหว่างพื้นผิว

ในการศึกษาการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวใด ๆ ควรที่จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของตัวประกอบขนาด (Shape factor, F) เสียก่อน ซึ่งตัวประกอบขนาดคืออัตราส่วนของปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่งต่อเรดิโอซิตีและพื้นที่ของพื้นผิวดั้งเดิม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะการวางตัวของพื้นผิวที่พิจารณา โดยจะใช้สัญลักษณ์ F_{ij} หมายความว่า อัตราส่วนของปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิว i ไปสู่พื้นผิว j ต่อเรดิโอซิตีและพื้นที่ของพื้นผิว i ในทำนองเดียวกัน หากใช้สัญลักษณ์ว่า F_{ji} หมายความว่า อัตราส่วนของปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิว j ไปสู่พื้นผิว i ต่อเรดิโอซิตีและพื้นที่ของพื้นผิว j ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ตัวประกอบขนาด (Shape factor) ที่เกิดจากการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิว i และพื้นผิว j

นำตัวประกอบขนาด F_{ij} มาจากการพิจารณาส่วนเล็ก ๆ ของการแผ่รังสีจากพื้นผิว i ไปยังพื้นผิว j โดยพื้นผิว j วางตัวขวางทางการแผ่รังสีอยู่ดังภาพที่ 6 พิจารณาพื้นที่ที่เล็ก ๆ dA_i และ dA_j ที่ถูกเชื่อมต่อโดยเส้นสมมุติที่มีความยาว R โดยฟลักซ์ความร้อนที่แผ่ออกจากพื้นผิว i ไปยังพื้นผิว j สามารถหาได้จากสมการที่ 3.38

$$dq_{i \rightarrow j} = I_i \cos \theta_i \cdot dA_i \cdot d\omega_{j-i} \quad (3.38)$$

โดย $I_i \cos \theta$ คือความเข้มของรังสีในทิศทางเส้นสมมุติและ $d\omega_{j-i} = (dA_j \cos \theta_j) / R^2$ เมื่อนำไปแทนในสมการด้านบนจะได้ดังสมการที่ 3.39

$$dq_{i \rightarrow j} = I_i \frac{\cos \theta_i \cdot \cos \theta_j}{R^2} dA_i \cdot dA_j \quad (3.39)$$

แต่เมื่อเราพิจารณาว่าการแผ่รังสีที่ออกจากพื้นผิว i เป็นการแผ่แบบเรดิโอซิติ ดังนั้นพื้นผิว i ได้รับรังสีเข้ามาแล้วสะท้อนไปรวมกับรังสีที่ตัวพื้นผิว i เพื่อออกมาดังนั้นจึงแทน $I_i = \frac{J_i}{\pi}$ ในสมการที่ 3.39 จะได้ดังสมการที่ 3.40

$$dq_{i \rightarrow j} = J_i \frac{\cos \theta_i \cdot \cos \theta_j}{\pi R^2} dA_i \cdot dA_j \quad (3.40)$$

ดังนั้นฟลักซ์ความร้อนทั้งหมดที่แผ่ออกมาจากพื้นผิว i ไปยังพื้นผิว j โดยที่พื้นผิว j สามารถหาได้โดยการอินทิเกรตพื้นที่ของทั้งสองพื้นผิวทั้งหมดดังสมการที่ 3.41

$$q_{i \rightarrow j} = J_i \iint_{A_i A_j} \frac{\cos \theta_i \cdot \cos \theta_j}{\pi R^2} dA_i \cdot dA_j \quad (3.41)$$

ตัวประกอบขนาดคืออัตราส่วนของปริมาณการแผ่รังสีจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่งต่อเรดิโอซิติและพื้นที่ของพื้นผิวดันกำเนิด หากพิจารณาการแผ่รังสีจากพื้นผิว i ไปยังพื้นผิว j จะสามารถเขียนตัวประกอบขนาดได้ดังสมการที่ 3.43

$$F_{ij} = \frac{q_{i \rightarrow j}}{A_i J_i} \quad (3.42)$$

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \iint_{A_i A_j} \frac{\cos \theta_i \cdot \cos \theta_j}{\pi R^2} dA_i \cdot dA_j \quad (3.43)$$

ในทำนองเดียวกัน หากเป็นการแผ่รังสีจากพื้นผิว j ไปยังพื้นผิว i จะสามารถเขียนตัวประกอบขนาดได้ดังสมการที่ 3.44

$$F_{ji} = \frac{1}{A_j} \iint_{A_i A_j} \frac{\cos\theta_i \cdot \cos\theta_j}{\pi R^2} dA_i \cdot dA_j \quad (3.44)$$

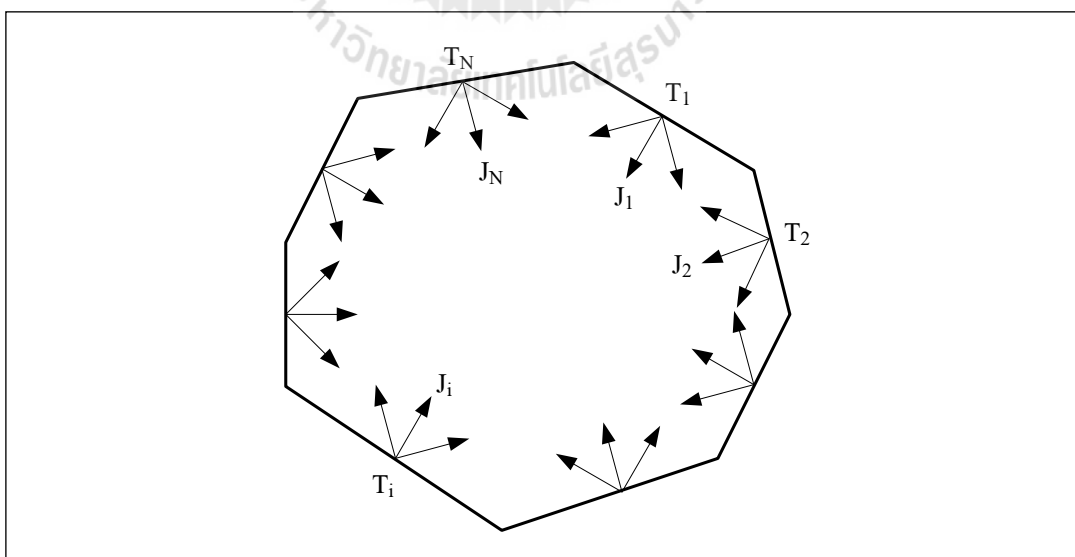
3.5.1 ความสัมพันธ์กันของตัวประกอบขนาด

หากพิจารณาพื้นผิวสองพื้นผิวคือ พื้นผิว i และพื้นผิว j จะพบว่าตัวประกอบขนาดจากพื้นผิว i ไปสู่พื้นผิว j คูณกับพื้นผิว i จะเท่ากับตัวประกอบขนาดจากพื้นผิว j ไปสู่พื้นผิว i คูณกับพื้นผิว j ซึ่งความสัมพันธ์นี้สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3.45

$$A_i F_{ij} = A_j F_{ji} \quad (3.45)$$

นอกจากความสัมพันธ์ด้านบนแล้วตัวประกอบขนาดยังมีความสัมพันธ์ที่สำคัญเกี่ยวกับลักษณะของพื้นผิวหลาย ๆ พื้นผิวปิดล้อมซึ่งกันและกันดังรูปที่ 3.14 โดยจะพบว่าผลรวมของตัวประกอบขนาดพื้นผิวแหล่งกำเนิดรังสีไปสู่พื้นผิวอื่น ๆ จะเท่ากับ 1 ดังสมการที่ 3.46

$$\sum_{j=1}^N F_{ij} = 1 \quad (3.46)$$

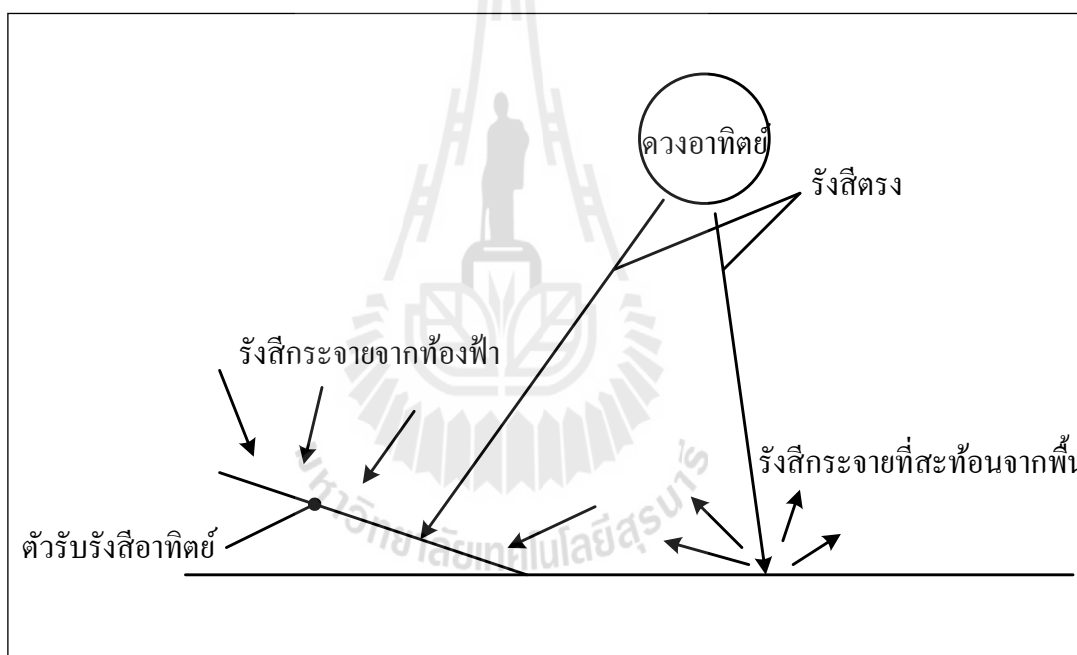


รูปที่ 3.14 การแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวที่ปิดล้อมซึ่งกันและกัน

3.6 กระบวนการรับรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวใด ๆ

ในกระบวนการรับรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวใด ๆ นั้นเริ่มต้นจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งมายัง โลกถูกขวางกั้นจากชั้นบรรยากาศและเมฆซึ่งประกอบไปด้วยโมเลกุลของก๊าซ อนุภาคน้ำ และฝุ่นละอองต่าง ๆ ทำให้รังสีเกิดการหักเหและฟุ้งกระจายออกเป็นรังสีกระจายบนท้องฟ้า และในส่วนของที่เหลือจากการฟุ้งกระจายดังกล่าวจะเหลือเป็นรังสีตรง ซึ่งรังสีทั้งสองนี้จะตกลงบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่อยู่บนโลก เช่น ผนังอาคาร หลังคา เซลล์สุริยะ ตัวรับรังสีอาทิตย์ พื้น ฯลฯ โดยในส่วนของรังสีตกลงบนพื้นผิวเหล่านี้ก็จะเกิดการฟุ้งกระจายออกไปทุกทิศทุกทางกลายเป็นรังสีกระจายจากพื้นผิวอีกครั้ง

หากพื้นผิวรับรังสีอาทิตย์ดังกล่าวเป็นตัวรับรังสีอาทิตย์ก็จะได้รับรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้า และรังสีกระจายจากพื้น ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ภาพแสดงการเกิดรังสีตรงและรังสีกระจาย

บทที่ 4

รูปแบบรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยและตัวประกอบขนาด 3 มิติ

ในแต่ละวันของปีรังสีอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลกจะมีค่าความเข้มที่แตกต่างกัน อันเกิดมาจากสาเหตุหลาย ๆ ประการ ไม่ว่าจะเป็นระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีขณะที่โลกโคจรรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ หรือเกิดจากสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลที่ทำให้เกิดปริมาณเมฆ หมอก หรือฝุ่นละออง อันเป็นอุปสรรคต่อการส่องผ่านของรังสีอาทิตย์มายังพื้นโลก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แต่ละตำแหน่งบนพื้นผิวโลกจึงมีค่าความเข้มและรูปแบบรังสีอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

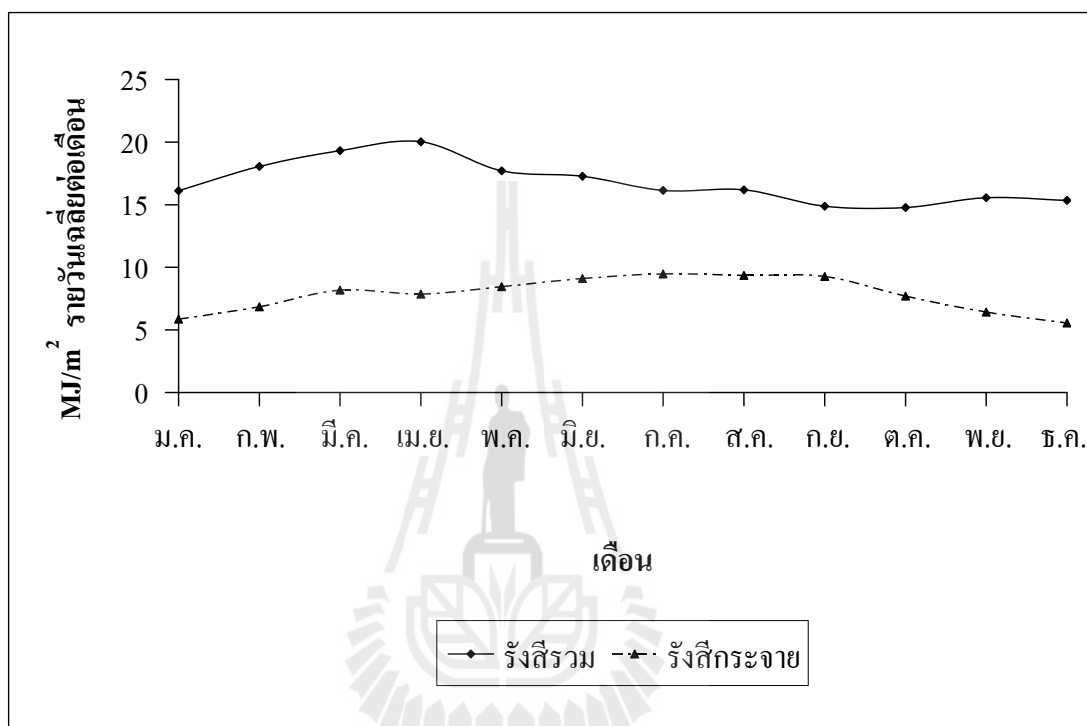
สำหรับประเทศไทยนั้น เป็นประเทศที่มีที่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตร จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ดี แต่สภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาคก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความผันแปรของค่ารังสีอาทิตย์ จึงทำให้ในบางภูมิภาคได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีค่อนข้างน้อยกว่าภูมิภาคอื่น จากอิทธิพลดังกล่าวการศึกษาวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและนำเสนอถึงอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดรูปแบบรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

4.1 ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา

ส่วนหนึ่งของข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเป็นข้อมูลรังสีรวมในรูปของข้อมูลรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2551 และข้อมูลรังสีกระจายในรูปของข้อมูลรายชั่วโมง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2551 ที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการตรวจวัดในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหารูปแบบของรังสีรวม รังสีกระจาย และรังสีตรง ในช่วง 5-10 ปีย้อนหลัง ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

จากรูปที่ 4.1 พบว่าในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532-2551 จะมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ $17.5 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ และมีค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน เนื่องจากในช่วงดังกล่าวดวงอาทิตย์และโลกโคจรมาอยู่ในระยะที่ค่อนข้างใกล้กัน และในช่วงเดือนดังกล่าว ท้องฟ้าจะยังไม่มึนหมกมากนัก จึงทำให้ไม่มีการบดบังรังสีอาทิตย์จากเมฆ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ในช่วงเดือนเมษายนมีค่ารังสีอาทิตย์สูงที่สุดในรอบปี และพบว่าในช่วงเดือน กรกฎาคม – กันยายน จะเป็นช่วงเดือนที่มีรังสีกระจายสูงกว่าเดือนอื่น ๆ เนื่องจากรังสีกระจายบนท้องฟ้าเกิดจากการฟุ้งกระจายของรังสีตรง

ตกกระทบกับเมฆหรือฝุ่นละอองต่าง ๆ ซึ่งในช่วงเดือนดังกล่าวจะเป็นฤดูฝน จึงมีเมฆบนท้องฟ้าค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้เกิดรังสีกระจายได้มากเช่นเดียวกัน จากนั้นเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว อากาศจะมีความชื้นต่ำ ทำให้อากาศในช่วงนี้ค่อนข้างแห้ง และส่งผลให้เกิดเมฆน้อยลงทำให้ในฤดูหนาวมีรังสีกระจายต่ำกว่าฤดูฝน



รูปที่ 4.1 รังสีรวมและรังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2532-2551 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

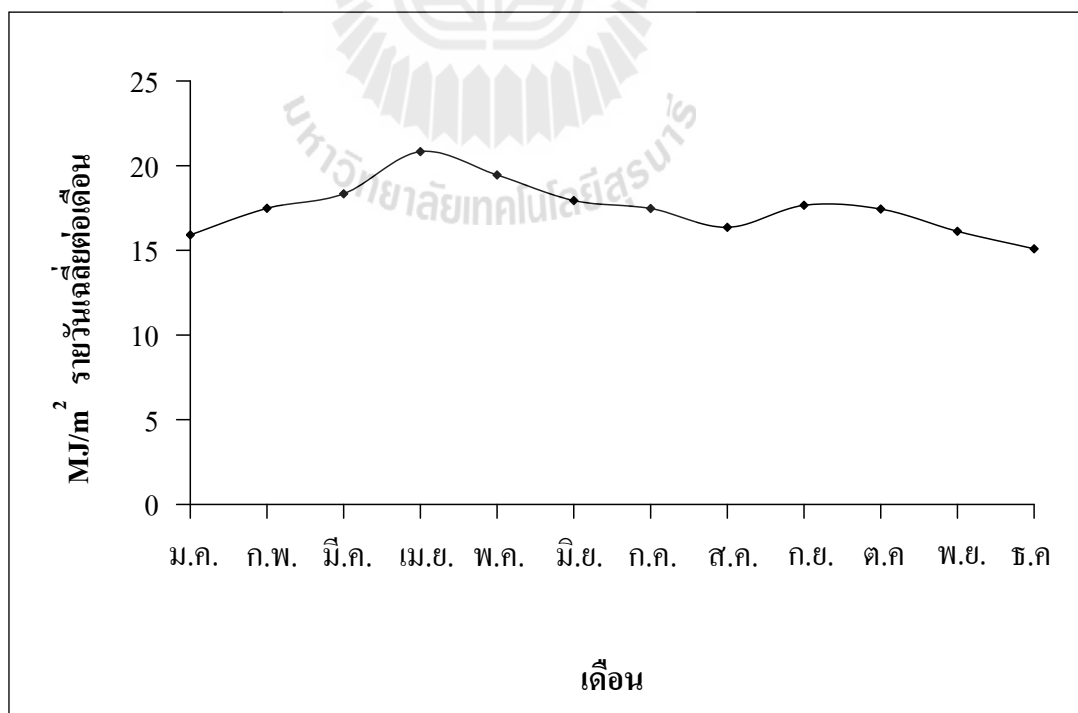
4.2 ข้อมูลรังสีอาทิตย์จากการตรวจวัดของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน

และอนุรักษ์พลังงาน

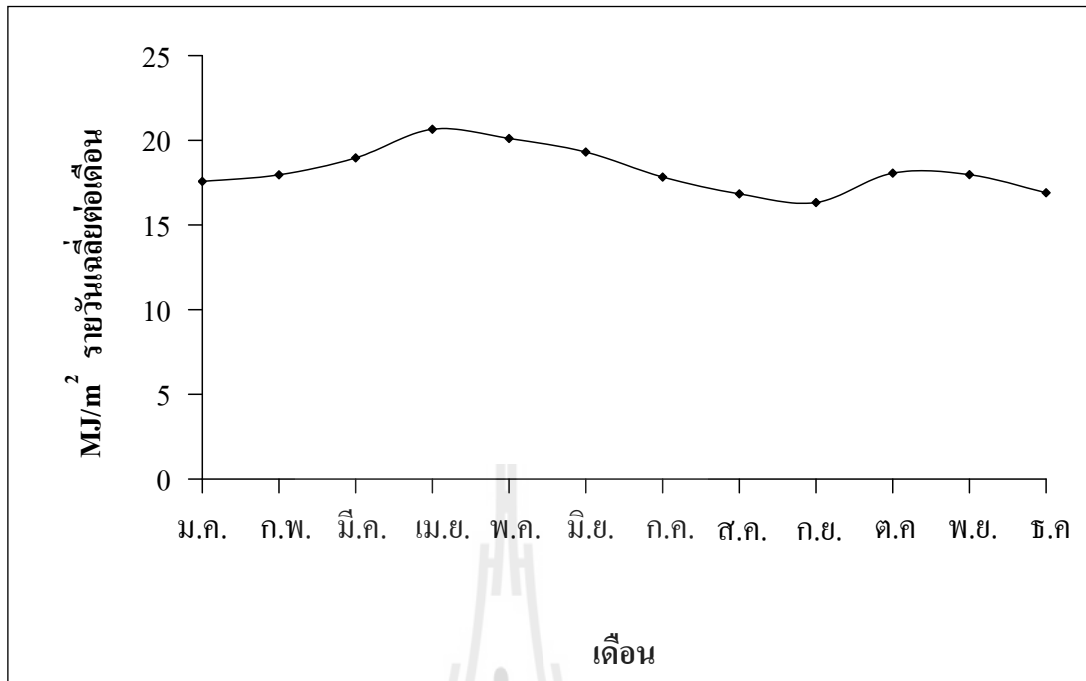
ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานนั้นเป็นข้อมูลรังสีรวมรายเดือนในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้นำข้อมูลดังกล่าวของจังหวัดเชียงใหม่ อุบลราชธานี นครราชสีมา ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และสงขลา ดังรูปที่ 4.2 - 4.7 รวมทั้งข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดกรุงเทพมหานคร มาใช้เป็นตัวแทนรูปแบบรังสีอาทิตย์ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

จากข้อมูลรังสีอาทิตย์ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยสามารถที่จะจำแนกรูปแบบรังสีอาทิตย์ได้ 2 รูปแบบ คือรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคกลางไปจนถึงภาคเหนือโดยครอบคลุมจังหวัด

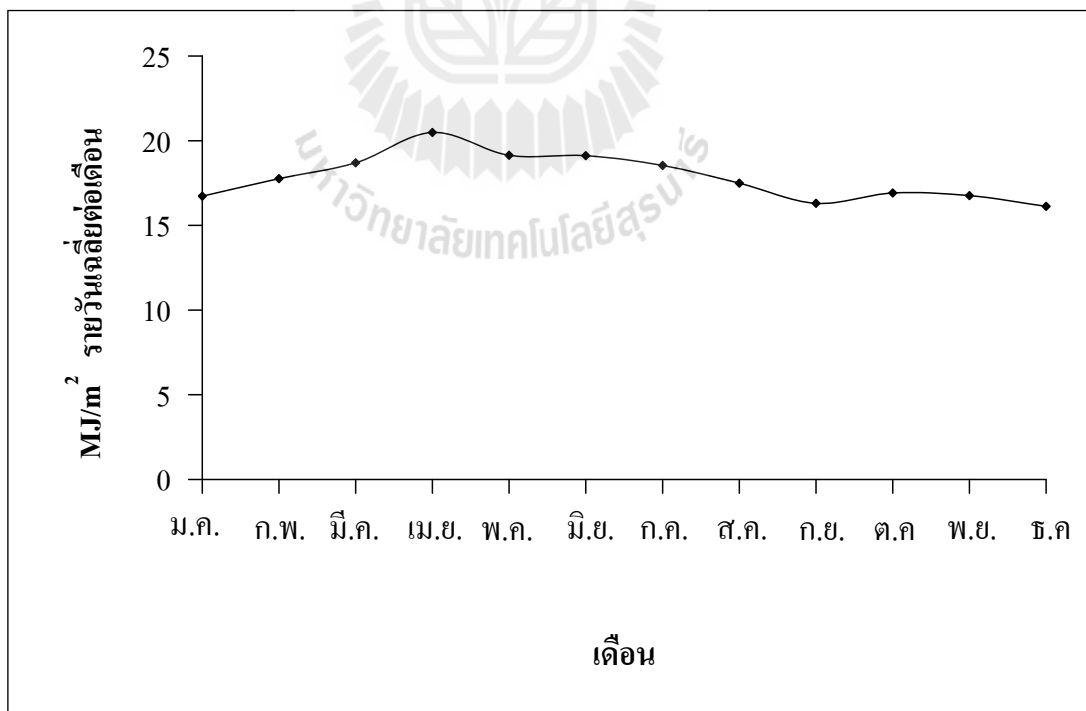
กรุงเทพมหานคร นครราชสีมา อุบลราชธานี และเชียงใหม่ และรูปแบบที่สองคือรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคกลางตอนล่างจนถึงภาคใต้โดยครอบคลุมจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และสงขลา โดยรูปแบบรังสีอาทิตย์ทั้ง 2 รูปแบบนั้นได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาค และการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ ซึ่งจะได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมเนื่องจากสภาพท้องฟ้าในช่วงนี้จะยังไม่มีเมฆมากนักและโลกจะโคจรค่อนข้างใกล้ดวงอาทิตย์ ทำให้ทุกภาคของประเทศไทยมีแนวโน้มจะรับรังสีอาทิตย์ได้ดีในช่วงนี้ เมื่อเข้าสู่ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ทั่วทุกภาคประเทศไทยจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ นำเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุก จึงทำให้ในช่วงนี้รังสีอาทิตย์จะมีแนวโน้มลดลงในทุกภาคของประเทศไทย และเมื่อเข้าสู่ช่วงกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ประเทศไทยจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดเอามวลอากาศเย็นและแห้งมาจากประเทศจีน ทำให้มีปริมาณเมฆน้อยลง ท้องฟ้าปลอดโปร่งมากขึ้น จึงส่งผลให้รังสีอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนักเนื่องจากในช่วงดังกล่าวซีกโลกเหนือจะหันเข้าออกจากดวงอาทิตย์ ยกเว้นทางภาคใต้ของประเทศจะยังคงมีฝนตกต่อเนื่องอยู่เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดเอามวลอากาศชื้นจากทะเลฝั่งอ่าวไทยขึ้นฝั่ง จึงทำให้ทางภาคใต้ของประเทศในช่วงดังกล่าวจะไม่มีแนวโน้มการรับรังสีอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น



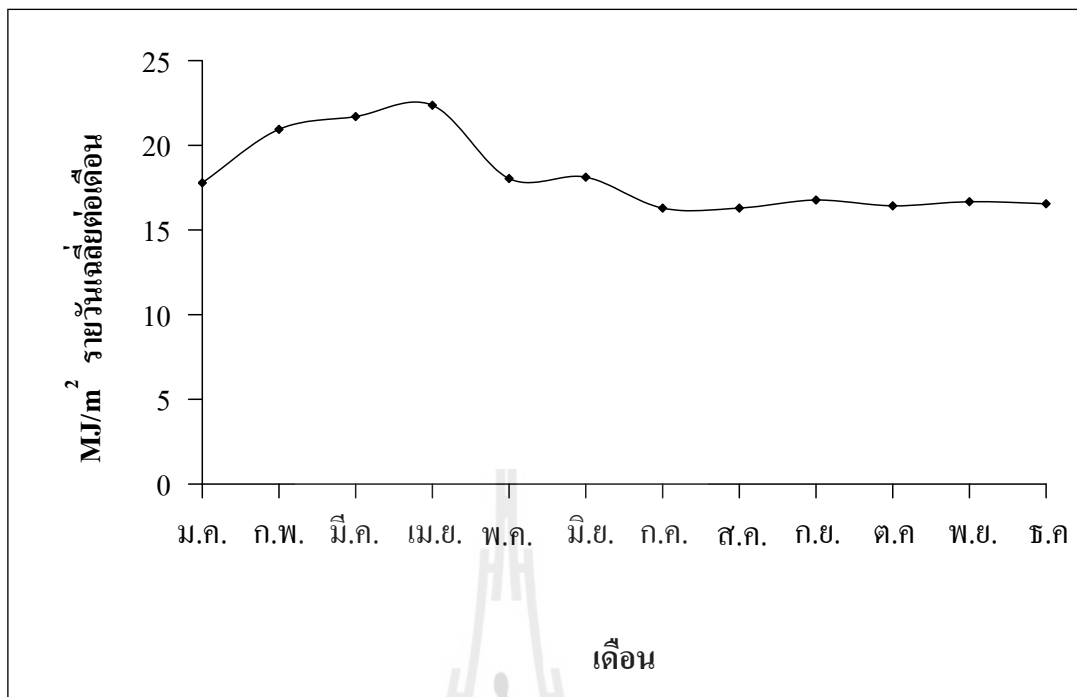
รูปที่ 4.2 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดเชียงใหม่



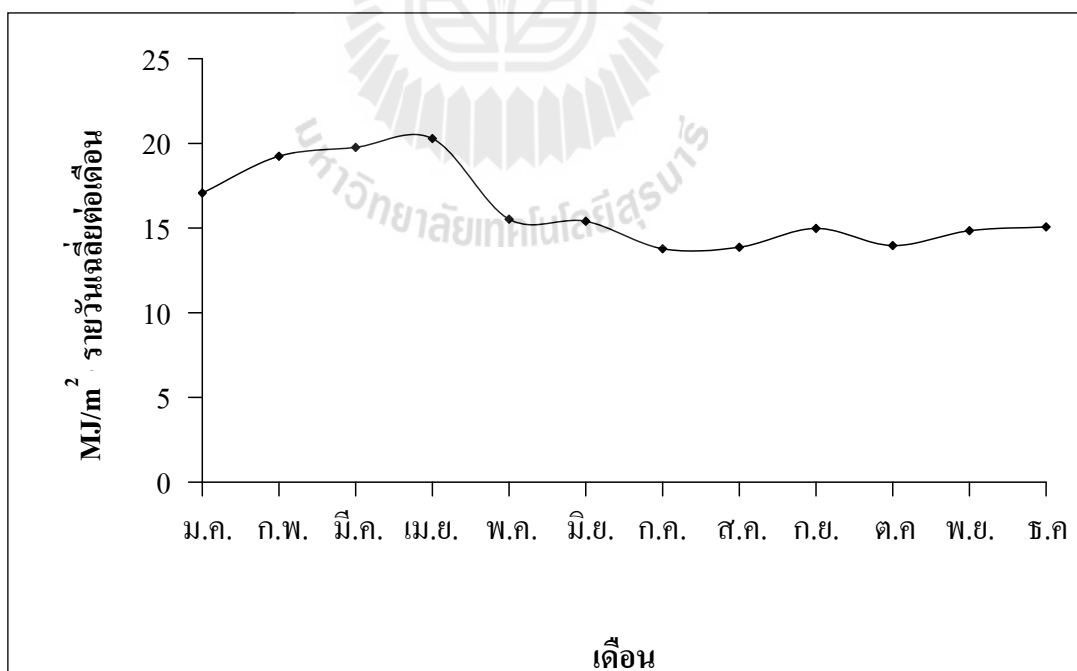
รูปที่ 4.3 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดอุบลราชธานี



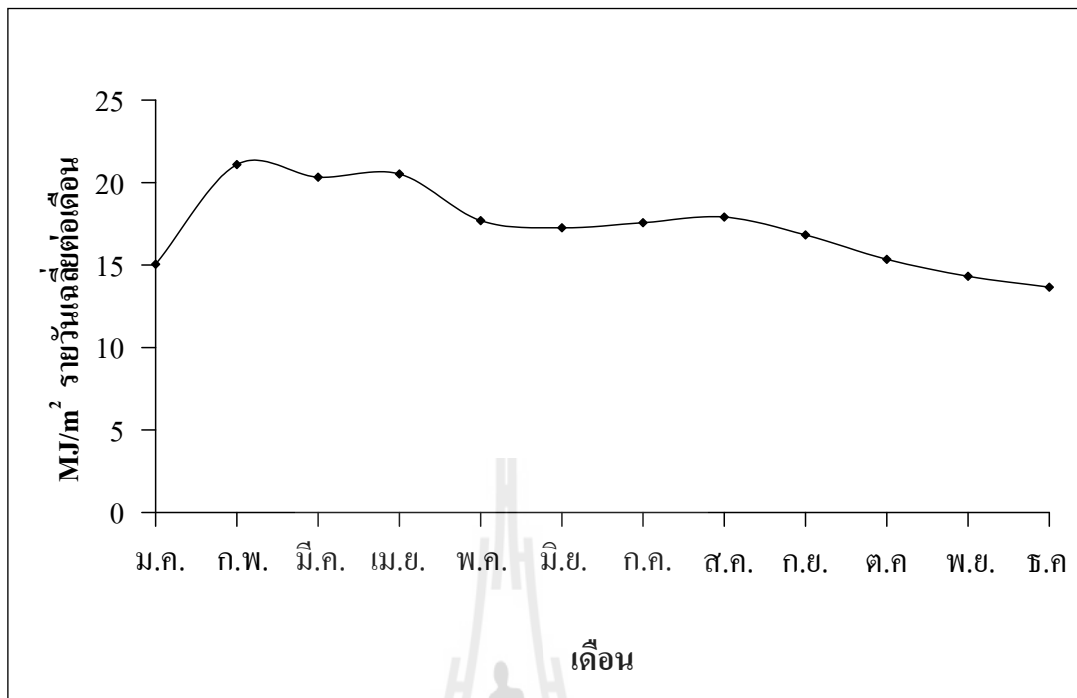
รูปที่ 4.4 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 4.5 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



รูปที่ 4.6 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดระนอง



รูปที่ 4.7 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2545-2550 จังหวัดสงขลา

4.3 แบบจำลองรังสีอาทิตย์ของกลุ่มข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์ สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน

แบบจำลองนี้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการ การจัดทำคู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในงานด้านพลังงานทดแทน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยแบบจำลองดังกล่าวจะแสดงค่าความเข้มรังสีรวมเป็นฟังก์ชันของสัมประสิทธิ์การสะท้อนของบรรยากาศและพื้นผิวโลก ซึ่งได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและสัมประสิทธิ์การดูดกลืนและการกระเจิงรังสีอาทิตย์ของฝุ่นละออง โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของไอน้ำจะหาจากปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ สำหรับการลดลงของรังสีอาทิตย์เนื่องจากฝุ่นละอองจะคำนวณจากข้อมูลทัศนวิสัยซึ่งทำการสังเกตที่สถานีอุตุนิยมวิทยา 80 แห่งทั่วประเทศ กรณีของการดูดกลืนของก๊าซโอโซนในบรรยากาศจะทำการคำนวณจากปริมาณโอโซนที่ได้จากดาวเทียม TOMS/EP โดยช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจะอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2530-2547 จากนั้นได้ทำการทดสอบความละเอียดถูกต้องของแบบจำลอง โดยการนำแบบจำลองไปคำนวณค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สถานีวัด 4 แห่ง ผลการทดสอบพบว่าค่าความเข้ม

รังสีดวงอาทิตย์ที่คำนวณจากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับค่าการวัดโดยมีความแตกต่างในรูปของค่าคลาดเคลื่อนรากล้างสองเฉลี่ยเท่ากับ 9.9% หลังจากนั้นจึงได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปคำนวณค่าความเข้มรังสีรวมทั่วประเทศดังสมการที่ 4.1

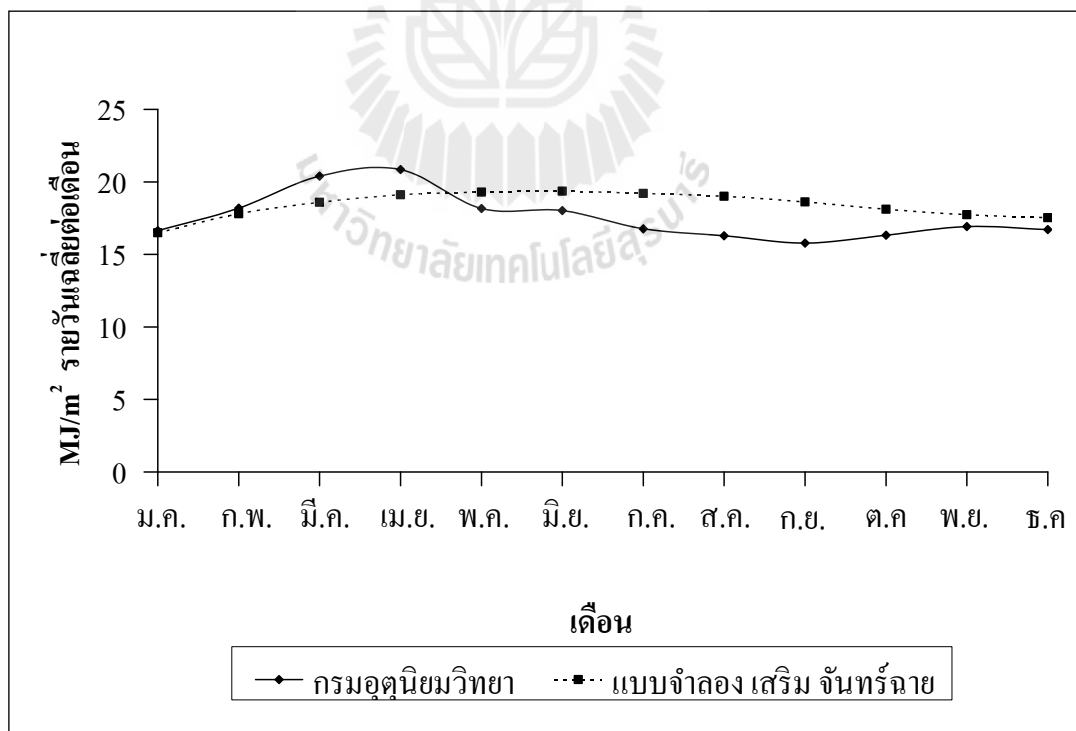
$$I_{sur} = \frac{(\tau_o - \tau_o \rho_B - \tau_o \alpha_w - \tau_o \alpha_{aer})}{[(1 - \rho_G) + \rho_G \alpha_w + \rho_G \alpha_{aer}]} I_{TOA} \quad (4.1)$$

โดยที่	I_{sur}	คือ รังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบพื้นผิวโลก
	I_{TOA}	คือ รังสีอาทิตย์รายชั่วโมงบนพื้นราบที่ตกกระทบส่วนบนของบรรยากาศโลก
	τ_o	คือ สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ของโอโซน
	ρ_B	คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของบรรยากาศและพื้นผิวโลก
	ρ_G	คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวโลก
	α_w	คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของไอน้ำ
	α_{aer}	คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของฝุ่นละออง

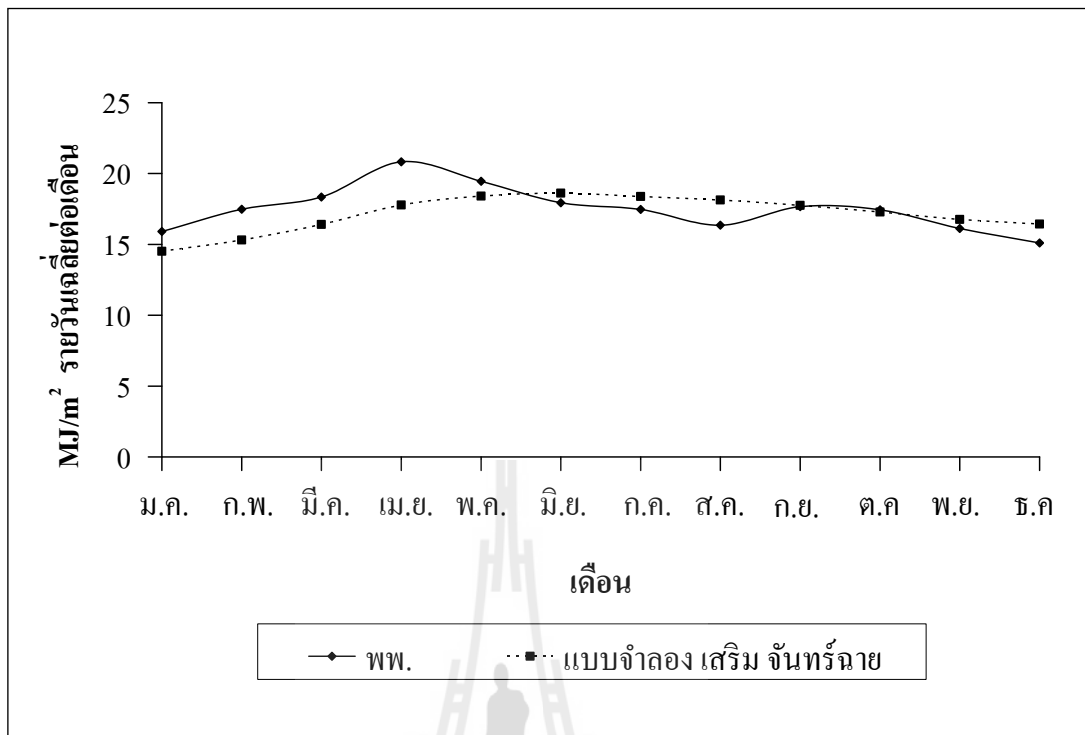
โดยผลการนำแบบจำลองดังกล่าวไปคำนวณค่าความเข้มรังสีรวมทั่วประเทศ ได้ถูกจัดเรียงข้อมูลไว้ในรูปแบบของตารางในจังหวัดต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลรังสีรวมรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนดังตารางที่ 4.1 จากข้อมูลความเข้มรังสีรวมรายชั่วโมงเฉลี่ยของวันในแต่ละเดือนสำหรับจังหวัดต่าง ๆ สามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดังรูปที่ 4.8-4.14

ตารางที่ 4.1 ความเข้มรังสีรวมรายชั่วโมงเฉลี่ยในเดือนต่างๆ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร (เสริม จันทร์ฉาย)

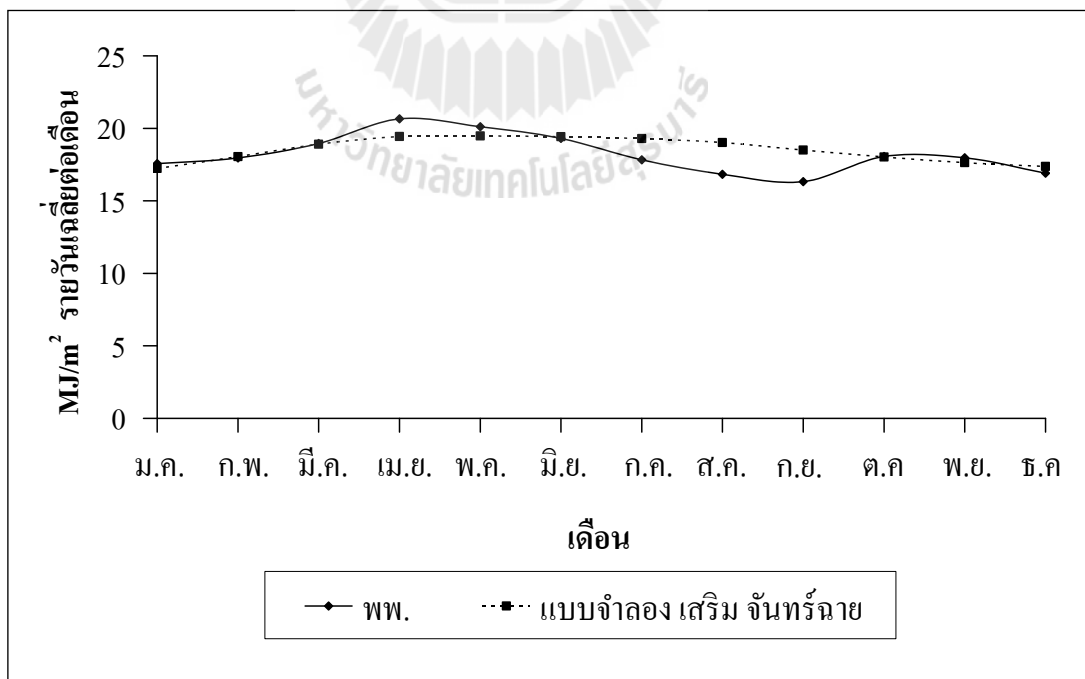
เดือน	รังสีรวมรายชั่วโมง ($MJ / m^2 - hr$)											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.
ม.ค.	0.00	0.27	0.66	1.35	2.00	2.40	2.54	2.47	2.11	1.46	0.90	0.33
ก.พ.	0.00	0.31	0.71	1.41	2.06	2.53	2.71	2.66	2.27	1.62	1.05	0.47
มี.ค.	0.01	0.39	0.78	1.46	2.13	2.60	2.80	2.75	2.35	1.69	1.11	0.53
เม.ย.	0.13	0.50	0.86	1.54	2.18	2.64	2.84	2.77	2.34	1.67	1.10	0.54
พ.ค.	0.21	0.58	0.94	1.61	2.22	2.65	2.83	2.72	2.29	1.61	1.08	0.55
มิ.ย.	0.23	0.61	0.99	1.64	2.23	2.64	2.80	2.69	2.26	1.59	1.09	0.59
ก.ค.	0.19	0.60	1.01	1.66	2.23	2.61	2.78	2.67	2.23	1.55	1.07	0.60
ส.ค.	0.16	0.59	1.02	1.67	2.26	2.59	2.76	2.64	2.21	1.53	1.04	0.54
ก.ย.	0.15	0.58	1.02	1.67	2.26	2.58	2.73	2.61	2.17	1.49	0.95	0.41
ต.ค.	0.13	0.58	1.02	1.67	2.23	2.55	2.70	2.56	2.12	1.45	0.85	0.25
พ.ย.	0.07	0.54	1.02	1.67	2.23	2.54	2.68	2.53	2.09	1.42	0.79	0.16
ธ.ค.	0.00	0.47	1.01	1.66	2.22	2.53	2.66	2.51	2.07	1.40	0.80	0.20



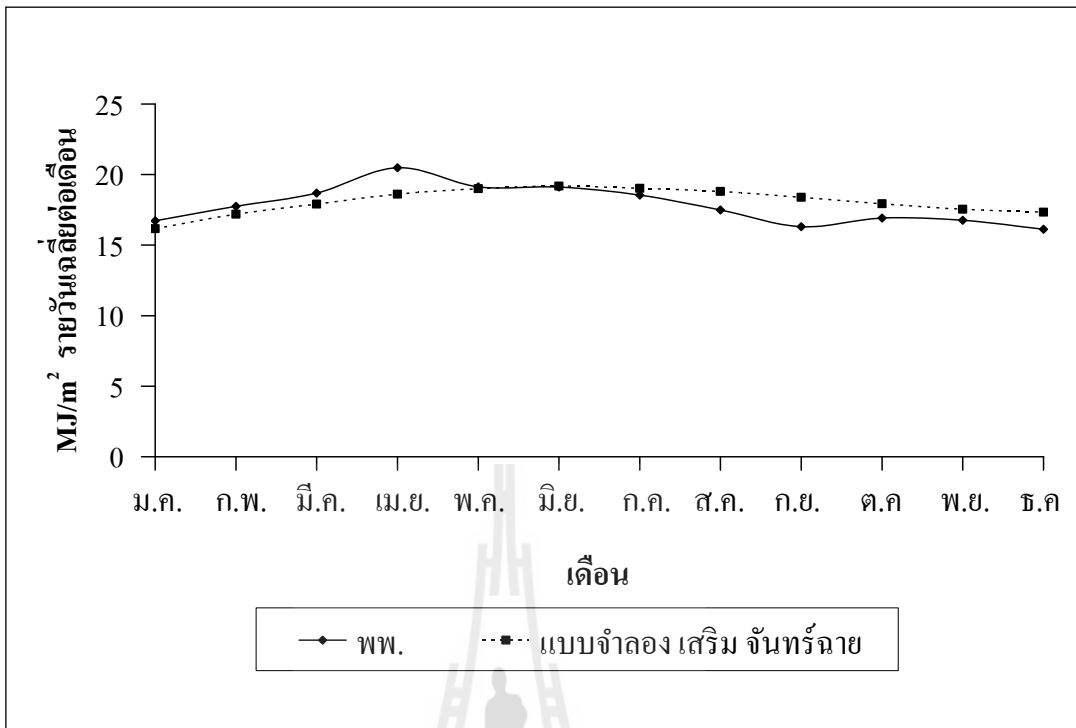
รูปที่ 4.8 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดกรุงเทพมหานคร



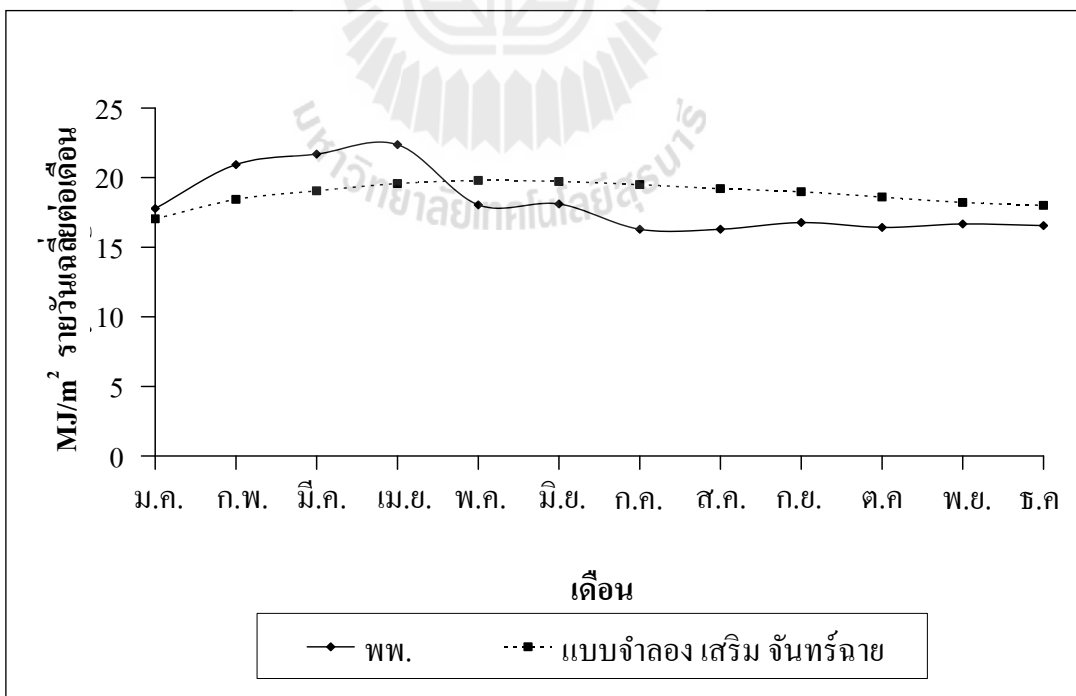
รูปที่ 4.9 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดเชียงใหม่



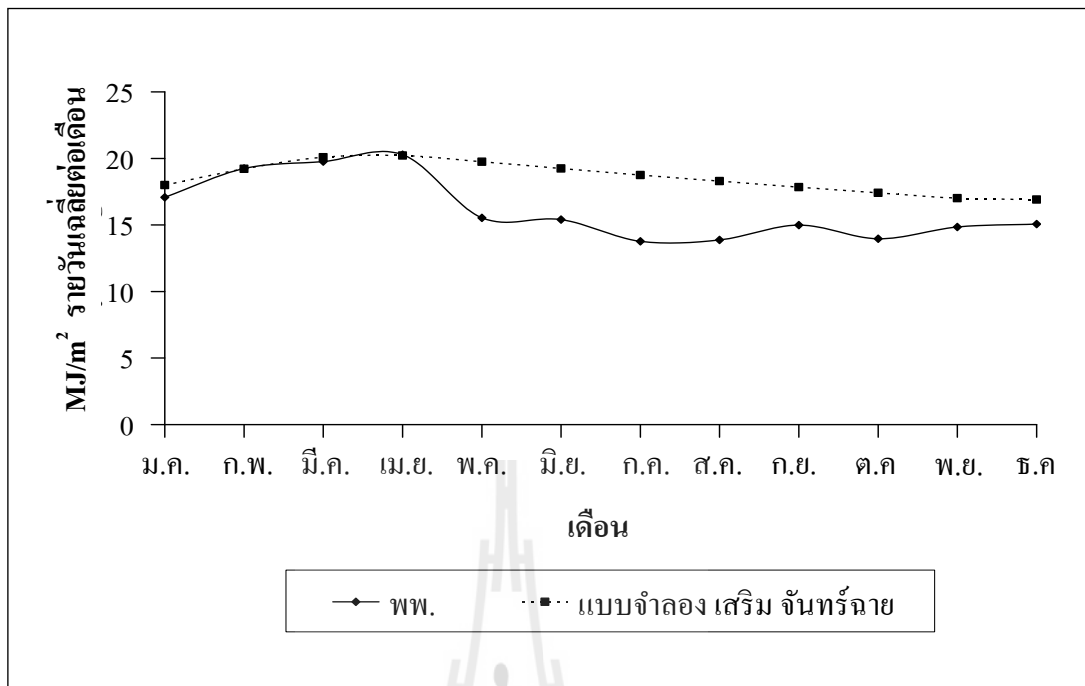
รูปที่ 4.10 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดอุบลราชธานี



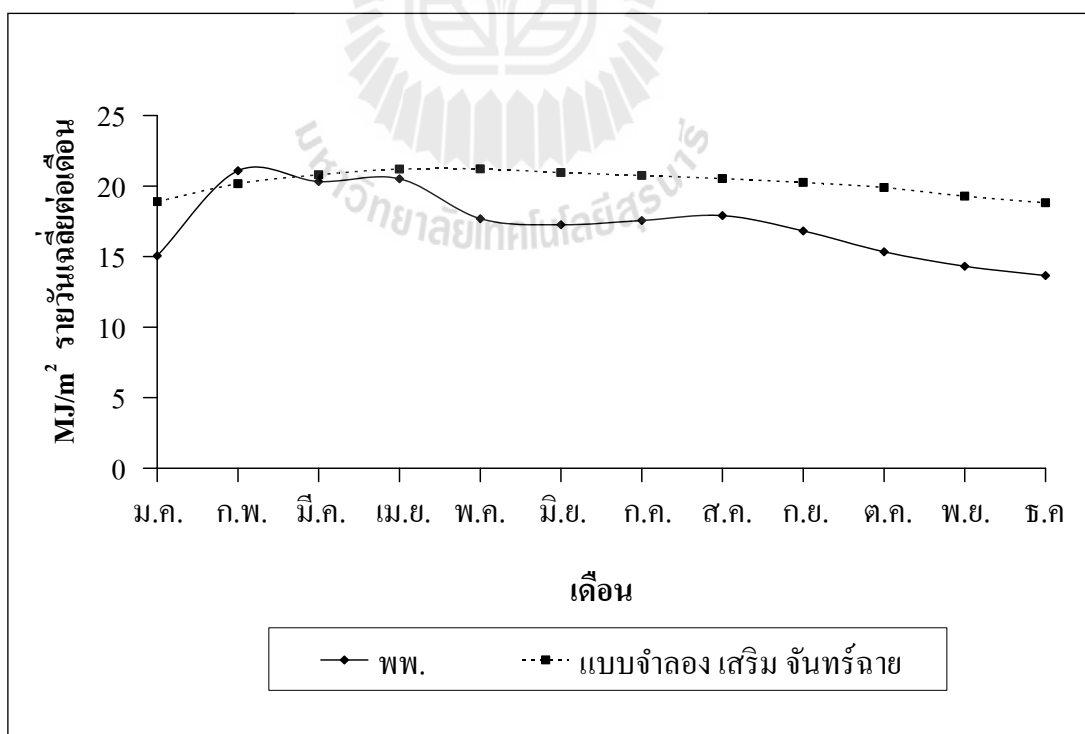
รูปที่ 4.11 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 4.12 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์



รูปที่ 4.13 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดระนอง



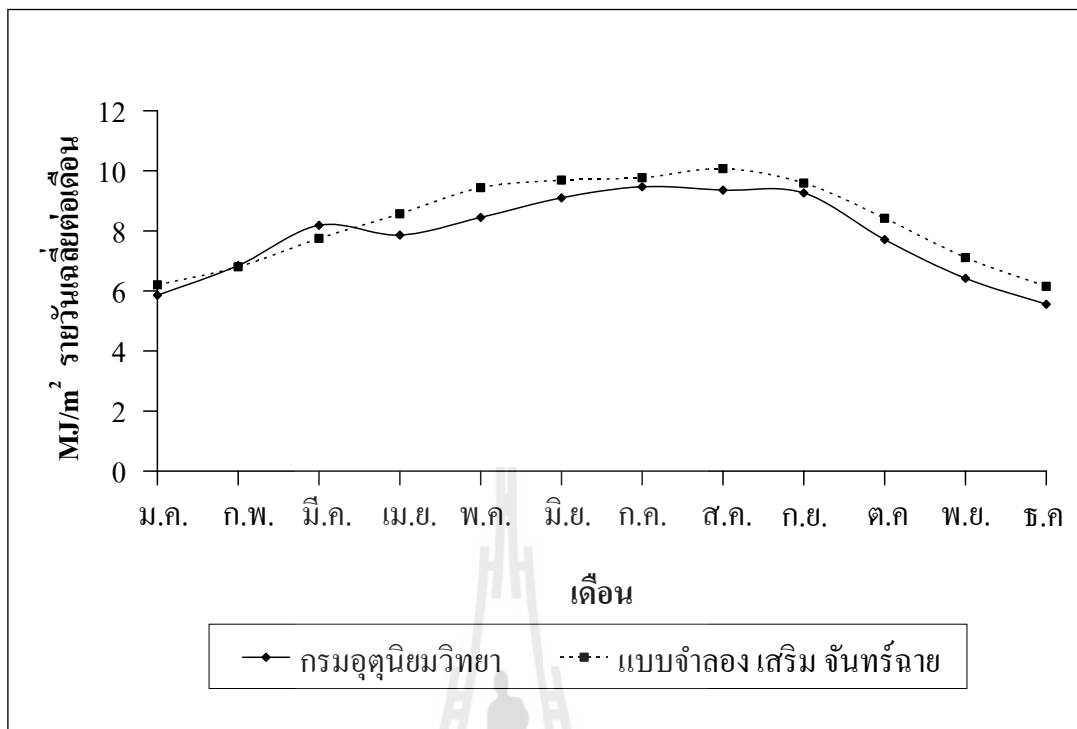
รูปที่ 4.14 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของเดือนสำหรับจังหวัดสงขลา

จากกราฟเปรียบเทียบรังสีรวมในจังหวัดต่าง ๆ พบว่าแบบจำลองให้ผลคลาดเคลื่อนไปจากการตรวจวัดค่ารังสีรวมในปัจจุบันอยู่พอสมควร เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นภายใต้ข้อมูลในอดีต ซึ่งสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากในอดีตค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว

ในด้านรังสีกระจาย โครงการดังกล่าวได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนรังสีกระจายต่อรังสีรวมจากการวัดกับสัมประสิทธิ์การสะท้อนของบรรยากาศและพื้นผิวโลกที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หลังจากที่ทำการศึกษาความละเอียดถูกต้องแล้ว จึงได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาคำนวณค่าความเข้มรังสีกระจายทั่วประเทศ และได้จัดเรียงข้อมูลไว้ในรูปแบบของตารางในจังหวัดต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลรังสีกระจายรายชั่วโมงเฉลี่ยต่อเดือนดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลความเข้มรังสีกระจายรายชั่วโมงเฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ สำหรับจังหวัดกรุงเทพมหานคร

เดือน	รังสีกระจายรายชั่วโมง ($MJ / m^2 - hr$)											
	6-7 น.	7-8 น.	8-9 น.	9-10 น.	10-11 น.	11-12 น.	12-13 น.	13-14 น.	14-15 น.	15-16 น.	16-17 น.	17-18 น.
ม.ค.	0.00	0.14	0.35	0.63	0.79	0.89	0.89	0.83	0.69	0.54	0.33	0.12
ก.พ.	0.00	0.18	0.41	0.71	0.90	0.94	0.90	0.83	0.75	0.61	0.39	0.18
มี.ค.	0.00	0.26	0.51	0.82	1.00	1.06	1.00	0.92	0.83	0.68	0.45	0.22
เม.ย.	0.09	0.35	0.60	0.88	1.07	1.11	1.07	0.99	0.92	0.75	0.50	0.24
พ.ค.	0.15	0.41	0.66	0.93	1.08	1.19	1.17	1.14	1.03	0.83	0.56	0.29
มิ.ย.	0.15	0.41	0.67	0.93	1.11	1.21	1.22	1.17	1.05	0.86	0.59	0.32
ก.ค.	0.12	0.38	0.64	0.91	1.11	1.25	1.24	1.19	1.09	0.89	0.61	0.34
ส.ค.	0.10	0.38	0.65	0.95	1.12	1.32	1.33	1.27	1.14	0.89	0.60	0.32
ก.ย.	0.09	0.37	0.64	0.94	1.15	1.29	1.31	1.23	1.06	0.79	0.50	0.22
ต.ค.	0.08	0.33	0.58	0.87	1.10	1.20	1.19	1.08	0.89	0.62	0.37	0.11
พ.ย.	0.03	0.27	0.51	0.76	0.91	1.00	1.03	0.94	0.78	0.53	0.29	0.06
ธ.ค.	0.00	0.19	0.41	0.63	0.78	0.86	0.90	0.84	0.70	0.49	0.28	0.07



รูปที่ 4.15 รังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนจังหวัดกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลความเข้มรังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานคร สามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดรังสีกระจายของกรมอุตุวิทยาได้ดังรูปที่ 4.16 พบว่าผลจากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลการตรวจวัดเล็กน้อยเช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบรังสีรวม ซึ่งเกิดจากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปจากในอดีตที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าว

4.4 แบบจำลองรังสีกระจายของ Perez

แบบจำลองรังสีกระจายของ Perez เป็นแบบจำลองที่ได้มีการวิเคราะห์ครอบคลุมไปถึงรูปแบบของท้องฟ้าซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากสภาพภูมิอากาศ โดย Perez (1990) ได้มีการนำเสนอสภาพของท้องฟ้าอยู่ในรูปของดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า (Sky clearness, ε) และดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า (Sky brightness, Δ) โดยปริมาณรังสีกระจายของแบบจำลองนี้จะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของดัชนีดังกล่าวและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณรังสีกระจายนั้นจำเป็นต้องทราบสภาพของท้องฟ้าจากดัชนีทั้งสอง เพื่อใช้ในการเลือกสัมประสิทธิ์ในการคำนวณรังสีกระจายที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในขณะนั้น

4.4.1 ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า

ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะของท้องฟ้าตั้งแต่สภาพท้องฟ้ามีเมฆมากไปจนถึงท้องฟ้าปลอดโปร่งดังตารางที่ 4.3 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.2

$$\varepsilon = \frac{[(Dh + I) / Dh + kZ^3]}{[1 + kZ^3]} \quad (4.2)$$

เมื่อ Dh คือ รังสีกระจายบนพื้นราบ
 I คือ รังสีตรงตั้งฉากกับพื้นราบ
 k คือ ค่าคงที่เท่ากับ 1.041
 Z คือ มุมซิมิท หน่วย เรเดียน

ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การแบ่งสภาพท้องฟ้าจากดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า

ε	สภาพท้องฟ้า	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
1.	เมฆเต็มท้องฟ้า	1	1.065
2.	-	1.065	1.230
3.	-	1.230	1.500
4.	-	1.500	1.950
5.	-	1.950	2.800
6.	-	2.800	4.500
7.	-	4.500	6.200
8.	ท้องฟ้าแจ่มใส	6.200	-

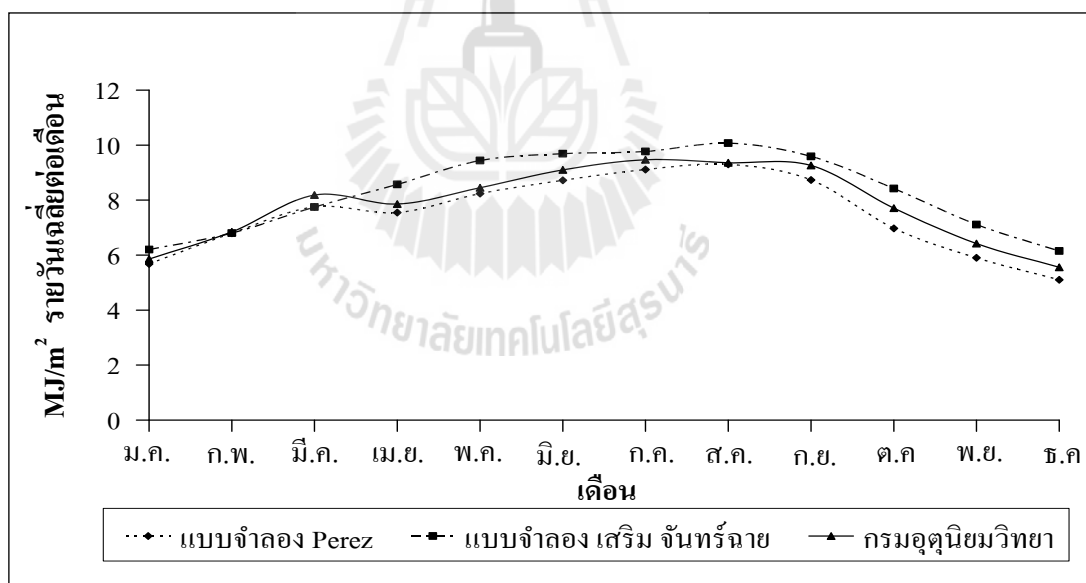
4.4.2 ดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า

ดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้าจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของรังสีกระจาย มวลอากาศ และรังสีอาทิตย์ก่อนเข้าชั้นบรรยากาศของโลก โดยดัชนีดังกล่าวจะวิเคราะห์จากอัตราการกระเจิงของรังสีอาทิตย์เมื่อส่องผ่านชั้นเมฆ โดยการกระเจิงของรังสีอาทิตย์จะทำให้เกิดความส่องสว่างของท้องฟ้า ดังสมการที่ 4.3

$$\Delta = \frac{(Dh \times m)}{I_o} \quad (4.3)$$

โดยที่ Dh คือ รังสีกระจายบนพื้นราบ
 I_o คือ รังสีอาทิตย์ก่อนเข้าชั้นบรรยากาศของโลก
 m คือ มวลอากาศ

การศึกษาวิจัยนี้จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ทั้งรังสีรวมและรังสีกระจายในจังหวัดอื่น ๆ นอกเหนือจากกรุงเทพมหานคร แต่เนื่องจากข้อมูลรังสีกระจายในต่างจังหวัดนั้นยังไม่มีหน่วยงานใดทำการตรวจวัด ผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองรังสีกระจายของ Perez มาวิเคราะห์แยกรังสีกระจายออกจากข้อมูลรังสีรวมในต่างจังหวัด โดยตรวจสอบผลของแบบจำลองดังกล่าวด้วยการแยกรังสีกระจายออกจากรังสีรวมในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จากนั้นจึงนำผลของแบบจำลองมาเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 รังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนจากแบบจำลองต่าง ๆ กับผลการตรวจวัดของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

จากกราฟพบว่าแบบจำลองรังสีกระจายของ Perez สามารถคำนวณค่ารังสีกระจายได้ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบัน ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงมี

ความเหมาะสมที่จะใช้คำนวณหารังสีกระจายในจังหวัดอื่น ๆ ภายใต้ข้อมูล ณ จังหวัดนั้น ๆ การศึกษาวิจัยนี้จึงได้นำเอาแบบจำลองรังสีกระจายของ Perez มาใช้ในการแยกรังสีกระจายออกจาก รังสีรวมในจังหวัดอื่น ๆ ได้แก่ เชียงใหม่ นครราชสีมา อุบลราชธานี ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และ สงขลา ภายใต้ข้อมูลรังสีรวมที่ได้รับจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งได้ผล ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่ารังสีกระจายรายวันเฉลี่ยของเดือนจากการคำนวณโดยแบบจำลองของ Perez ใน จังหวัดต่าง ๆ (MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยของเดือน)

จังหวัด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เชียงใหม่	5.27	6.20	7.37	9.44	10.11	9.86	10.32	9.45	9.16	7.62	5.99	4.59
นครราชสีมา	6.14	6.86	8.23	10.03	9.82	9.81	9.84	9.26	8.35	7.95	6.86	5.78
อุบลราชธานี	6.00	6.65	7.69	9.69	9.86	9.52	9.04	8.68	7.97	7.63	6.69	5.69
ประจวบคีรีขันธ์	6.56	7.65	8.84	9.65	8.34	8.76	8.34	8.33	8.64	8.12	6.57	5.91
ระนอง	7.92	8.73	9.16	10.06	8.28	8.45	7.77	8.22	8.79	8.10	8.15	7.54
สงขลา	6.41	8.48	7.94	8.22	7.70	7.48	7.78	8.45	8.13	7.18	6.92	6.47

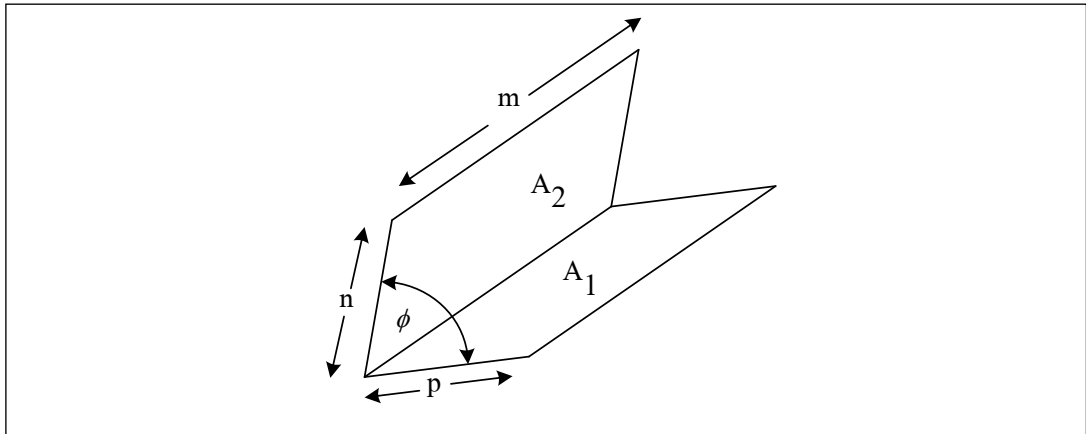
4.5 ตัวประกอบขนาด 3 มิติ

จากบทที่ 2 ได้กล่าวถึงความหมายของตัวประกอบขนาดในเชิงนิยามและความสัมพันธ์กัน ของตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นผิวแล้ว ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงตัวประกอบขนาดในลักษณะ ของพื้นผิว 3 มิติ และการนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาวิจัย

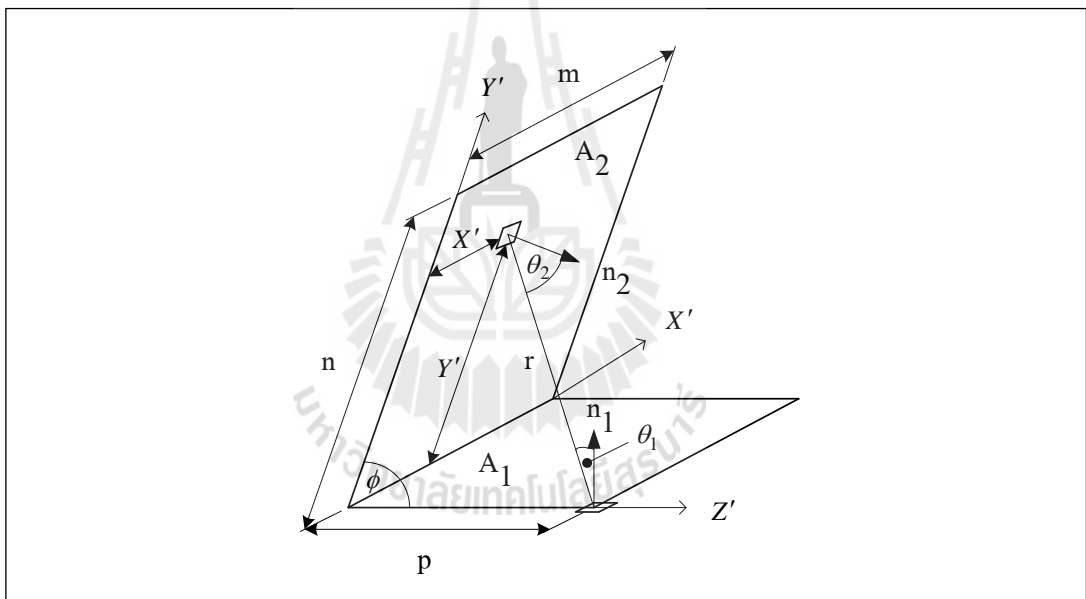
การศึกษานี้ได้นำสมการตัวประกอบขนาด 3 มิติ ของ Hamilton, D.C., and Morgan, W.R. (1952) ซึ่งเป็นตัวประกอบขนาดในลักษณะของพื้นผิวราบสองพื้นผิวที่มีด้านร่วมติดกันดังรูป ที่ 4.18 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของทิศทาง ลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดของ ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ โดยกำหนดให้ $N = \frac{n}{m}$ และ $L = \frac{p}{m}$

โดยตัวประกอบขนาดดังกล่าววิเคราะห์ได้จากการแผ่รังสีจากพื้นที่เล็กของพื้นผิว A_1 ไปสู่ พื้นผิว A_2 ดังภาพ โดย n_1 และ n_2 คือเส้นตั้งฉากของพื้นผิว dA_1 และ dA_2 ตามลำดับ โดยมี r คือเส้น เชื่อมระหว่างพื้นผิว และ θ_1 กับ θ_2 คือมุมระหว่างเส้น r และเส้นตั้งฉากของผิวทั้งสองดังรูปที่ 4.19

$$A_1 F_{A_1-A_2} = \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2 dA_1 dA_2}{\pi r^2} \quad (4.4)$$



รูปที่ 4.17 พื้นผิวสองพื้นผิวที่มีด้านร่วมติดกัน



รูปที่ 4.18 ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์หัตถ์ประกอบขนาด 3 มิติ

จากรูปที่ 4.18 พบว่าเราสามารถเขียน $\cos \theta_1$, $\cos \theta_2$ และ r ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน x' , y' และค่ามุม ϕ ได้ดังสมการที่ 4.5

$$dA_1 F_{dA_1-A_2} = \frac{dA_1 \sin^2 \phi}{\pi} \int_0^m \int_0^h \frac{ay' dx' dy'}{[(x')^2 + (y')^2 + a^2 - (2ay' \cos \phi)]^2} \quad (4.5)$$

และกำหนดให้ x y M และ H คือตัวแปรไร้มิติโดย $x = x'/a$, $y = y'/a$, $M = m/a$ และ $H = h/a$

$$dA_1 F_{dA_1-A_2} = \frac{dA_1 \sin^2 \phi}{\pi} \int_0^M \int_0^H \frac{y dy dx}{(y^2 - 2y \cos \phi + 1 + x^2)^2} \quad (4.6)$$

จากนั้นอินทิเกรตเทียบกับพิสัยแกน y

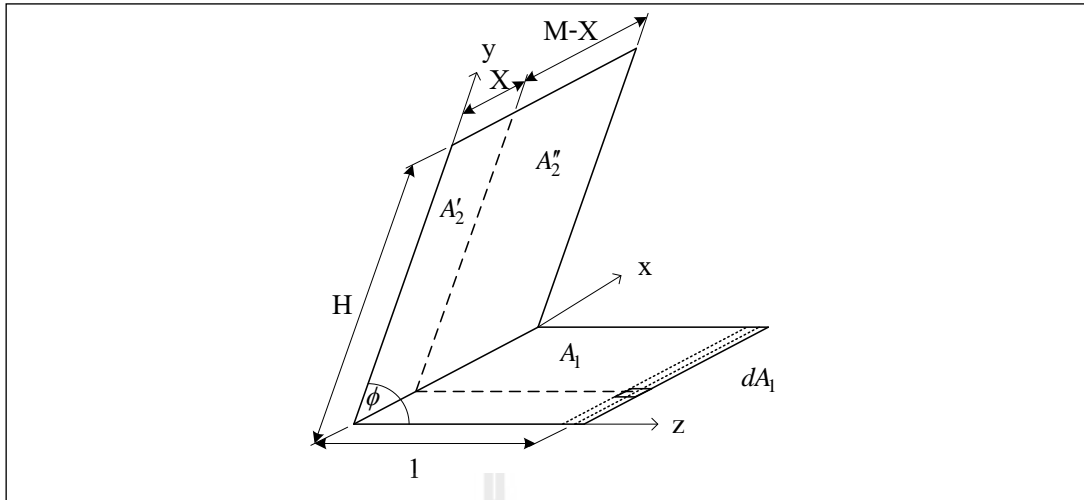
$$\begin{aligned} dA_1 F_{dA_1-A_2} = & \frac{dA_1 \sin^2 \phi}{\pi} \int_0^M \left\{ \frac{H}{H - \cos \phi} \left[\frac{1}{x^2 + \sin^2 \phi} - \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{1}{(1 + H^2 + x^2 - 2H \cos \phi)} \right] + \right. \\ & \left. \frac{\cos \phi}{(x^2 + \sin^2 \phi)^{3/2}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{H - \cos \phi}{\sqrt{x^2 + \sin^2 \phi}} \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. \tan^{-1} \left(\frac{\cos \phi}{\sqrt{x^2 + \sin^2 \phi}} \right) \right] \right\} dx \quad (4.7) \end{aligned}$$

และอินทิเกรตเทียบกับพิสัย x จะได้สมการตัวประกอบขนาดของการแผ่รังสีจากพื้นผิว dA_1 ไปสู่พื้นผิว A_2

$$\begin{aligned} dA_1 F_{dA_1-A_2} = & \frac{1}{2\pi} \left\{ \tan^{-1} M + \left(\frac{H \cos \phi - 1}{\sqrt{1 + H^2 - 2H \cos \phi}} \right) \tan^{-1} \left(\frac{M}{\sqrt{1 + H^2 - 2H \cos \phi}} \right) + \right. \\ & \left. \left(\frac{M \cos \phi}{\sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}} \right) \left[\tan^{-1} \left(\frac{H - \cos \phi}{\sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \phi}{\sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}} \right) \right] \right\} \quad (4.8) \end{aligned}$$

จากนั้นอินทิเกรตในพิสัยแกน x ตลอดแนวความลึกของพื้นผิว A_1 ดังรูปที่ 4.20 จะได้ดังสมการที่ 4.9

$$F_{dA_1-A_2} = \left(F_{dA_1-A_2'} + F_{dA_1-A_2''} \right) \quad (4.9)$$



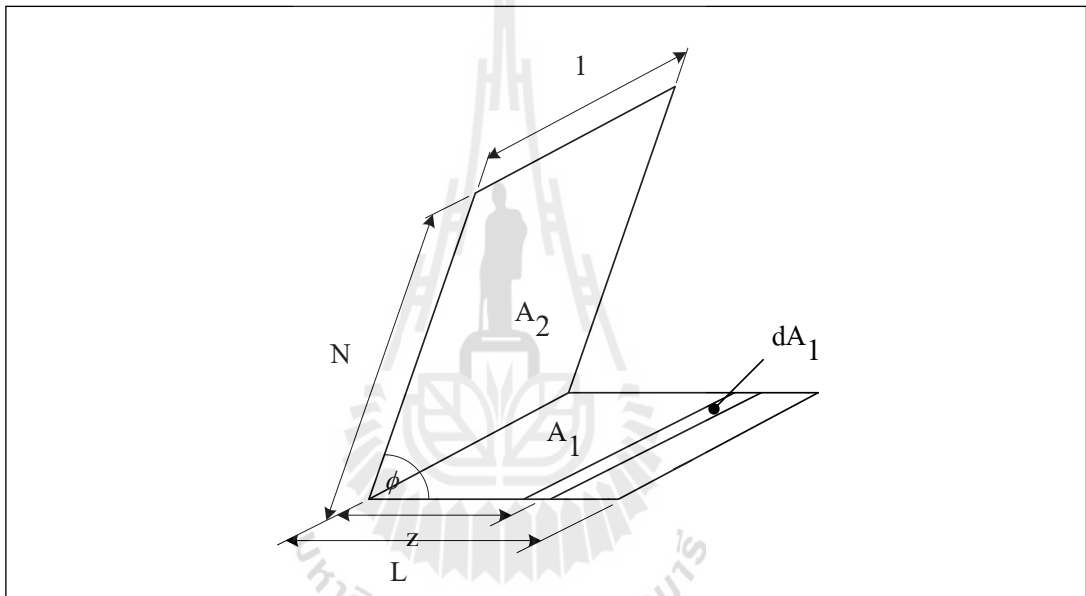
รูปที่ 4.19 อินทิเกรตในพิกัดแกน x ตลอดแนวความลึกของพื้นผิว A_1

$$F_{dA_1-A_2} = \left(F_{dA_1-A_2'} + F_{dA_1-A_2''} \right) \quad (4.9)$$

$$F_{dA_1-A_2} = \frac{1}{\pi} \left\{ \tan^{-1} M + \frac{\sin^2 \phi}{2M} \log_e \left[\frac{1 + H^2 + M^2 - 2H \cos \phi}{(1 + M^2)(1 + H^2 - 2H \cos \phi)} \right] - \frac{\sin \phi \cos \phi}{2M} \right. \\ \left[\tan^{-1} \left(\frac{H - \cos \phi}{\sin \phi} \right) + \frac{\pi}{2} - \phi \right] + \left(\frac{H \cos \phi - 1}{\sqrt{1 + H^2 - 2H \cos \phi}} \right) \\ \tan^{-1} \left(\frac{M}{\sqrt{1 + H^2 - 2H \cos \phi}} \right) + \left(\frac{\cos \phi \sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}}{M} \right) \\ \left. \left[\tan^{-1} \left(\frac{H - \cos \phi}{\sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\cos \phi}{\sqrt{M^2 + \sin^2 \phi}} \right) \right] \right\} \quad (4.10)$$

กำหนดให้ N/L และ z เป็นตัวแปรไร้มิติ โดย $N = n/m$, $L = p/m$ และ $z = z'/m$ ดังสมการที่ 4.11 จากนั้นจะอินทิเกรตในพิกัดแกน z ตลอดแนวความกว้างของพื้นผิว A_1 ดังรูปที่ 4.21 จะทำให้ได้สมการตัวประกอบขนาดของการแผ่รังสีจากพื้นผิว A_1 ไปยังพื้นผิว A_2 ดังสมการที่ 4.12

$$\begin{aligned}
F_{dA_1-A_2} = & \frac{1}{\pi} \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{1}{z} \right) + \frac{z \sin^2 \phi}{2} \log_e \left[\frac{z^2 (z^2 - 2Nz \cos \phi + 1 + N^2)}{(1+z^2)(z^2 - 2Nz \cos \phi + N^2)} \right] \right. \\
& - z \sin \phi \cos \phi \left[\frac{\pi}{2} - \phi + \tan^{-1} \left(\frac{N - z \cos \phi}{z \sin \phi} \right) \right] + \cos \phi \sqrt{1+z^2 \sin^2 \phi} \\
& \left[\tan^{-1} \left(\frac{N - z \cos \phi}{\sqrt{1+z^2 \sin^2 \phi}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{z \cos \phi}{\sqrt{1+z^2 \sin^2 \phi}} \right) \right] \\
& \left. + \frac{N \cos \phi - z}{\sqrt{z^2 - 2Nz \cos \phi + N^2}} \tan^{-1} \left(\frac{1}{\sqrt{z^2 - 2Nz \cos \phi + N^2}} \right) \right\} \quad (4.11)
\end{aligned}$$



รูปที่ 4.20 อินทิเกรตในพิกัดแกน z ตลอดแนวความกว้างของพื้นผิว A_1

และในกรณีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทำมุมระหว่างกัน 90 องศา จะสามารถจัดรูปสมการได้ดังสมการที่ 4.13 โดยตัวประกอบขนาดในรูปแบบของ 3 มิตินั้นจะยังคงสามารถใช้ความสัมพันธ์ของกฎสับเปลี่ยน และความสัมพันธ์ของกฎผลบวกได้เช่นเดียวกับรูปแบบ 2 มิติ โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะใช้สมการที่ 4.12 ในการคำนวณหาตัวประกอบขนาดระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ทำมุมใด ๆ ต่อกัน และจะใช้สมการที่ 4.13 ในกรณีที่พื้นผิวทั้งสองทำมุมฉากต่อกัน

$$\begin{aligned}
F_{A_1-A_2} = & \frac{1}{\pi L} \left(-\frac{\sin 2\phi}{4} \left[NL \sin \phi + \left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) (N^2 + L^2) + L^2 \tan^{-1} \left(\frac{N - L \cos \phi}{L \sin \phi} \right) \right. \right. \\
& + N^2 \tan^{-1} \left(\frac{L - N \cos \phi}{N \sin \phi} \right) + \frac{\sin^2 \phi}{4} \log_e \left\{ \left[\frac{(1 + N^2)(1 + L^2)}{1 + N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi} \right]^{\csc^2 \phi + \cot^2 \phi} \right. \\
& \left. \left. \left[\frac{L^2(1 + N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi)}{(1 + L^2)(N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi)} \right]^{L^2} \right\} + \frac{N^2 \sin^2 \phi}{4} \log_e \left[\left(\frac{N^2}{N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi} \right) \right. \right. \\
& \left. \left. \left(\frac{1 + N^2}{1 + N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi} \right)^{\cos 2\phi} \right] + L \tan^{-1} \left(\frac{1}{L} \right) + N \tan^{-1} \left(\frac{1}{N} \right) \right. \\
& - \sqrt{N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi} \cot^{-1} \sqrt{N^2 + L^2 - 2NL \cos \phi} + \frac{N \sin \phi \sin 2\phi}{2} \\
& \left. \sqrt{1 + N^2 \sin^2 \phi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{N \cos \phi}{\sqrt{1 + N^2 \sin^2 \phi}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{L - N \cos \phi}{\sqrt{1 + N^2 \sin^2 \phi}} \right) \right] + \right. \\
& \left. \cos \phi \int_0^L \sqrt{1 + z^2 \sin^2 \phi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{N - z \cos \phi}{\sqrt{1 + z^2 \sin^2 \phi}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{z \cos \phi}{\sqrt{1 + z^2 \sin^2 \phi}} \right) \right] dz \right) \quad (4.12)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F_{A_1-A_2} = & \frac{1}{\pi L} \left(L \tan^{-1} \left(\frac{1}{L} \right) + N \tan^{-1} \left(\frac{1}{N} \right) - \sqrt{N^2 + L^2} \cot^{-1} \sqrt{N^2 + L^2} + \right. \\
& \frac{1}{4} \left\{ \log_e \left[\frac{(1 + L^2)(1 + N^2)}{1 + L^2 + N^2} \right] + L^2 \log_e \left[\frac{L^2(1 + N^2 + L^2)}{(1 + L^2)(N^2 + L^2)} \right] + \right. \\
& \left. \left. N^2 \log_e \left[\frac{N^2(1 + N^2 + L^2)}{(1 + N^2)(N^2 + L^2)} \right] \right\} \right) \quad (4.13)
\end{aligned}$$

บทที่ 5

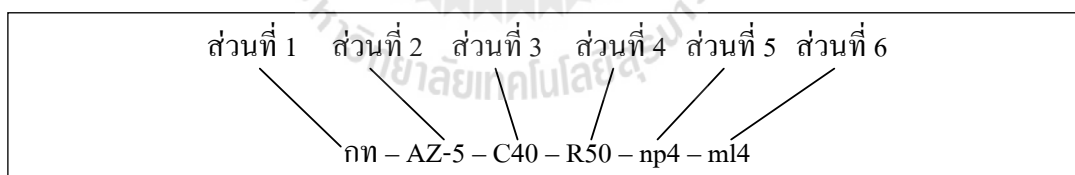
สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย

5.1 ข้อกำหนดสำหรับการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของมิติของขนาดและการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย ได้แก่จังหวัด กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ นครราชสีมา อุบลราชธานี ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และจังหวัดสงขลา โดยในแต่ละจังหวัดผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยกำหนดให้ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์วางตัวในทิศ ความเอียงและมิติของขนาดแบบต่าง ๆ เพื่อศึกษาถึงลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดที่เหมาะสมกับจังหวัดนั้น ๆ และเพื่อสร้างฐานข้อมูลสำหรับลักษณะการวางตัวที่มีความเหมาะสมในรูปแบบของปัจจัยที่แตกต่างกัน

5.1.1 การกำหนดสัญลักษณ์สำหรับใช้เรียกการศึกษาในกรณีต่าง ๆ

เนื่องจากกรณีที่ใช้ศึกษาในการศึกษาวิจัยนี้มีอยู่หลายกรณี หากเรียกชื่อตามข้อกำหนดของแต่ละกรณีจะทำให้เกิดความยุ่งยากดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์สำหรับใช้เรียกการศึกษาในกรณีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการอ้างอิง ดังตัวอย่างสัญลักษณ์ด้านล่าง



รูปที่ 5.1 สัญลักษณ์ในส่วนต่าง ๆ

ผู้วิจัยได้แบ่งชื่อออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 หมายถึง จังหวัดที่ทำการศึกษา

ส่วนที่ 2 หมายถึง มุมในการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)

ส่วนที่ 3 หมายถึง มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับพื้นราบ (องศา)

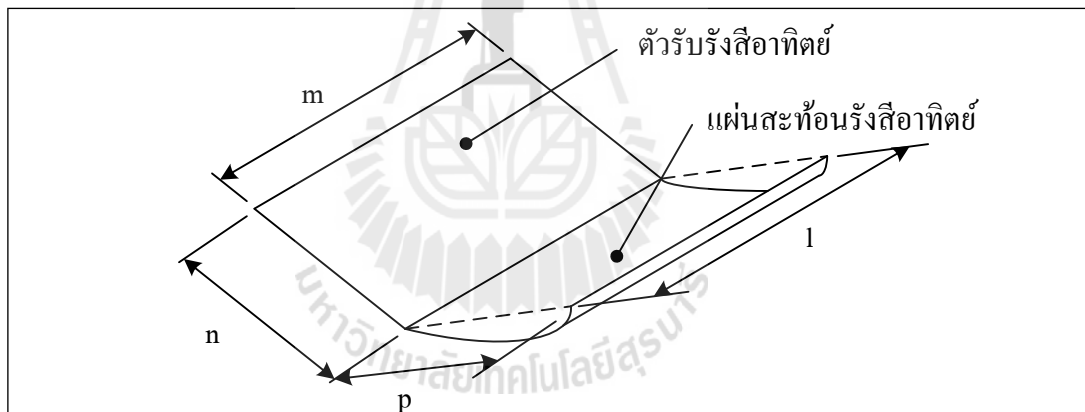
ส่วนที่ 4 หมายถึง มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อน (องศา)

ส่วนที่ 5 หมายถึง สัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อน

ส่วนที่ 6 หมายถึง สัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อน

ตัวอย่างเช่น กท - AZ-5 - C40 - R50 - np4 - ml4 จะหมายถึง จังหวัด กรุงเทพมหานครวางตัวรับรังสีอาทิตย์เบี่ยงออกจากทางทิศใต้มาทางทิศตะวันออก 5 องศา โดยมีความเอียงจากพื้นราบของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 40 องศา มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนเท่ากับ 50 องศา ตามลำดับ และมีสัดส่วนความกว้างและความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 4 โดยส่วนที่ 1 ของสัญลักษณ์สามารถอ้างอิงได้จากตารางที่ 5.1

สัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เป็นตัวแปรไร้มิติกำหนดจากความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ต่อความกว้างเส้นคอร์คของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ($np = n/p$) ทำนองเดียวกันสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์กำหนดจากความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ต่อความยาวของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ($ml = m/l$) ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.2 ตัวแปรมิติของขนาดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

5.2 สมการค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ

รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับหมายถึงผลรวมของรังสีรวมที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับและรังสีกระจายจากการสะท้อนผ่านแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ดังนั้นสมการนี้จึงประกอบด้วยสองเทอมหลักคือเทอมของรังสีรวมที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับและเทอมของรังสีกระจายที่สะท้อนผ่านแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ดังสมการที่ 5.1

$$I_T = I_{t,C} + I_{t,R} F_{RC} \rho_R \quad (5.1)$$

ซึ่งในแต่ละเทอมสามารถแจกแจงออกเป็นเทอมของรังสีตรง รังสีกระจายจากท้องฟ้า และ รังสีกระจายจากพื้นได้ดังสมการที่ 5.2

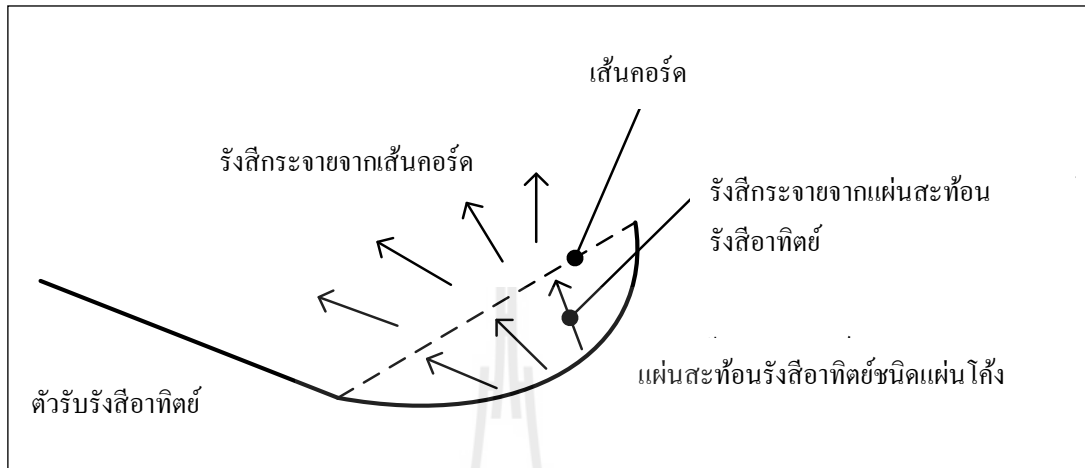
$$I_T = [I_D \cos\theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos\theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G] \quad (5.2)$$

ตารางที่ 5.1 ชื่อส่วนที่ 1 จังหวัดที่ทำการศึกษา

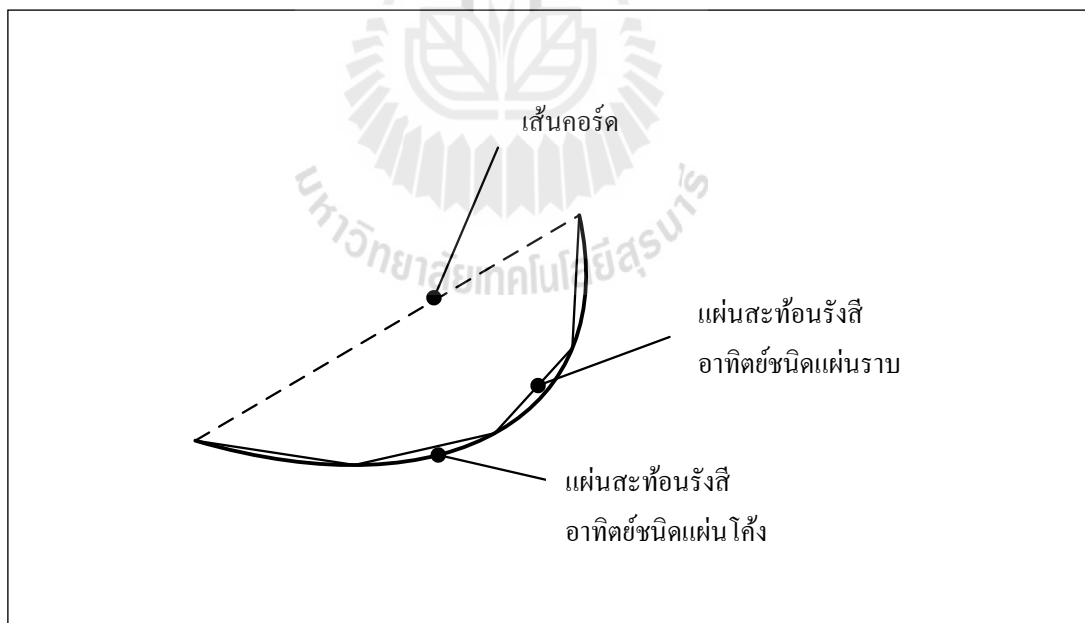
จังหวัด	สัญลักษณ์ส่วนที่ 1
กรุงเทพมหานคร	กท
เชียงใหม่	ชม
นครราชสีมา	นม
ประจวบคีรีขันธ์	ปข
ระนอง	รน
สงขลา	สข
อุบลราชธานี	อบ

โดยในเทอมที่สองของสมการที่ 5.2 คือรังสีกระจายที่สะท้อนออกจากแผ่นสะท้อน รังสีอาทิตย์มาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้ได้กำหนดให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มี ลักษณะพื้นผิวเป็นพื้นผิวกระจาย กล่าวคือพื้นผิวกระจายจะมีลักษณะทางกายภาพเป็นพื้นผิวที่ไม่มี ความมันเงา จึงทำให้รังสีที่สะท้อนออกจากพื้นผิวดังกล่าวเป็นรังสีกระจายทั้งหมด โดย รังสีกระจายที่สะท้อนออกมาจะพุ่งกระจายผ่านเส้นคอร์คของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่น โคง ซึ่งเส้นคอร์คดังกล่าวเป็นเส้นตรงดังรูปที่ 5.3 จึงเปรียบเสมือนกับรังสีกระจายที่สะท้อนออกมานั้น สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ปัญหาจาก แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่น โคง ให้อยู่ในรูปของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบได้หาก แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ดังกล่าวเป็นพื้นผิวกระจาย โดยผู้วิจัยได้คำนวณเปรียบเทียบระหว่างค่า รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่น โคง และ แบบแผ่นราบ โดยแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่น โคง นั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์อยู่ในรูปของ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบชิ้นเล็ก ๆ วางต่อ ๆ กันดังรูปที่ 5.4 โดยวิเคราะห์ภายใต้ ข้อกำหนดความกว้างเส้นคอร์คที่เท่ากัน พบว่าแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบให้ค่า รังสีอาทิตย์สุทธิที่ใกล้เคียงกัน โดยแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้วิเคราะห์

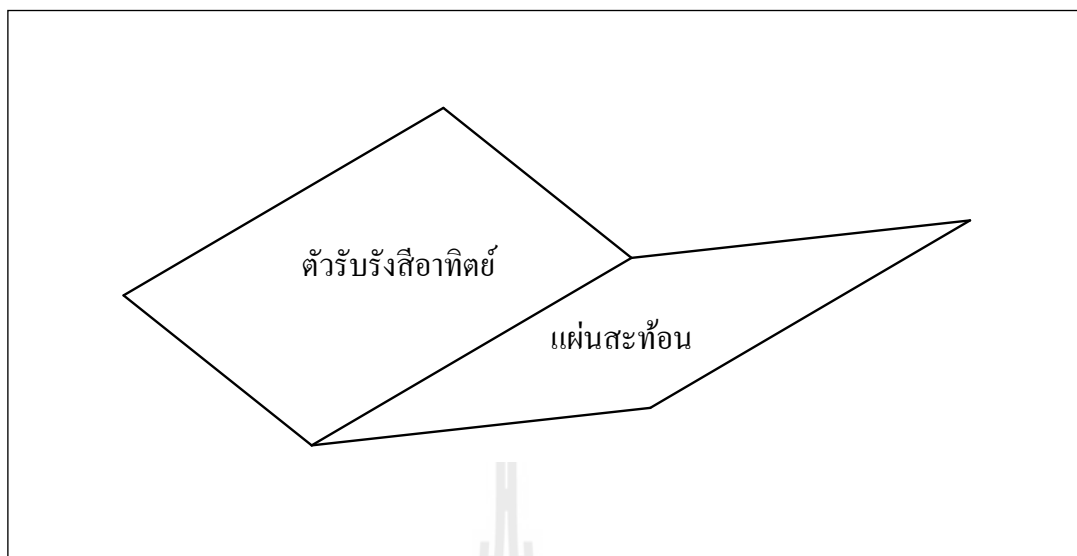
ปัญหาโดยการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบแทนการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นโค้งดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.3 รังสีกระจายที่พุ่งผ่านเส้นคอร์คของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นโค้ง



รูปที่ 5.4 รูปแสดงการวิเคราะห์แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขึ้นเล็กกว้างต่อกัน



รูปที่ 5.5 ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

5.3 กรณีที่ศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยมีวิธีการและความละเอียดของแต่ละตัวแปรดังนี้

5.3.1 ทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์

กำหนดให้ตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวในทิศต่าง ๆ โดยในการปรับทิศแต่ละครั้งนั้น จะปรับทิศตัวรับรังสีอาทิตย์ไปครั้งละ 1 องศา

5.3.2 ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อน

ในแต่ละทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์นั้น ที่ความเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ค่าหนึ่ง จะมีการปรับความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ครั้งละ 1 องศา จนถึง 90 องศา เมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์ปรับความเอียงจนครบ 90 องศา ในรอบนั้นแล้ว ก็จะทำการปรับมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนเพิ่มขึ้นอีก 1 องศา แล้วเริ่มปรับความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ใหม่จาก 0 องศา ถึง 90 องศา อีกครั้ง ทำเช่นนี้จนกระทั่งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนมีมุมเท่ากับ 90 องศา ทั้งคู่ จากนั้นจึงหมุนปรับทิศการหันของตัวรับรังสีอาทิตย์ดังข้อ 5.3.1 และเริ่มปรับความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนใหม่อีกครั้งหนึ่ง

5.3.3 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

ในการศึกษาวิจัยได้ศึกษาถึงมิติของขนาดของอุปกรณ์ทั้งสอง โดยกำหนดอยู่ในรูปของสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งได้กำหนดสัดส่วนดังกล่าวอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 14 โดยไม่คงที่ ซึ่งในการศึกษาจะทำการกำหนดสัดส่วนความกว้างไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่ง แล้วทำการปรับสัดส่วนความยาว เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนความยาว จากนั้นก็จะทำสลับกันคือ กำหนดสัดส่วนความยาวแล้วปรับสัดส่วนความกว้างเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนความกว้าง

5.4 วิธีการแลตทิซเสิร์ช (Lattice search method)

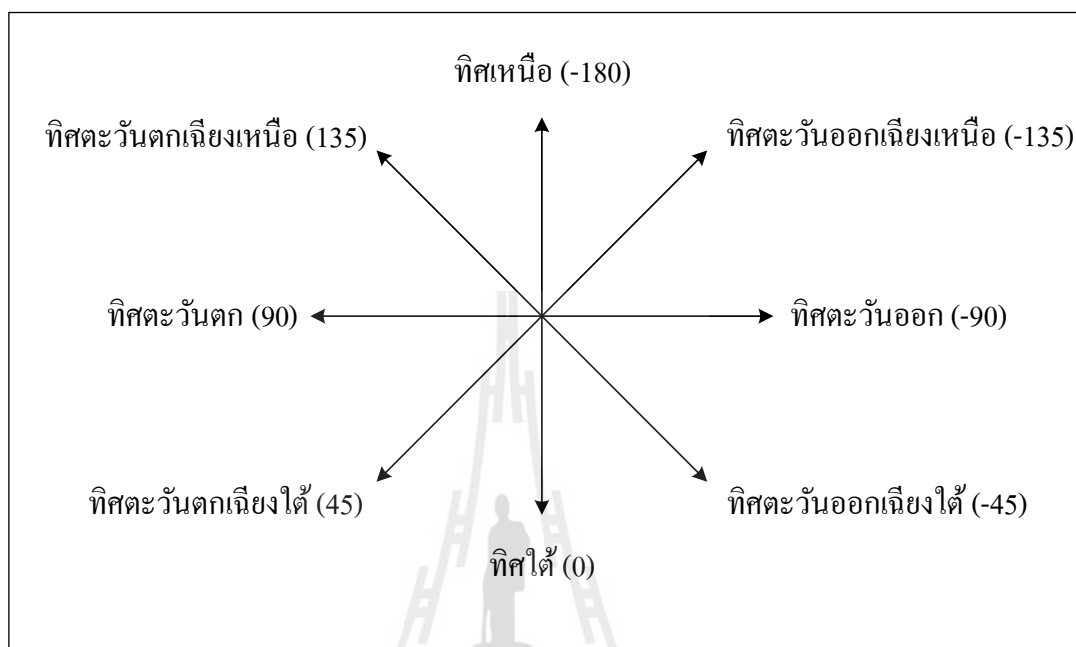
ในการวิเคราะห์หาตัวแปรต่าง ๆ ที่จะส่งผลให้ได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์จะได้รับสูงสุดนั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการแลตทิซเสิร์ช เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน โดยมีระเบียบวิธีดังนี้

- 5.4.1 กำหนดจุดเริ่มต้นเป็นจุดศูนย์กลางของการคำนวณ 1 จุด และกำหนดระยะกริดเริ่มต้นการคำนวณรอบจุดศูนย์กลาง ภายในขอบเขตของตัวแปรที่สนใจ
- 5.4.2 ตรวจสอบผลการคำนวณของจุดอื่นรอบจุดศูนย์กลาง เมื่อผลการคำนวณของจุดใด ๆ ให้สมการจุดประสงค์มีค่าสูงสุด กำหนดจุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของการคำนวณลำดับถัดไป
- 5.4.3 เมื่อตรวจสอบผลการคำนวณแล้วพบว่า จุดศูนย์กลางของการคำนวณให้สมการจุดประสงค์มีค่าสูงสุด ให้ทำการลดระยะกริดให้มีความละเอียดมากขึ้นและทำการคำนวณตามระเบียบวิธีอีกครั้งจนพบจุดที่ทำให้สมการจุดประสงค์มีค่าสูงสุดภายใต้เงื่อนไขความละเอียดของระยะกริดที่ยอมรับได้

5.5 วิธีการแลตทิซเสิร์ชกับการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้มีสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับสูงสุด ซึ่งใช้วิธีการแลตทิซเสิร์ช โดยให้จุดกริดคือทิศการหันของตัวรับรังสีอาทิตย์ ดังรูปที่ 5.5 โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางการคำนวณเริ่มต้นคือ ทิศเหนือ และระยะกริดเริ่มต้นหรือระยะองศาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 5 องศา จากนั้นจึงทำการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ และหากพบว่าองศาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์องศาใดให้ค่ารังสีอาทิตย์

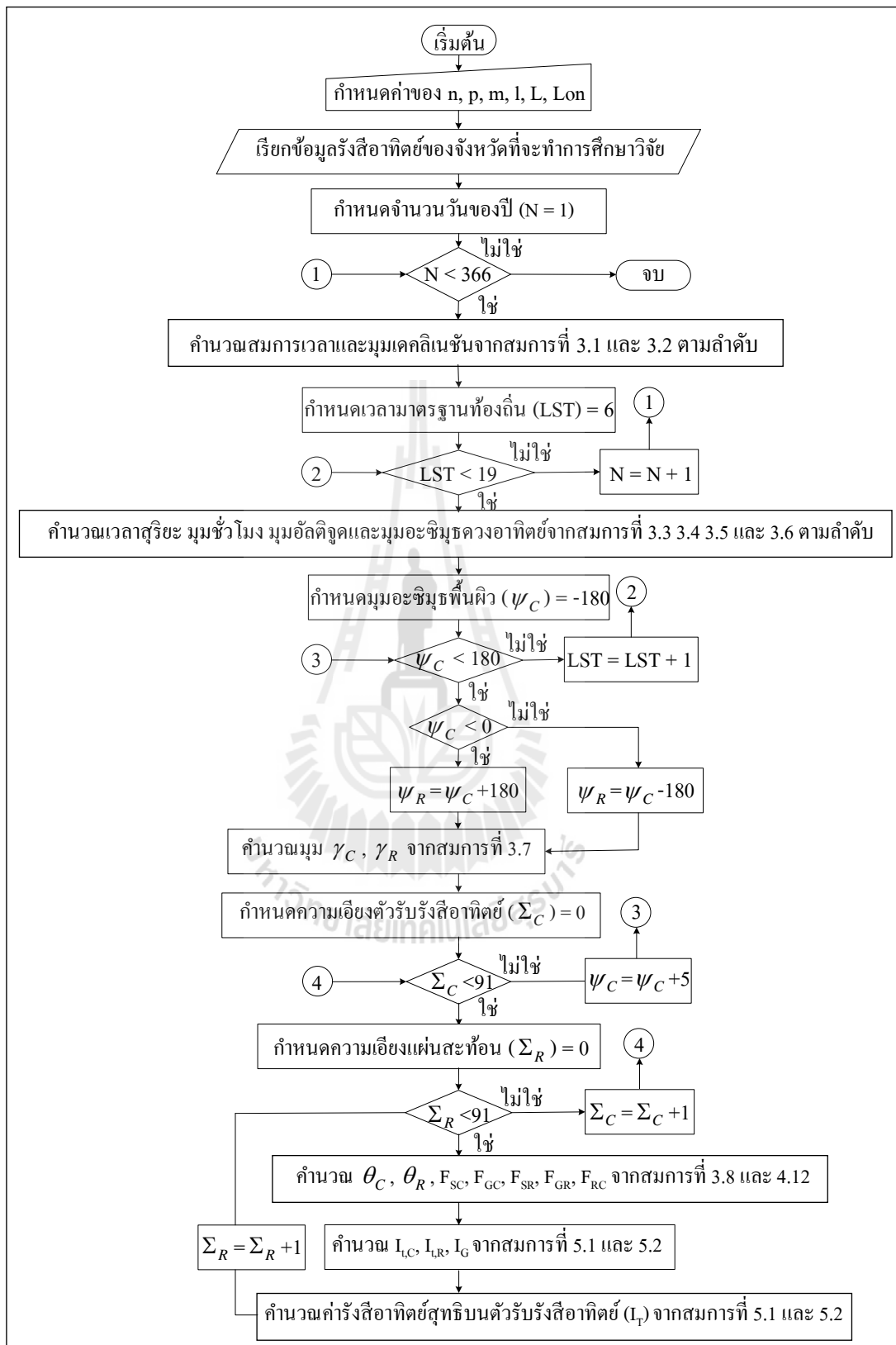
สุทธิตุณสูงสุด ก็กำหนดองศาเป็นจุดศูนย์กลางการคำนวณและกำหนดระยะกริดให้มีความละเอียดมากขึ้น โดยการศึกษานี้ได้กำหนดให้เท่ากับ 1 องศาแล้วคำนวณอีกครั้ง



รูปที่ 5.6 องศาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (Collector Azimuth)

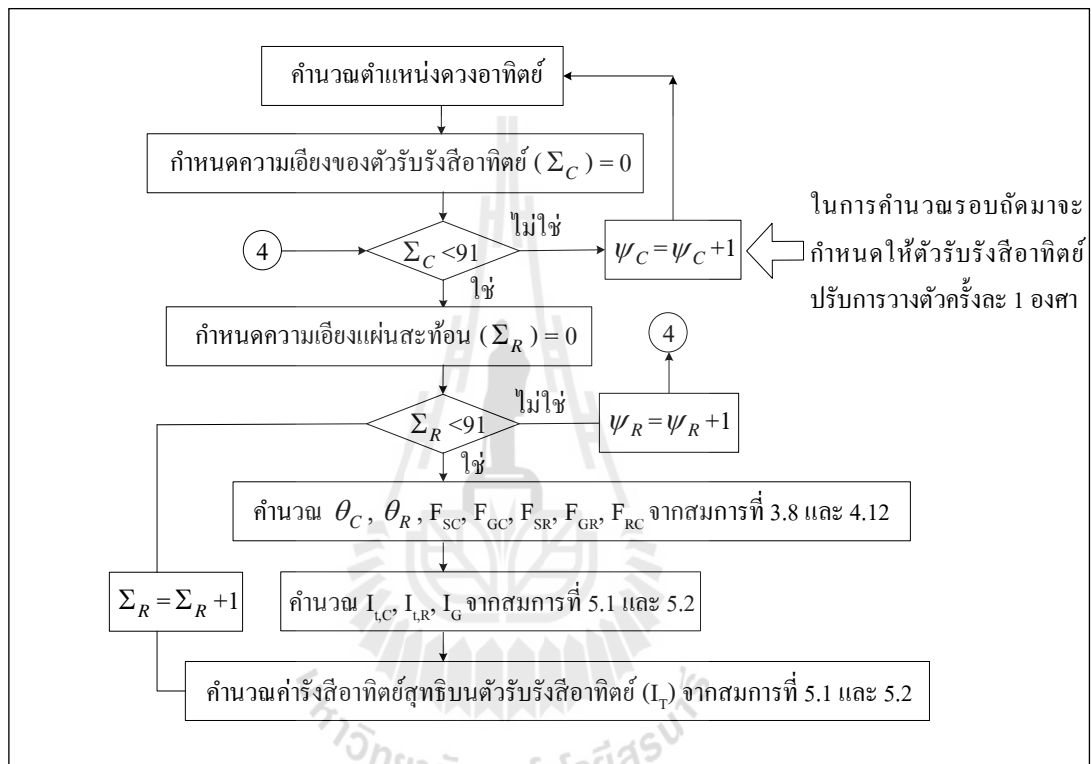
5.6 การประดิษฐ์โปรแกรมในการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม MATLAB 6.5 มาใช้ในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในกรณีที่ทำการศึกษากรณีต่าง ๆ ด้วยการประดิษฐ์โปรแกรมสำหรับการคำนวณดังกล่าว โดยการเขียน M-file ซึ่งมีโครงสร้างในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ดังรูปที่ 5.7 ซึ่งเริ่มต้นด้วยการกำหนดมิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ องศาละติจูด และองศาองติจูดของสถานที่ทำการศึกษวิจัย จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณมุมต่าง ๆ ที่ใช้ระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์ เวลาสุริยะ มุมตกกระทบของรังสีตรง ตัวประกอบขนาดต่าง ๆ จนกระทั่งคำนวณรังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ สำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนที่มีลักษณะการวางตัวแบบต่าง ๆ โดยเริ่มต้นการคำนวณดังกล่าวตั้งแต่วันที่ 1 ของปี ไปจนถึง 18.00 น. ของวันที่ 365 ของปี โดยผลการคำนวณจะอยู่ในรูปของค่าพลังงานของทั้งวัน แล้วนำมาเฉลี่ยต่อปี (MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยต่อปี)



รูปที่ 5.7 โครงสร้างโปรแกรมในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์

ในการออฟติไมเซชันเพื่อหาลักษณะการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดนั้นทำได้โดยในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในรอบแรกนั้นจะกำหนดให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ปรับการวางตัวครั้งละ 5 องศาจนครบ 360 องศา จากนั้นก็จะตรวจสอบดูว่าย่านองศาการวางตัวใดที่มีค่ารังสีอาทิตย์สุทธิสูงสุด และจะทำการคำนวณในย่านดังกล่าวอีกครั้งโดยจะกำหนดให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ปรับการวางตัวครั้งละ 1 องศา ดังรูปที่ 5.8

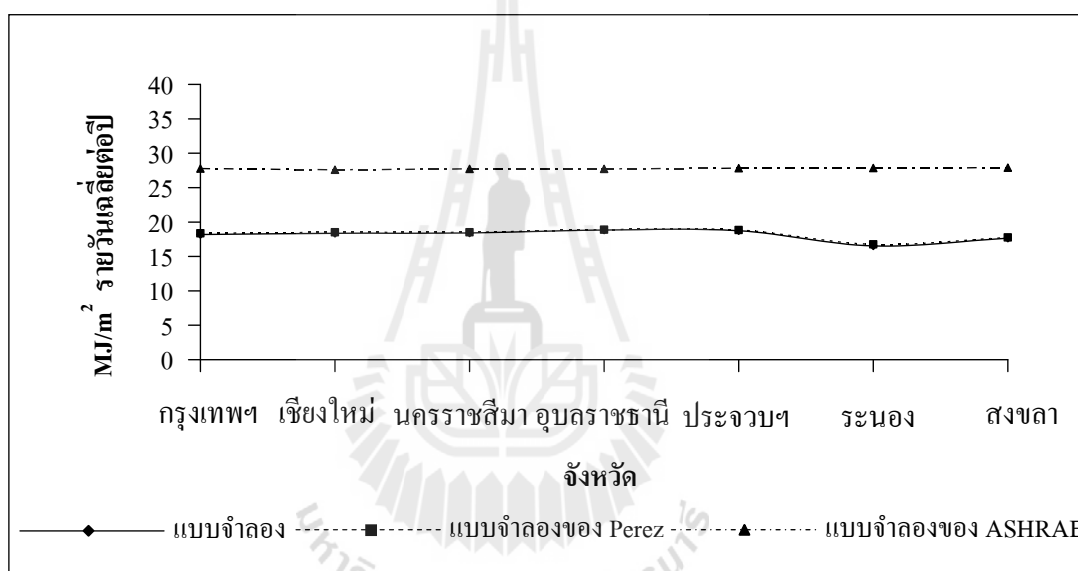


รูปที่ 5.8 การออฟติไมเซชันเพื่อหาการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนที่เหมาะสมที่สุด

5.7 วิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ นอกจากการศึกษาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อน ยังได้มีการศึกษาในส่วนของลักษณะการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์แบบไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนด้วยเช่นกัน ซึ่งในส่วนของ การคำนวณโดยไม่ได้ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์นั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้คำนวณเปรียบเทียบกับอีก 2 แบบจำลองคือแบบจำลองของ Perez และแบบจำลองท้องฟ้าโปร่งของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน การทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) โดยพบว่าผลการคำนวณของ

การศึกษาวิจัยนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับแบบจำลองของ Perez เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวได้มีการคำนึงถึงอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศในตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ปัญหา ส่วนแบบจำลองของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน การทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา นั้น จะได้ค่าการคำนวณที่สูงกว่ามาก เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวถูกสร้างขึ้นและพัฒนาภายใต้พื้นฐานและเงื่อนไขของสภาพท้องฟ้าที่เป็นท้องฟ้าโปร่ง ดังนั้นจึงทำให้มีสัดส่วนของรังสีตรงสูงมาก แต่สำหรับการนำมาวิเคราะห์ปัญหาในการศึกษาวิจัยนี้ถือว่าแบบจำลองดังกล่าวไม่เหมาะสมนัก เนื่องจากสภาพท้องฟ้าโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีของประเทศไทยไม่ได้มีสภาพท้องฟ้าเป็นท้องฟ้าโปร่ง ดังกราฟที่ 5.7



รูปที่ 5.9 รังสีรวมรายวันเฉลี่ยของทั้งปีที่สูงที่สุดในแต่ละจังหวัด โดยไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

เมื่อพิจารณาในส่วนของลักษณะการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนจะพบว่าลักษณะการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์จะวางตัวเบี่ยงออกจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกเล็กน้อย ดังตารางที่ 5.2 เนื่องจากปัจจัยสำคัญสองปัจจัยคือ ชั่วโมงที่มีแสง และสภาพของท้องฟ้า ซึ่งหากพิจารณาเป็นค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีแล้วจะพบว่าชั่วโมงที่มีแสงในช่วงก่อนเที่ยงจะมีระยะเวลายาวนานกว่าชั่วโมงที่มีแสงในช่วงหลังเที่ยงอยู่ประมาณครึ่งชั่วโมง และในช่วงก่อนเที่ยงยังมีปริมาณเมฆน้อยกว่าในช่วงหลังเที่ยงซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าดัชนีปริมาณเมฆซึ่งมีค่าต่างกันไม่มาก ดังตารางที่ 5.3 จึงทำให้ลักษณะการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เบี่ยงเบนจากทิศใต้มาทิศตะวันออกเล็กน้อยจะได้รับรังสีอาทิตย์ได้ดี

ตารางที่ 5.2 ลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุดโดยตัวรับรังสีอาทิตย์ไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อน

จังหวัด	แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา		แบบจำลองของ Perez	
	ทิศของตัวรับ รังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงของ ตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)	ทิศของตัวรับ รังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงของ ตัวรับรังสี อาทิตย์ (องศา)
กรุงเทพฯ	-7 ถึง -4	18 ถึง 19	-7 ถึง -4	20 ถึง 21
เชียงใหม่	-8 ถึง -6	22	-8 ถึง -6	23
นครราชสีมา	-6 ถึง -2	18	-6 ถึง -3	18 ถึง 19
อุบลราชธานี	0	19	-1 ถึง 0	18
ประจวบคีรีขันธ์	-7 ถึง -6	18	-8 ถึง -5	18
ระนอง	-10 ถึง -6	16	-9 ถึง -5	18
สงขลา	-9 ถึง -7	15	-10 ถึง -6	15 ถึง 16

ตารางที่ 5.3 ดัชนีปริมาณเมฆและชั่วโมงที่มีแสงเฉลี่ยทั้งปีในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	ดัชนีปริมาณเมฆ		ชั่วโมงที่มีแสง (ชั่วโมง)	
	ก่อนเที่ยง	หลังเที่ยง	ก่อนเที่ยง	หลังเที่ยง
กรุงเทพฯ	7.24	7.57	6.30	5.70
เชียงใหม่	4.36	4.45	6.41	5.59
นครราชสีมา	5.91	6.69	6.19	5.80
อุบลราชธานี	4.45	5.54	6.01	5.99
ประจวบคีรีขันธ์	-	-	6.34	5.65
ระนอง	-	-	6.42	5.57
สงขลา	6.52	6.67	6.30	5.69

5.7.1 มุมการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อน

ในส่วนของมุมการวางตัวที่ดีที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์โดยติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์นั้น จะวางตัวในทิศได้เช่นเดียวกับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ไม่ได้ติดตั้งแผ่นสะท้อนเนื่องจากตัวรับรังสีอาทิตย์ต้องการรับรังสีตรงให้ได้ในปริมาณที่มาก ดังตารางที่ 5.4 และในขณะเดียวกันขนาดและความเอียงของแผ่นสะท้อนก็จะต้องไม่สร้างเงาบบังรังสีตรงที่จะ

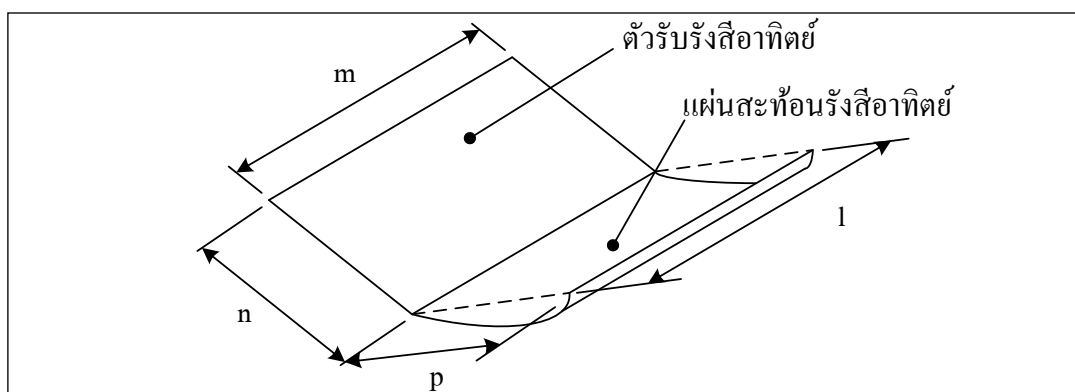
ตกมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งในส่วนของมิติของขนาดและความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนจะกล่าวในส่วนถัดไป

ตารางที่ 5.4 มุมการวางตัวที่ดีที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

จังหวัด	มุมการวางตัวที่ดีที่สุด (องศา)
กรุงเทพฯ	-7 ถึง -4
เชียงใหม่	-8 ถึง -5
นครราชสีมา	-6 ถึง -3
อุบลราชธานี	-2 ถึง -1
ประจวบคีรีขันธ์	-9 ถึง -5
ระนอง	-10 ถึง -6
สงขลา	-10 ถึง -6

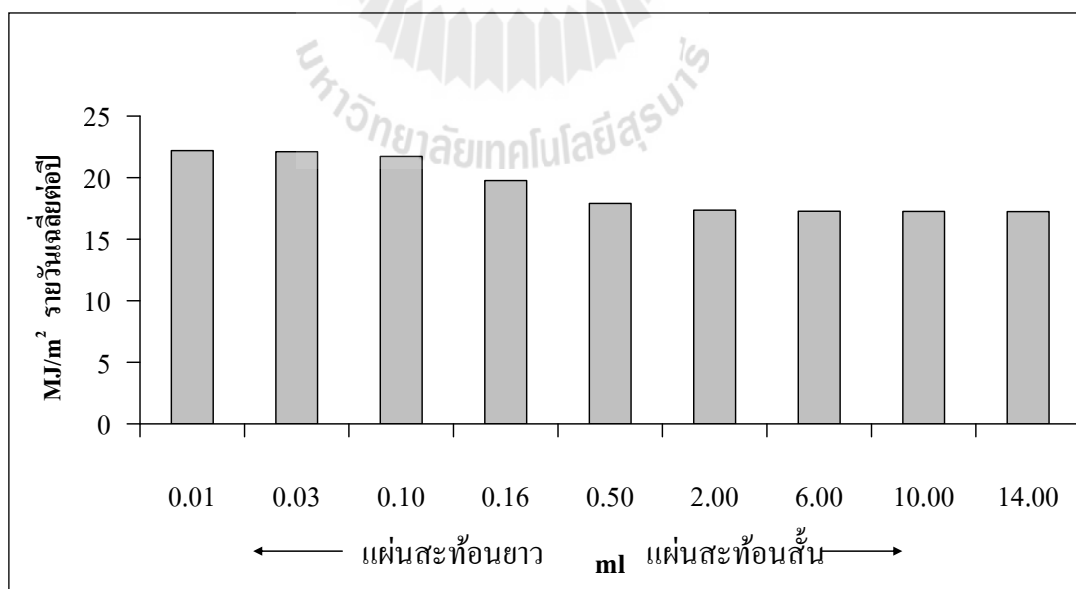
5.7.2 มิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

ในการวิเคราะห์ห่อทธิพลมิติของขนาดนั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้วิเคราะห์อยู่ในรูปของสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งสัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (mp) หมายถึงมิติความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ (n)หารด้วยมิติความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (p) ทำนองเดียวกัน สัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (ml) ก็จะหมายถึงมิติความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (m)หารด้วยมิติความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ (l) ดังรูปที่ 5.10



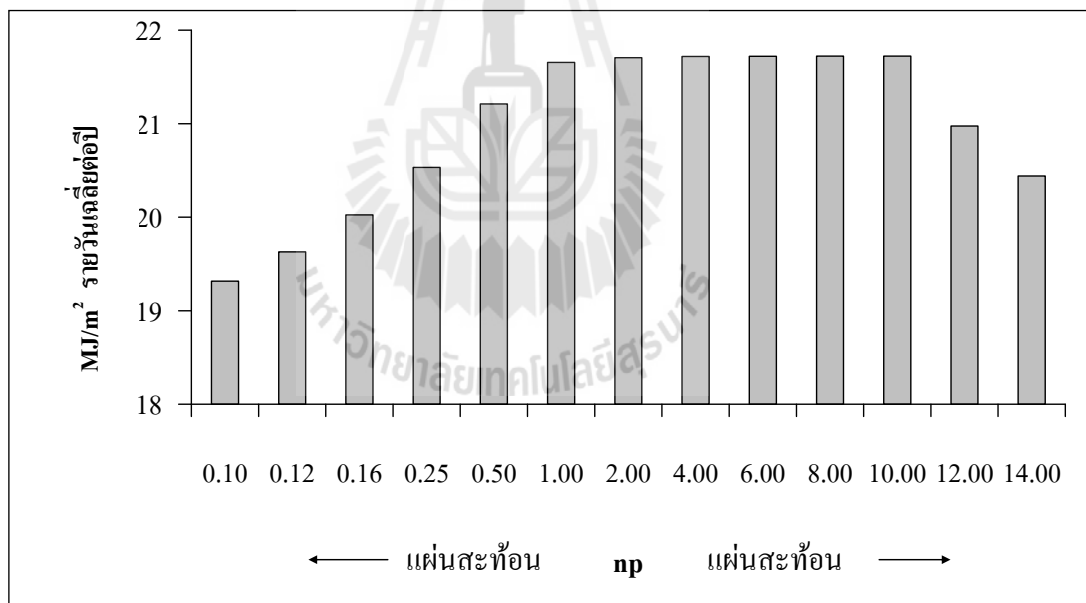
รูปที่ 5.10 มิติขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้มีสัดส่วนขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อน อยู่สองสัดส่วนดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ถึงผลอิทธิพลของแต่ละสัดส่วนจึงต้อง ทำการคงสัดส่วนด้านหนึ่งด้านใดเอาไว้ จากนั้นจึงทำการปรับสัดส่วนด้านที่เหลือ เพื่อสังเกตดู อิทธิพลของสัดส่วนของขนาดที่จะส่งผลต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ โดยเริ่มจาก การคงสัดส่วนความกว้าง แล้วทำการปรับสัดส่วนความยาว พบว่าเมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ มีแนวโน้มที่สั้นลง ก็จะทำให้รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับมีค่าลดลง ดังรูปที่ 5.11 เนื่องจากเมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์สั้นลงก็จะส่งผลให้แผ่นสะท้อนได้รับรังสีอาทิตย์น้อยลง จึงทำให้สะท้อนปริมาณรังสีกระจายไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้น้อยลงด้วยเช่นเดียวกัน และหาก แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์สั้นมาก ๆ ก็จะมีผลค่าตอบใกล้เคียงกับกรณีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ไม่ได้ติดตั้ง แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ในทางกลับกัน หากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ยาวกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์ ก็จะส่งผลให้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเพิ่มขึ้น เนื่องจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้มากขึ้น จะทำให้สามารถสะท้อนปริมาณรังสีกระจายมาสู่ตัวรับ รังสีอาทิตย์ได้มากขึ้น แต่หากแผ่นสะท้อนยาวมากกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์ 10 เท่าขึ้นไป จะพบว่าค่า รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับจะเพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากพื้นที่ของตัวรับรังสีอาทิตย์ จะน้อยกว่าพื้นที่ของแผ่นสะท้อนมาก ทำให้ปริมาณรังสีกระจายที่สะท้อนมาหลุดออกนอกพื้นที่รับ ของตัวรับรังสีอาทิตย์



รูปที่ 5.11 รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-5 - C42 – R86 – np10)

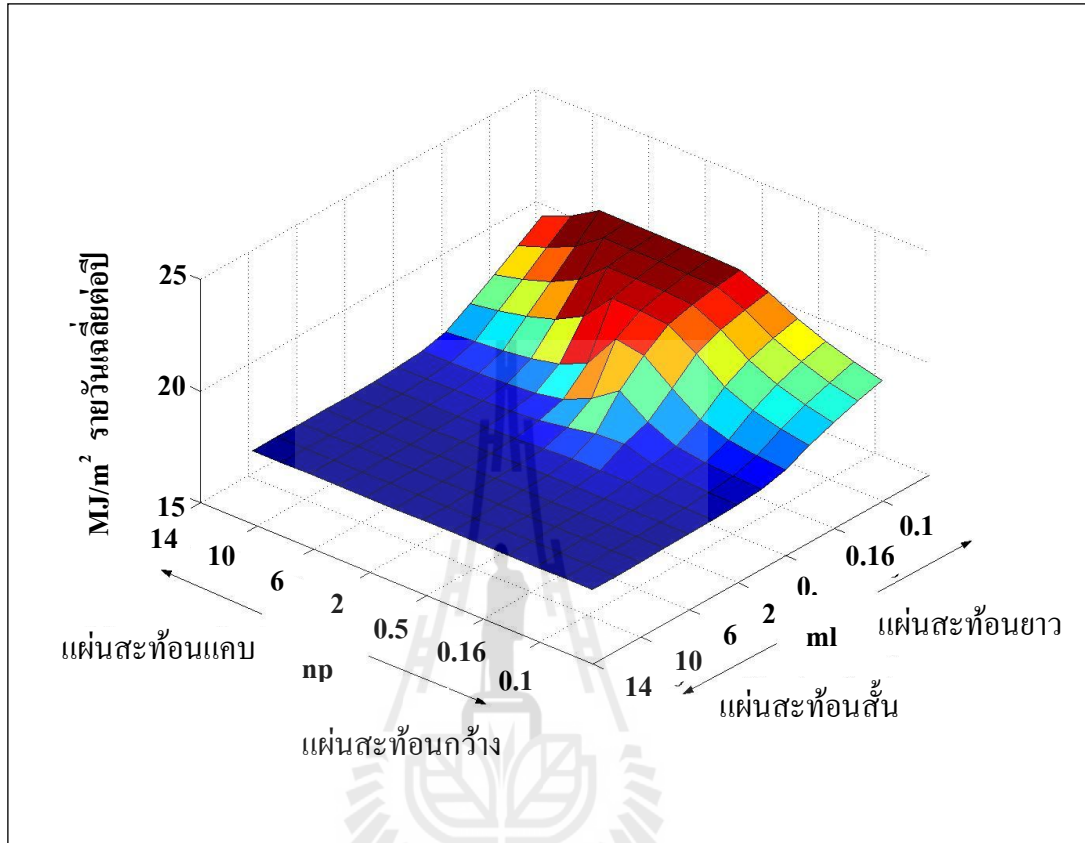
และในส่วนของการคงสัดส่วนความยาวแล้วปรับเปลี่ยนสัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนจะพบว่าเมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีแนวโน้มน้ำที่กว้างขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับมีแนวโน้มน้ำลดลง เนื่องจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะมีโอกาสสะท้อนรังสีกระจายหลุดออกนอกตัวรับรังสีอาทิตย์ได้มาก และการที่แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีแนวโน้มน้ำที่กว้างขึ้นก็ยังคงส่งผลให้เกิดเงามาตกที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับรังสีตรงน้อยลง ในทางกลับกันหากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีแนวโน้มน้ำที่แคบลงก็จะส่งผลให้ปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับมีแนวโน้มน้ำเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากแผ่นสะท้อนสามารถที่จะสะท้อนรังสีกระจายมาตกที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ดี แต่ในขณะที่เดียวกันการที่แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีแนวโน้มน้ำแคบลงก็จะทำให้แผ่นสะท้อนได้รับรังสีอาทิตย์ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งจะพบได้เมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แคบกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์เกิน 10 เท่าขึ้นไป ปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับจะมีแนวโน้มน้ำที่ลดลง เนื่องจากแผ่นสะท้อนได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ลดน้อยลง ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ-5 - C42 - R86 - ml0.10)

พิจารณารวมทั้งสองสัดส่วนข้างต้นก็จะพบว่าสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุดในทุก ๆ จังหวัดคือ

10 และ 0.10 ตามลำดับ ดังตัวอย่างสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์ เทียบต่อแผ่นสะท้อนในจังหวัดกรุงเทพมหานครดังรูปที่ 5.13

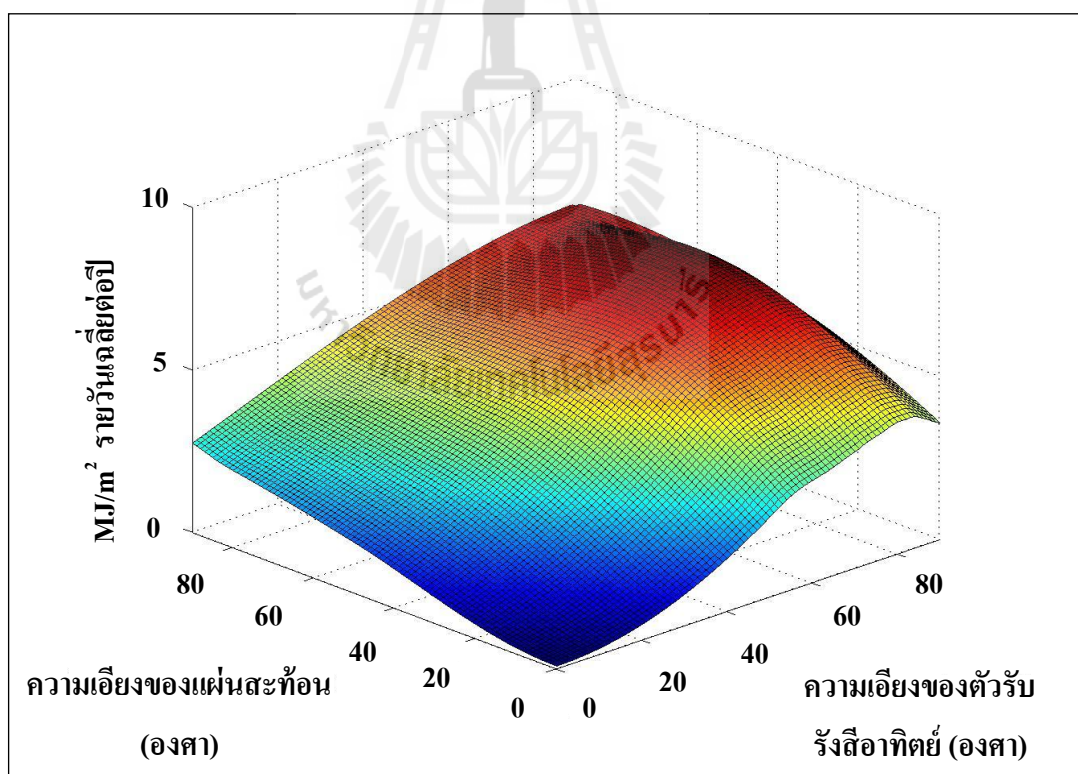


รูปที่ 5.13 ตัวอย่างสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (กท - AZ-5 - C42 - R86)

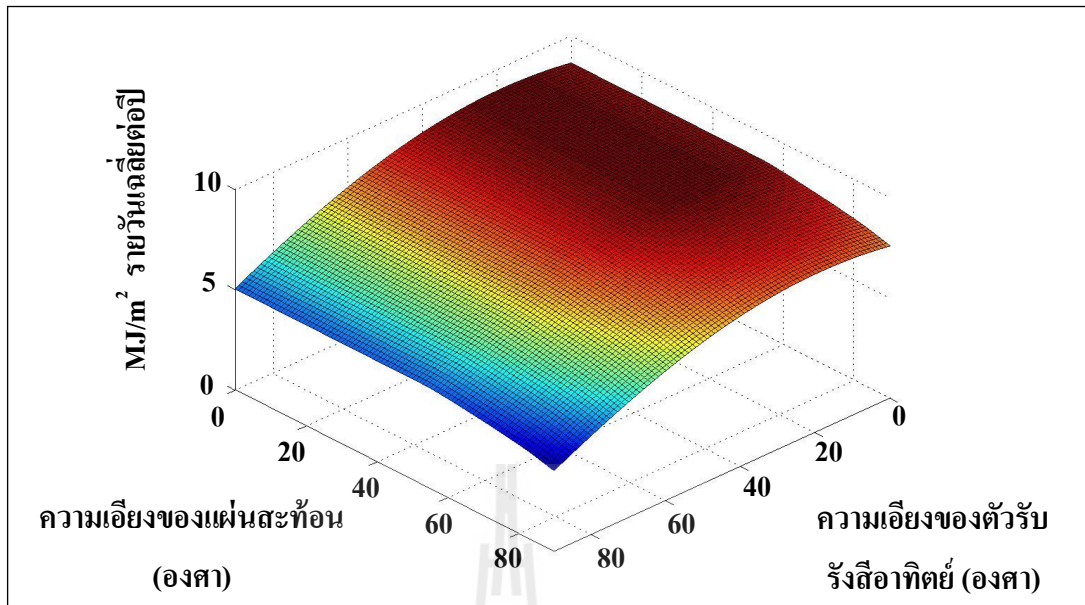
5.7.3 มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

นอกจากมุมในการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์แล้ว ความลาดเอียงของพื้นผิวก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อความสามารถในการรับรังสีอาทิตย์ โดยทั่วไปแล้วหากมีเพียงตัวรับรังสีอาทิตย์ติดตั้งเพียงตัวเดียวก็สามารถที่จะติดตั้งให้มีความเอียงที่เหมาะสมต่อการรับรังสีอาทิตย์ได้ทันที แต่ การศึกษาวิจัยนี้จะเป็นการใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นสะท้อนไว้ด้านหน้า ดังนั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงการรับรังสีอาทิตย์ที่ตัวรับรังสีอาทิตย์แล้ว ยังต้องคำนึงถึงการหลีกเลี่ยงเงาที่จะเกิดขึ้นและประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีอาทิตย์มาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ด้วยเช่นกัน

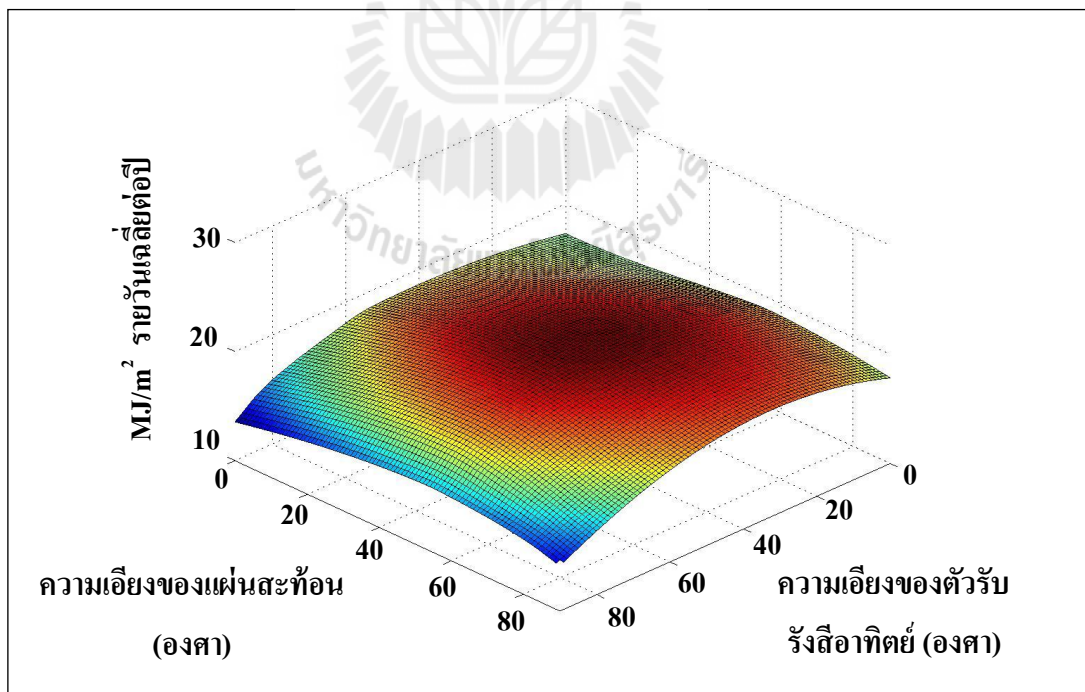
จากรูปที่ 5.14 แสดงถึงปริมาณรังสีกระจายที่สะท้อนมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งพบว่าหากตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนความเอียงเข้ามาใกล้กันมากขึ้น จะทำให้ปริมาณรังสีกระจายที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อนมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์มีค่าสูงแต่หากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีความเอียงมากเกินไป ก็จะส่งผลให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะได้รับรังสีตรงลดน้อยลงทำให้ปริมาณการสะท้อนรังสีมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ลดน้อยลงตาม และจากรูปที่ 5.15 จะพบว่าเมื่อความเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นเกินกว่า 52 องศา ($\omega = 86$ องศา) จะทำให้ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบที่ตัวรับเริ่มลดน้อยลงเนื่องจากแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะเริ่มบดบังรังสีตรงและก่อให้เกิดพื้นที่เงาบนตัวรับรังสีอาทิตย์ ดังนั้นปัจจัยทั้งสองข้างต้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งใช้งานร่วมกัน ซึ่งตัวอย่างลักษณะความเอียงที่เหมาะสมในจังหวัดกรุงเทพมหานครนั้นได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.16 และความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในแต่ละจังหวัดที่ศึกษาวิจัย ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.14 ตัวอย่างปริมาณรังสีกระจายที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อนมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ความเอียงของแผ่นสะท้อนและตัวรับรังสีอาทิตย์ความเอียงต่าง ๆ (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1)



รูปที่ 5.15 ตัวอย่างรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับรังสีอาทิตย์โดยไม่คิดรังสีกระจายที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อน (กท - AZ-5 - np10 - ml0.1)



รูปที่ 5.16 ตัวอย่างความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งใช้งานร่วมกัน (กท - AZ-5 - np10 - ml0.1)

ตารางที่ 5.5 ความเอียงที่เหมาะสมของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์
ในแต่ละจังหวัดที่ศึกษาวิจัย

จังหวัด	มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)	มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และ แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)
กรุงเทพมหานคร	42	86
เชียงใหม่	46	86
นครราชสีมา	43	85
อุบลราชธานี	42	87
ประจวบคีรีขันธ์	41	86
ระนอง	42	82
สงขลา	38	86

5.7.4 อิทธิพลของพื้นที่ต่างชนิดที่มีต่อปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ

การศึกษาวิจัยนี้ ได้มีการศึกษาความเบี่ยงเบนของค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเปลี่ยนแปลงไป และได้มีการศึกษาเปรียบเทียบถึงปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับระหว่างการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบพื้นผิวกระจายและพื้นผิวมันเงา

ในส่วนของความเบี่ยงเบนของค่ารังสีอาทิตย์สุทธิเมื่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเปลี่ยนแปลงไปนั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้ทดสอบกับพื้น 3 รูปแบบคือ พื้นดิน พื้นคอนกรีตเก่าและพื้นคอนกรีตใหม่ ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเท่ากับ 0.17 0.32 และ 0.55 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนบนพื้นคอนกรีตใหม่จะให้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิสูงที่สุด ดังตารางที่ 5.8 เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นสูงสุดในทางกลับกัน การติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์บนพื้นดินก็จะให้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิต่ำที่สุด หากคิดอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์เทียบต่อการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนบนพื้นคอนกรีตเก่า ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นอยู่ใกล้กับค่าเฉลี่ยของพื้นคอนกรีตใหม่และพื้นดิน จะมีความแตกต่างระหว่าง 2.55 - 3.91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีผลต่อค่ารังสีอาทิตย์สุทธิพอสมควร แต่การศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นคอนกรีตเก่าในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเนื่องจากเป็นค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยระหว่างพื้นดินและพื้นคอนกรีตใหม่

ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นที่ต่างชนิดกัน (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1 – C42 – R86)

ชนิดของพื้น	สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้น	รังสีรวมบนตัวรับรังสีอาทิตย์ MJ/m ² รายวันเฉลี่ยต่อปี	เปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างจากพื้นคอนกรีตเก่า
พื้นดิน	0.17	21.168	- 2.55
พื้นคอนกรีตเก่า	0.32	21.722	-
พื้นคอนกรีตใหม่	0.55	22.572	3.91

5.7.5 อิทธิพลของแผ่นสะท้อนผิวมันเงาที่มีต่อรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ

ในส่วนของการเปรียบเทียบค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับเมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์ติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนที่เป็นพื้นผิวกระจาย และแผ่นสะท้อนที่เป็นพื้นผิวมันเงานั้น การศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้แผ่นสะท้อนพื้นผิวมันเงาสองชนิดคือ สแตนเลส และ อลูมิเนียม ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีตรงเท่ากับ 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการใช้แผ่นสะท้อนที่เป็นพื้นผิวกระจายสามารถให้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่สูงกว่าการใช้แผ่นสะท้อนที่เป็นพื้นผิวมันเงาเนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาโดยติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนให้อยู่กับที่ จึงทำให้รังสีตรงที่สะท้อนมาจากพื้นผิวมันเงามีโอกาสหลุดออกนอกตัวรับรังสีอาทิตย์ได้มากกว่ารังสีกระจาย ดังตารางที่ 5.9 อีกทั้งแผ่นสะท้อนแบบพื้นผิวมันเงายังก่อให้เกิดมลภาวะทางสายตาได้มากกว่าแผ่นสะท้อนแบบพื้นผิวกระจาย ดังนั้นการใช้แผ่นสะท้อนแบบพื้นผิวกระจายจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้แผ่นสะท้อนพื้นผิวมันเงา

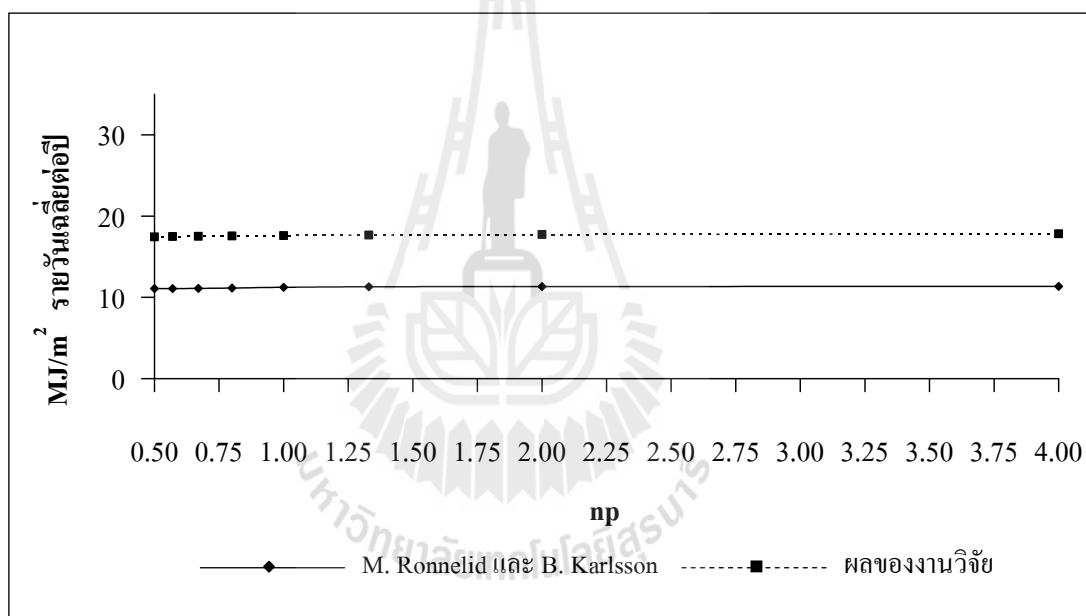
ตารางที่ 5.7 ผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบพื้นผิวกระจาย

และพื้นผิวมันเงา ตัวอย่างจังหวัดกรุงเทพมหานคร

ชนิดของพื้นผิว	I_T (MJ/m ² รายวัน เฉลี่ยต่อปี)	ψ (องศา)	np	ml	Σ_C (องศา)	ω (องศา)
ผิวกระจาย 100% $\rho_{RS} = 0$	21.722	-7 ถึง -4	10	0.1	42	86
ผิวกระจาย 50% $\rho_{RS} = 0.5$	21.361	-6 ถึง -5	1	0.1	40	98
ผิวกระจาย 20% $\rho_{RS} = 0.8$	20.992	-6 ถึง -5	0.5	0.1	37	99

5.7.6 เปรียบเทียบผลการศึกษาวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยนี้พบว่า มีบางประเด็นที่สอดคล้องและบางประเด็นที่แตกต่างกับผลการศึกษาวิจัยของ Ronnelid, M., and Karlsson, B. (1999) และการศึกษาวิจัยของ Perers, B., and Karlsson, B. (1993) สำหรับประเด็นที่สอดคล้องคือเรื่องของมิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ โดย Ronnelid, M., and Karlsson, B. ได้ทำการศึกษาถึงผลของความกว้างของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์โดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ 0.50 – 4.00 พบว่าสัดส่วนความกว้างที่จะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้มากที่สุดจะอยู่ระหว่าง 2 - 4 สำหรับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 รังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อปรับสัดส่วนความกว้างตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับต่อแผ่นสะท้อน

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบจะต้องมีความกว้างน้อยกว่าตัวรับรังสีอาทิตย์จึงจะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถรับรังสีอาทิตย์สุทธิได้ดี นอกจากนั้นการศึกษาวิจัยของ Perers and Karlsson ยังกล่าวไว้ว่าตัวรับรังสีอาทิตย์จะสูญเสียความสามารถในการรับรังสีอาทิตย์เมื่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีความกว้างมากกว่าหรือเท่ากับ ความกว้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ เนื่องจากแผ่นสะท้อนจะทำให้เกิดพื้นที่เงาบนตัวรับ

รังสีอาทิตย์ค่อนข้างมาก ส่วนประเด็นที่มีความแตกต่างกันคือลักษณะการวางตัว โดยทั้งสอง การศึกษาวิจัยข้างต้นจะวางตัวให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียงประมาณ 20-30 องศาจากพื้นราบ เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งในการศึกษาวิจัยดังกล่าวมีองศาละติจูดสูงกว่าประเทศไทย ดังนั้นตำแหน่ง การโคจรของดวงอาทิตย์จึงต่ำกว่าประเทศไทยทำให้ไม่สามารถปรับความเอียงของแผ่นสะท้อน ให้ชันกว่านี้ได้ เพราะจะทำให้เกิดเงาตกที่ตัวรับรังสีอาทิตย์

5.8 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิจัยนี้พบว่ามุมการวางตัว ความลาดเอียง มิตของขนาด และสภาพภูมิอากาศ ของสถานที่ในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพล ต่อค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์

5.8.1 สภาพภูมิอากาศและรูปแบบรังสีอาทิตย์ในประเทศไทย

จากการศึกษาข้อมูลรังสีอาทิตย์ในภูมิภาคต่าง ๆ นั้นทำให้สามารถจำแนกรูปแบบ รังสีอาทิตย์ของประเทศไทยได้ 2 รูปแบบคือ รูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคกลางจนถึงภาคเหนือ โดยครอบคลุมจังหวัดที่ทำการศึกษาวิจัยดังนี้ กรุงเทพมหานคร นครราชสีมา อุบลราชธานี และ เชียงใหม่ และรูปแบบรังสีอาทิตย์รูปแบบที่สองคือรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคใต้ โดยครอบคลุม จังหวัดที่ทำการศึกษาวิจัยดังนี้ ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง และสงขลา ซึ่งปัจจัยในการทำให้เกิด รูปแบบรังสีอาทิตย์ทั้งสองนั้นเกิดจากสภาพภูมิอากาศของแต่ละภูมิภาคและการ โคจรของ โลกรอบ ดวงอาทิตย์เป็นสำคัญ

5.8.2 มุมการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อน

จากการศึกษาวิจัยพบว่ามุมการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อ ติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะจำแนกได้ 2 ช่วงของมุมการวางตัวตามลักษณะของรูปแบบ รังสีอาทิตย์ โดยรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคกลางจนถึงภาคเหนือจะมีมุมการวางตัวของตัวรับ รังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุดคือมุมที่เบี่ยงเบนจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกประมาณ 1 ถึง 8 องศา และมุมการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เบี่ยงเบนจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกประมาณ 5 ถึง 10 องศา สำหรับรูปแบบรังสีอาทิตย์ของภาคใต้ โดยทั้งสองช่วงของมุมการวางตัวนั้นได้รับอิทธิพล มาจากปริมาณเมฆและชั่วโมงที่มีแสงในช่วงก่อนเที่ยงและหลังเที่ยง ซึ่งจากค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีของ ดัชนีปริมาณเมฆและจำนวนชั่วโมงที่มีแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปี พบว่าในช่วงก่อนเที่ยงจะมีดัชนีปริมาณ เมฆและจำนวนชั่วโมงที่มีแสงสูงกว่าในช่วงหลังเที่ยงอยู่เล็กน้อย จึงทำให้ทั้งสองช่วงของมุม การวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุดเบี่ยงเบนจากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกเล็กน้อย

5.8.3 มิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

การศึกษาวิจัยนี้ได้วิเคราะห์มิติของขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์อยู่ในรูปของสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งพบว่าสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวดังกล่าวที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะอาศัยสัดส่วนที่ทำให้แผ่นสะท้อนสามารถสะท้อนรังสีกระจายสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ในปริมาณที่มากและในขณะเดียวกันทั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนจะต้องไม่ก่อให้เกิดเงาบดบังซึ่งกันและกันด้วย ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่าสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมที่สุดในทุก ๆ จังหวัดที่ศึกษา คือ 10 และ 0.1 ตามลำดับ

5.8.4 มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

จากการศึกษาพบว่ามุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมนั้นจะต้องเป็นมุมเอียงที่ตัวรับรังสีอาทิตย์จะสามารถรับรังสีอาทิตย์ด้วยตัวเองได้ดีและในขณะเดียวกันจะต้องรับรังสีกระจายที่มาจากแผ่นสะท้อนได้ดีด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นมุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์จึงมีความชันมากกว่าการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์แบบไม่มีแผ่นสะท้อน เนื่องจากตัวรับรังสีอาทิตย์ต้องเอียงทำมุมเข้าใกล้กับแผ่นสะท้อนให้มากขึ้นเพื่อที่จะรับรังสีกระจายจากแผ่นสะท้อน และในส่วนของมุมเอียงของแผ่นสะท้อนนั้นก็จะต้องคำนึงถึงการรับรังสีอาทิตย์ด้วยตัวเองได้ดีและคำนึงถึงประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์เช่นเดียวกัน นอกจากนี้มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะต้องคำนึงถึงผลกระทบในการเกิดพื้นเงาบนผิวรับแสงนั้นหมายความว่ามุมเอียงของพื้นผิวใดพื้นผิวหนึ่งจะต้องไม่ไปบดบังรังสีตรงจนทำให้เกิดพื้นที่เงาไปตรงยังพื้นผิวรับแสงมากจนทำให้ประสิทธิภาพการรับรังสีอาทิตย์ลดน้อยลง จากตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่าจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งมีละติจูดสูงจะมีตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าอยู่ต่ำ จึงทำให้มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์มากและมีมุมเอียงของแผ่นสะท้อนน้อยเมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวประมาณทิศใต้ ในทางกลับกันจังหวัดสงขลาซึ่งมีละติจูดต่ำจะมีตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าอยู่สูง จึงทำให้มุมเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์น้อยและมีมุมเอียงของแผ่นสะท้อนมากเมื่อตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวประมาณทิศใต้

จากปัจจัยทั้งหมดที่พิจารณาสามารถสรุปลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดที่เหมาะสมที่จะนำไปสู่ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับสูงสุดในแต่ละจังหวัดที่ทำการศึกษาวิจัยได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.8 ลักษณะการวางตัวและมิติของขนาดที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในจังหวัดต่าง ๆ ที่ศึกษาวิจัย

จังหวัด	I_T (MJ/m ² รายวัน เฉลี่ยต่อปี)	ψ (องศา)	np	ml	Σ_C (องศา)	ω (องศา)
กรุงเทพฯ	21.722	-7 ถึง -4	10	0.1	42	86
เชียงใหม่	21.939	-8 ถึง -5	10	0.1	46	86
นครราชสีมา	22.055	-6 ถึง -3	10	0.1	43	85
อุบลราชธานี	22.474	-2 ถึง -1	10	0.1	42	87
ประจวบคีรีขันธ์	22.355	-9 ถึง -5	10	0.1	41	86
ระนอง	20.006	-10 ถึง -6	10	0.1	42	82
สงขลา	21.106	-10 ถึง -6	10	0.1	38	86

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5.6 จะพบว่าทิศการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของตัวรับรังสีอาทิตย์ในแต่ละจังหวัดที่ศึกษาจะไม่ได้ระบุเจาะจงว่าเป็นทิศใดทิศหนึ่ง แต่จะเป็นผลสรุปในรูปของช่วงของมุมของการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ได้ปรับทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ครั้งละ 1 องศา ซึ่งทำให้ได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในช่วงที่เหมาะสมที่สุดของมุมการวางตัวของจังหวัดนั้น ๆ จะมีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.01 เปอร์เซนต์ และในส่วนของความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละจังหวัดนั้นจะมีความเอียงแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูดเป็นสำคัญ โดยจังหวัดที่มีตำแหน่งละติจูดมาก เช่นจังหวัดเชียงใหม่ จะมีตำแหน่งโคงของดวงอาทิตย์ต่ำกว่าจังหวัดอื่น ๆ จึงทำให้มีความเอียงของของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ชันมากกว่าจังหวัดอื่น ๆ เนื่องจากต้องปรับมุมรับกับรังสีตรงให้เหมาะสมที่สุด และมีความเอียงของแผ่นสะท้อนที่ชันน้อยกว่าจังหวัดอื่น ๆ เนื่องจากต้องปรับมุมไม่ให้เกิดเงาไปสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ ในทางกลับกัน จังหวัดที่มีละติจูดต่ำ ๆ เช่น จังหวัดสงขลา ก็จะมีค่าความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ชันน้อยกว่าจังหวัดอื่น ๆ และความเอียงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ก็จะชันมากกว่าจังหวัดอื่น ๆ

จากการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ร่วมกับตัวรับรังสีอาทิตย์จะทำให้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับมีค่าสูงกว่าการใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบไม่ติดตั้งแผ่นสะท้อนประมาณ 20 เปอร์เซนต์ ดังตารางที่ 5.7 โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเปรียบเทียบรังสีอาทิตย์ที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในลักษณะการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละจังหวัด

ตารางที่ 5.9เปรียบเทียบรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับสูงสุด โดยเปรียบเทียบ
กรณีที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งร่วมกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

จังหวัด	I_T (ติดตั้งแผ่นสะท้อน) MJ/m ² รายวันเฉลี่ยต่อปี	I_t (ไม่ได้ติดตั้งแผ่นสะท้อน) MJ/m ² รายวันเฉลี่ยต่อปี	เปอร์เซ็นต์ ที่เพิ่มขึ้น
กรุงเทพมหานคร	21.722	18.18	19.48
เชียงใหม่	21.939	18.37	19.43
นครราชสีมา	22.055	18.41	19.80
อุบลราชธานี	22.474	18.84	19.29
ประจวบคีรีขันธ์	22.355	18.72	19.42
ระนอง	20.006	16.52	21.10
สงขลา	21.106	17.65	19.58

โดยผู้วิจัยได้จัดทำตารางคู่มือจากผลการศึกษาวิจัย สำหรับใช้เป็นแนวทางในการกำหนด
มิติของขนาด และลักษณะการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในจังหวัด
ต่าง ๆ ของประเทศไทยที่ได้ทำการศึกษาวิจัย ซึ่งรายละเอียดและตัวอย่างการใช้ข้อมูลจากตาราง
ดังกล่าวจะนำเสนอในบทต่อไป

บทที่ 6

การนำผลวิจัยมาประยุกต์ใช้งานและข้อเสนอแนะ

6.1 การนำผลวิจัยมาประยุกต์ใช้งาน

การที่ตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับ ทิศการวางตัว ความเอียง และสัดส่วนของขนาดอุปกรณ์ โดยปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและตำแหน่งในการติดตั้ง โดยสภาพภูมิอากาศและตำแหน่งในการติดตั้งที่แตกต่างกันก็ย่อมจะส่งผลให้ปัจจัยดังกล่าวมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพที่สุดนั้นจะต้องติดตั้งในทิศทาง ความเอียง และสัดส่วนของขนาดที่เหมาะสมที่สุด แต่บ่อยครั้งในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดของสถานที่ติดตั้ง เช่น ในทิศการวางตัวที่ดีที่สุดอาจมีต้นไม้หรืออาคารข้างเคียงมาบดบังรังสีตรง ซึ่งจะทำให้เกิดเงามาสู่ตัวอุปกรณ์ เป็นต้น จึงต้องติดตั้งในลักษณะอื่นที่จะสามารถรับรังสีอาทิตย์สุทธิได้ตรงลงมาจากการติดตั้งในสภาวะที่ดีที่สุด

ในบทนี้จะนำเสนอถึงกรณีศึกษาของการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ภายใต้ข้อจำกัดของหลังคาบ้านชั้นเดียวหลังหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีรายละเอียดดังนี้

หลังคาด้านที่ 1 อยู่ทางทิศตะวันตก เอียงทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ

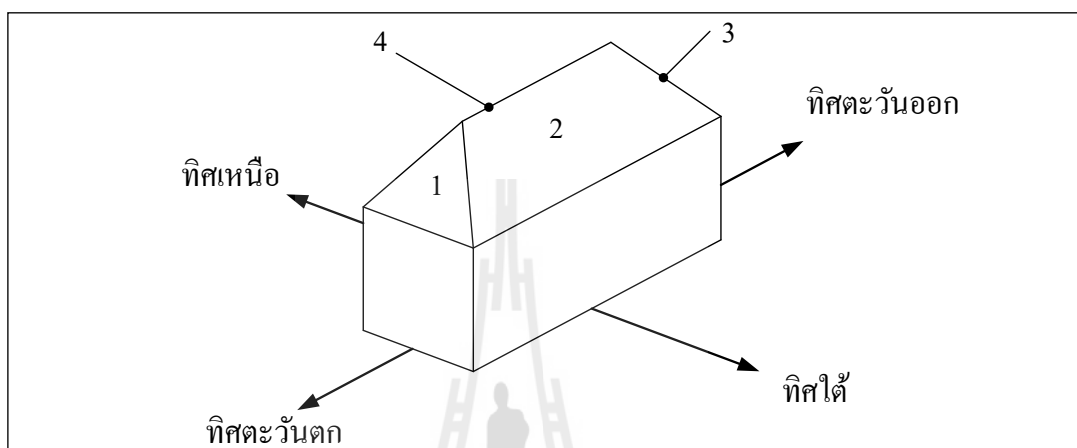
หลังคาด้านที่ 2 อยู่ทางทิศใต้ เอียงทำมุม 50 องศา กับแนวระดับ

หลังคาด้านที่ 3 อยู่ทางทิศตะวันออก เอียงทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ

หลังคาด้านที่ 4 อยู่ทางทิศเหนือ เอียงทำมุม 50 องศา กับแนวระดับ

จากการศึกษาพบว่า การติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของจังหวัดกรุงเทพมหานครนั้น คือการติดตั้งให้ตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวเบี่ยงออก จากทิศใต้มาทางทิศตะวันออกประมาณ -7 ถึง -4 องศา มีความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์และมุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนเท่ากับ 42 องศา และ 86 องศา ตามลำดับ และมีสัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนเท่ากับ 10 และ 0.1 ตามลำดับ แต่การวางตัวลักษณะดังกล่าวไม่สามารถติดตั้งได้กับหลังคาของกรณีศึกษานี้ เนื่องจากข้อจำกัดของทิศและความเอียงของหลังคา ดังนั้นจึงต้องเลือกลักษณะการวางตัวแบบอื่น ๆ ที่จะทำ ให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตรงลงมาจากการวางตัวในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

โดยหลังคาของกรณีศึกษานี้สามารถที่จะติดตั้งอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งจากตารางข้อมูลในภาคผนวกนั้น สามารถที่จะระบุลักษณะของความเอียงและสัดส่วนของขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ดังตารางที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ลักษณะหลังคาบ้านที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 6.1 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ที่ดีที่สุดในแต่ละทิศของหลังคา

ทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (MJ/m ² รายวันเฉลี่ยต่อปี)	20.765	20.973	21.705	20.823
ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)	15	35	45	30
มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นสะท้อน (องศา)	95	90	85	90
สัดส่วนความกว้างของพื้นผิว (mp)	10	10	10	10
สัดส่วนความยาวของพื้นผิว (ml)	0.1	0.1	0.1	0.1

พบว่าไม่มีหลังคาด้านใดเลยที่จะสามารถติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ที่มีความเอียงที่เหมาะสมที่สุดได้เนื่องจากข้อจำกัดของความเอียงของหลังคา จึงจำเป็นจะต้องเลือกการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ความเอียงเท่ากับความเอียงของหลังคาเป็นอย่างน้อย ซึ่งจากตารางข้อมูลในภาคผนวกสามารถที่จะกำหนดความเอียง และสัดส่วนของขนาดที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละทิศได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์บนเงื่อนไขข้อจำกัดในแต่ละทิศของหลังคา

ทิศการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
รังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (MJ/m ² รายวันเฉลี่ยต่อปี)	19.445	19.888	21.636	19.197
ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)	50	60	50	60
มุมระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์แผ่นสะท้อน (องศา)	95	90	85	90
สัดส่วนความกว้างของพื้นผิว (np)	10	10	10	10
สัดส่วนความยาวของพื้นผิว (ml)	0.1	0.1	0.1	0.1

จากตารางที่ 6.2 พบว่าติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในหลังคาด้านทิศใต้จะได้รับรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับสูงที่สุด โดยติดตั้งที่ความเอียง 50 องศา และ 50 องศาสำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะการติดตั้งที่ีรอลงมาจากการติดตั้งที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของสถานที่ติดตั้งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

6.2 การคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ

ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับหมายถึงผลรวมของรังสีอาทิตย์ต่าง ๆ ที่เข้ามาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ทั้งโดยทางตรงและมาจากการสะท้อนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.2 โดยตัวแปรสำคัญที่จะทำให้ค่ารังสีอาทิตย์มีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบรังสีอาทิตย์ ทิศในการติดตั้ง ความเอียง และสัดส่วนของขนาด ซึ่งในหัวข้อนี้จะแสดงการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ณ วันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. ภายใต้ข้อจำกัดของสถานที่ติดตั้งในกรณีศึกษาข้างต้น

6.2.1 ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศเหนือ

ในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในหลังคาด้านทิศเหนือนั้นมีข้อกำหนดดังนี้

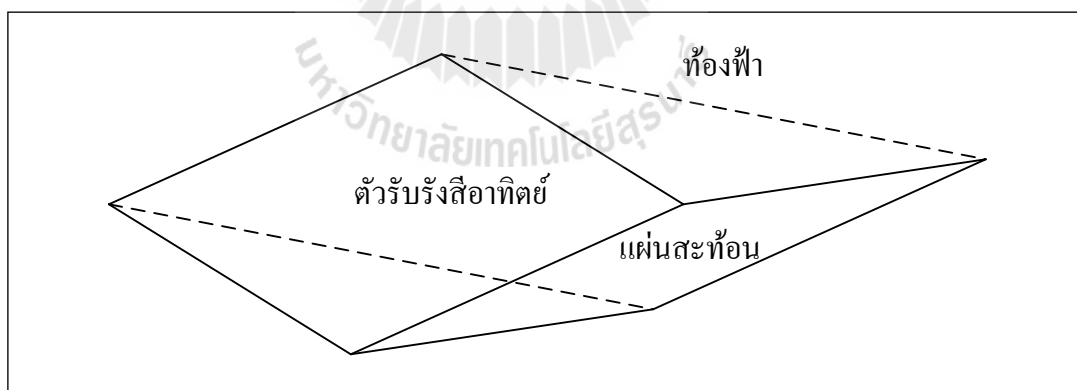
- ตัวรับรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศเหนือ
- ตัวรับรังสีอาทิตย์เอียง 50 องศาจากแนวระดับ
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศใต้
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียง 70 องศาจากแนวระดับ

- สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 10 และ 0.1 ตามลำดับ
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเท่ากับ 0.32

ซึ่งในวันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. สามารถคำนวณหามุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้จากสมการที่ 3.8 และในวันและเวลาดังกล่าวจะมีค่ารังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นดังนี้

- มุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 86.87 องศา
- มุมตกกระทบของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 33.45 องศา
- รังสีตรง ณ ตำแหน่งโคจรดวงอาทิตย์เท่ากับ 630 W/m^2
- รังสีกระจายเท่ากับ 230 W/m^2
- รังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นเท่ากับ 730 W/m^2

สำหรับตัวประกอบขนาดของการถ่ายเทรังสีอาทิตย์ระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำมุมใด ๆ ต่อกันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.12 และตัวประกอบขนาดสำหรับการถ่ายเทรังสีอาทิตย์จากท้องฟ้ามาสู่พื้นผิวใด ๆ นั้นวิเคราะห์โดยคิดเป็นพื้นผิวปิดล้อมดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 วิเคราะห์ตัวประกอบขนาดในรูปของพื้นผิวปิดล้อม

เมื่อทำการคำนวณตัวประกอบขนาดโดยใช้สมการที่ 4.12 แล้วจะได้ตัวประกอบขนาดระหว่างแต่ละพื้นผิวดังนี้

- ตัวประกอบขนาดระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.69
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.28
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.03
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.18
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.33

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณโดยสมการที่ 5.2 จะได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ณ วันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. เท่ากับ 519 W/m^2 ดังการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 I_T &= [I_D \cos\theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos\theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G] \\
 &= [(630 \cos 86.87) + (230 \times 0.28) + (730 \times 0.18 \times 0.32)] \\
 &\quad + (0.69 \times 0.9) [(630 \cos 33.45) + (230 \times 0.03) + (730 \times 0.33 \times 0.32)]
 \end{aligned}$$

$$I_T = 519 \text{ W/m}^2$$

โดยกำหนดให้พื้นโดยรอบเป็นพื้นคอนกรีตเก่า และกำหนดให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ทำจากวัสดุพื้นผิวกระจายสีขาว ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนประมาณ 0.32 และ 0.9 ตามลำดับ

การคำนวณดังกล่าวเป็นการคำนวณ ณ วันและเวลาใด ๆ เท่านั้น หากต้องการทราบค่าพลังงานตลอดทั้งปีจะต้องทำการคำนวณดังกล่าวในทุก ๆ ชั่วโมงที่มีแสงแดดของวันตลอดทั้งปีแล้วจึงนำมาอินทิเกรตตลอดทั้ง 365 วัน ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในการติดตั้งสำหรับหลังคาทิศเหนือเมื่ออินทิเกรตตลอดทั้งปีแล้วจะมีค่าเท่ากับ 19.445 MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยต่อปี ดังตารางที่ 6.2

6.2.2 ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศตะวันออก

ในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในหลังคาด้านทิศตะวันออกนั้นมีข้อกำหนดดังนี้

- ตัวรับรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศตะวันออก
- ตัวรับรังสีอาทิตย์เอียง 60 องศาจากแนวระดับ
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศตะวันตก
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียง 55 องศาจากแนวระดับ
- สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 10 และ 0.1 ตามลำดับ
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9

- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเท่ากับ 0.32

ซึ่งในวันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. สามารถคำนวณหา มุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้จากสมการที่ 3.8 และในวันและเวลาดังกล่าวจะมีค่ารังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นดังนี้

- มุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 61.80 องศา
- มุมตกกระทบของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 71.06 องศา
- รังสีตรง ณ ตำแหน่งโคจรดวงอาทิตย์เท่ากับ 630 W/m^2
- รังสีกระจายเท่ากับ 230 W/m^2
- รังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นเท่ากับ 730 W/m^2

สำหรับตัวประกอบขนาดของการถ่ายเทรังสีอาทิตย์ระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำมุมใด ๆ ต่อกันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.12 และตัวประกอบขนาดสำหรับการถ่ายเทรังสีอาทิตย์จากท้องฟ้ามาสู่พื้นผิวใด ๆ นั้นวิเคราะห์โดยคิดเป็นพื้นผิวปิดล้อมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อ 6.2.1 และเมื่อทำการคำนวณตัวประกอบขนาดแล้วจะได้ตัวประกอบขนาดระหว่างแต่ละพื้นผิวดังนี้

- ตัวประกอบขนาดระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.69
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.28
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.03
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.25
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.21

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณ โดยสมการที่ 5.2 จะได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ณ วันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. เท่ากับ 582 W/m^2 ดังการคำนวณ

$$\begin{aligned} I_T &= [I_D \cos\theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos\theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G] \\ &= [(630 \cos 61.80) + (230 \times 0.28) + (730 \times 0.25 \times 0.32)] \\ &\quad + (0.69 \times 0.9) [(630 \cos 71.06) + (230 \times 0.03) + (730 \times 0.21 \times 0.32)] \end{aligned}$$

$$I_T = 582 \text{ W/m}^2$$

ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในการติดตั้งสำหรับหลังคาทิศเหนือ นั้นเมื่ออินทิเกรตตลอดทั้งปีแล้วจะมีค่าเท่ากับ 19.888 MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยต่อปี ดังตารางที่ 6.2

6.2.3 ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศใต้

ในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในหลังคาด้านทิศใต้นั้นมีข้อกำหนดดังนี้

- ตัวรับรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศใต้
- ตัวรับรังสีอาทิตย์เอียง 50 องศาจากแนวระดับ
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศเหนือ
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียง 55 องศาจากแนวระดับ
- สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 10 และ 0.1 ตามลำดับ
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเท่ากับ 0.32

ซึ่งในวันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. สามารถคำนวณหาคุณสมบัติของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้จากสมการที่ 3.8 และในวันและเวลาดังกล่าวจะมีค่ารังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นดังนี้

- มุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 14.00 องศา
- มุมตกกระทบของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 96.84 องศา
- รังสีตรง ณ ตำแหน่งโคจรดวงอาทิตย์เท่ากับ 630 W/m^2
- รังสีกระจายเท่ากับ 230 W/m^2
- รังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นเท่ากับ 730 W/m^2

สำหรับตัวประกอบขนาดของการถ่ายเทรังสีอาทิตย์ระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำมุมใด ๆ ต่อกันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.12 และตัวประกอบขนาดสำหรับการถ่ายเทรังสีอาทิตย์จากท้องฟ้ามาสู่พื้นผิวใด ๆ นั้นวิเคราะห์โดยคิดเป็นพื้นผิวปิดล้อมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อ 6.2.1 และเมื่อทำการคำนวณตัวประกอบขนาดแล้วจะได้ตัวประกอบขนาดระหว่างแต่ละพื้นผิวดังนี้

- ตัวประกอบขนาดระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.61
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.36
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.03
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.18
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.21

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณ โดยสมการที่ 5.2 จะได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ณ วันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. เท่ากับ 766 W/m^2 ดังการคำนวณ

$$\begin{aligned} I_T &= [I_D \cos\theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos\theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G] \\ &= [(630 \cos 14) + (230 \times 0.36) + (730 \times 0.18 \times 0.32)] \\ &\quad + (0.61 \times 0.9)[0 + (230 \times 0.03) + (730 \times 0.21 \times 0.32)] \\ I_T &= 766 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

ในเทอมของรังสีตรงที่ตกกระทบแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากมุมตกกระทบของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มีค่ามากกว่า 90 องศา นั่นหมายความว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์เคลื่อนไปด้านหลังแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์แล้วจึงทำให้แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ไม่ได้รับรังสีตรง ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในการติดตั้งสำหรับหลังคาทิศใต้นั้นเมื่ออินทรีเกรตตลอดทั้งปีแล้วจะมีค่าเท่ากับ 21.636 MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยต่อปี ดังตารางที่ 6.2

6.2.4 ติดตั้งที่หลังคาด้านทิศตะวันตก

ในการติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในหลังคาด้านทิศตะวันตกนั้นมีข้อกำหนดดังนี้

- ตัวรับรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศตะวันตก
- ตัวรับรังสีอาทิตย์เอียง 60 องศาจากแนวระดับ
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์หันหน้าทางทิศตะวันออก
- แผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เอียง 55 องศาจากแนวระดับ
- สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 10 และ 0.1 ตามลำดับ
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9
- สัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นเท่ากับ 0.32

ซึ่งในวันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. สามารถคำนวณหามุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ได้จากสมการที่ 3.8 และในวันและเวลาดังกล่าวจะมีค่ารังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นดังนี้

- มุมตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 71.06 องศา
- มุมตกกระทบของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 61.8 องศา
- รังสีตรงเท่ากับ 630 W/m^2
- รังสีกระจายเท่ากับ 230 W/m^2

- รังสีอาทิตย์ที่ตกสู่พื้นเท่ากับ 730 W/m^2

สำหรับตัวประกอบขนาดของการถ่ายเทรังสีอาทิตย์ระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำมุมใด ๆ ต่อกันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.12 และตัวประกอบขนาดสำหรับการถ่ายเทรังสีอาทิตย์จากท้องฟ้ามาสู่พื้นผิวใด ๆ นั้นวิเคราะห์โดยคิดเป็นพื้นผิวปิดล้อมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในหัวข้อ 6.2.1 และเมื่อทำการคำนวณตัวประกอบขนาดแล้วจะได้ตัวประกอบขนาดระหว่างแต่ละพื้นผิวดังนี้

- ตัวประกอบขนาดระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์และตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.69
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.28
- ตัวประกอบขนาดระหว่างท้องฟ้าและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.03
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.25
- ตัวประกอบขนาดระหว่างพื้นและแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.21

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณโดยสมการที่ 5.2 จะได้ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ ณ วันที่ 1 มกราคม เวลา 12.00น. เท่ากับ 546 W/m^2 ดังการคำนวณ

$$I_T = [I_D \cos\theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos\theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G]$$

$$= [(630 \cos 71.06) + (230 \times 0.28) + (730 \times 0.25 \times 0.32)]$$

$$+ (0.69 \times 0.9) [(630 \cos 61.8) + (230 \times 0.03) + (730 \times 0.21 \times 0.32)]$$

$$I_T = 546 \text{ W/m}^2$$

ซึ่งค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในการติดตั้งสำหรับหลังคาทิศเหนือ นั้นเมื่ออินทิเกรตตลอดทั้งปีแล้วจะมีค่าเท่ากับ 19.197 MJ/m^2 รายวันเฉลี่ยต่อปี ดังตารางที่ 6.2

6.3 ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไปจากการศึกษาวิจัยนี้คือ

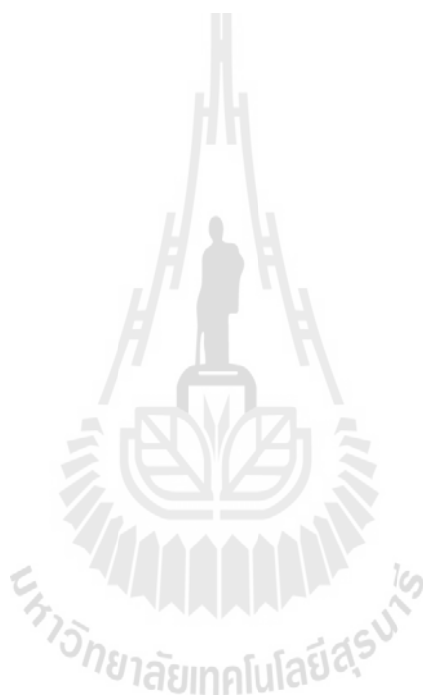
6.3.1 ในอนาคตการวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวกับการรับรังสีอาทิตย์ควรที่จะมีการปรับปรุงข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลรังสีอาทิตย์ให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศปัจจุบัน

6.3.2 ติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ตำแหน่งอื่น ๆ ของตัวรับรังสีอาทิตย์ เพื่อศึกษาถึงการลดผลกระทบของการเกิดเงามาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์

รายการอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2548) **คู่มือข้อมูลมาตรฐานด้านภูมิอากาศและ
แสงอาทิตย์สำหรับใช้งานด้านพลังงานทดแทน**
- ธีระชาติ พรพิบูลย์ และ เชิดพันธ์ วิฑูราภรณ์ (2549) การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20 กรณีศึกษาการสูญเสียโอกาสด้านการประหยัดพลังงานสำหรับ
อาคาร
- พฤทธิ มาณตร สีนเดิม ดีโต อนิรุทธิ์ ต่ายขาว ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และ ศิรินุช จินดาร์ักษ์ (2548)
การเพิ่มประสิทธิภาพของตัวรับรังสีอาทิตย์ด้วยแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ การประชุม
เชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1
- ASHRAE (1989) **ASHRAE Fundamentals Handbook**. American Society of Heating
Refrigeration and Air Conditioning Engineers. Inc.
- Perers, B., and Karlsson, B. (1993) **External Reflector for Large Solar Collector Arrays,
Simulation Model and Experimental Results**. Solar Energy Vol.51, No.5 327-337
- Hamilton, D.C., and Morgan, W.R. (1952) **Radiant – Interchange Configuration Factors**.
National Advisory Committee for Aeronautics Technical Note 2836
- Incropera, F.P., and Dewitt, D.P. (2002) **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. JOHN
WILEY & SONS. Inc. (5th edition)
- Hussein, H.M.S., Ahmad, G.E., and Mohamad, M.A. (2000) **Optimization of operational and
design parameters of plane reflector-tilted flat plate solar collector systems**. Energy
25 529 – 542
- Duffie, J.A., and Beckman, W.A. (1991) **Solar Engineering of Thermal Processes**. JOHN
WILEY & SONS. Inc.
- Ronnellid, M., and Karlsson, B. (1999) **The Use of Corrugated Booster Reflectors for Solar
Collector Fields**. Solar Energy Vol.65 No.6 343 - 351

- Nostell, P., Roos, A., and Karlsson, B. (1998) **Ageing of solar booster reflector materials**. Solar Energy Materials and Solar Cells Vol.54 235 – 246
- Perez, R., Ineichen, P., and Seals, R. (1990). **Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance**. Solar Energy Vol.44 No5 271 – 289
- Persson, T. (1999) **Solar radiation climate in Sweden**. Physics and Chemistry of the Earth. Part B. Hydrology, Oceans and Atmosphere. Volume 24 Issue 3 275 - 279





ภาคผนวก ก

สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่น
สะท้อนรังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด

ตารางที่ ก.1 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (กท – AZ-5 – C42 – R 52)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	19.316	19.628	20.024	20.533	21.211	21.656	21.705	21.718	21.721	21.722	21.722
0.12	19.011	19.316	19.718	20.262	21.02	21.535	21.595	21.612	21.615	21.616	20.741
0.16	18.65	18.927	19.316	19.881	20.736	21.348	21.429	21.451	21.455	20.401	19.769
0.25	18.227	18.446	18.777	19.316	20.262	21.02	21.14	21.173	19.865	19.209	18.814
0.5	17.748	17.872	18.072	18.446	19.316	20.262	20.485	18.894	18.345	18.069	17.902
1	17.494	17.558	17.664	17.872	18.446	19.316	18.446	17.872	17.664	17.558	17.494
2	17.402	17.444	17.513	17.65	18.048	17.992	17.755	17.538	17.445	17.394	17.363
4	17.334	17.359	17.4	17.481	17.479	17.472	17.424	17.365	17.332	17.311	17.297
6	17.306	17.323	17.352	17.352	17.352	17.349	17.332	17.309	17.293	17.282	17.275
8	17.29	17.304	17.304	17.304	17.303	17.302	17.294	17.283	17.274	17.268	17.263

ตารางที่ ก.2 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (ชม – AZ-6 – C46 – R 48)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	19.292	19.651	20.094	20.651	21.38	21.853	21.912	21.931	21.936	21.937	21.938
0.12	19.021	19.364	19.806	20.391	21.194	21.733	21.803	21.824	21.829	21.831	20.943
0.16	18.692	18.999	19.42	20.02	20.913	21.548	21.636	21.662	21.667	20.598	19.957
0.25	18.299	18.541	18.896	19.461	20.44	21.219	21.344	21.381	20.054	19.389	18.989
0.5	17.851	17.988	18.203	18.593	19.487	20.453	20.682	19.069	18.512	18.232	18.064
1	17.612	17.684	17.799	18.018	18.608	19.494	18.614	18.032	17.821	17.714	17.649
2	17.528	17.576	17.652	17.797	18.206	18.152	17.913	17.693	17.599	17.548	17.517
4	17.464	17.493	17.54	17.627	17.63	17.625	17.578	17.518	17.484	17.464	17.45
6	17.437	17.459	17.493	17.497	17.501	17.501	17.485	17.461	17.445	17.434	17.427
10	17.412	17.416	17.42	17.424	17.428	17.43	17.426	17.42	17.415	17.411	17.408

ตารางที่ ก.3 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (นม- AZ-4 – C43– R 52)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	19.505	19.842	20.264	20.803	21.515	21.981	22.034	22.05	22.053	22.054	22.055
0.12	19.206	19.531	19.957	20.529	21.321	21.857	21.922	21.941	21.945	21.946	21.045
0.16	18.847	19.141	19.551	20.142	21.031	21.666	21.751	21.776	21.78	20.696	20.045
0.25	18.424	18.657	19.005	19.566	20.546	21.33	21.454	21.49	20.144	19.468	19.063
0.5	17.945	18.077	18.287	18.676	19.575	20.551	20.781	19.144	18.58	18.295	18.124
1	17.69	17.759	17.871	18.087	18.681	19.578	18.683	18.092	17.879	17.769	17.704
2	17.599	17.644	17.717	17.86	18.272	18.215	17.972	17.749	17.653	17.601	17.569
4	17.531	17.558	17.602	17.688	17.687	17.68	17.632	17.571	17.537	17.515	17.501
6	17.502	17.522	17.554	17.555	17.556	17.554	17.537	17.513	17.497	17.486	17.478
8	17.486	17.502	17.504	17.505	17.506	17.506	17.498	17.486	17.477	17.471	17.466

ตารางที่ ก.4 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (อบ- AZ-1 – C42 – R 51)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	19.992	20.312	20.718	21.243	21.943	22.405	22.456	22.47	22.473	22.474	22.474
0.12	19.681	19.992	20.405	20.963	21.746	22.279	22.342	22.36	22.363	22.364	21.465
0.16	19.311	19.594	19.992	20.572	21.452	22.086	22.169	22.193	22.197	21.115	20.466
0.25	18.879	19.103	19.441	19.992	20.963	21.746	21.87	21.905	20.563	19.89	19.485
0.5	18.389	18.516	18.721	19.103	19.992	20.963	21.193	19.564	19.002	18.719	18.549
1	18.129	18.195	18.303	18.516	19.103	19.992	19.103	18.516	18.303	18.195	18.129
2	18.036	18.078	18.149	18.29	18.697	18.639	18.397	18.174	18.079	18.028	17.996
4	17.966	17.991	18.033	18.117	18.115	18.107	18.058	17.998	17.963	17.942	17.928
6	17.937	17.955	17.985	17.985	17.984	17.982	17.964	17.94	17.924	17.913	17.905
8	17.921	17.935	17.935	17.935	17.935	17.934	17.925	17.913	17.905	17.898	17.893

ตารางที่ ก.5 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (ปช – AZ-7 – C41 – R 53)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	19.891	20.211	20.616	21.138	21.831	22.288	22.337	22.351	22.354	22.355	22.355
0.12	19.579	19.891	20.303	20.86	21.636	22.163	22.225	22.242	22.246	22.247	21.35
0.16	19.209	19.493	19.891	20.47	21.345	21.972	22.054	22.078	22.082	21.003	20.355
0.25	18.775	19	19.339	19.891	20.86	21.636	21.759	21.793	20.453	19.781	19.378
0.5	18.285	18.412	18.618	19	19.891	20.86	21.088	19.459	18.897	18.614	18.444
1	18.025	18.091	18.199	18.412	19	19.891	19	18.412	18.199	18.091	18.025
2	17.931	17.974	18.045	18.185	18.592	18.535	18.293	18.07	17.975	17.923	17.892
4	17.861	17.887	17.929	18.012	18.01	18.003	17.954	17.894	17.859	17.838	17.824
6	17.832	17.85	17.88	17.88	17.88	17.877	17.86	17.836	17.82	17.809	17.801
8	17.816	17.83	17.83	17.83	17.83	17.829	17.821	17.809	17.8	17.794	17.789

ตารางที่ ก.6 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบต่อแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (รน – AZ-8 – C42 – R 56)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta p}{ml}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	17.645	17.961	18.357	18.86	19.518	19.945	19.99	20.003	20.005	20.006	20.006
0.12	17.336	17.645	18.051	18.593	19.334	19.829	19.886	19.901	19.904	19.905	19.03
0.16	16.968	17.25	17.645	18.214	19.058	19.651	19.726	19.747	19.751	18.696	18.063
0.25	16.536	16.76	17.098	17.645	18.593	19.334	19.448	19.479	18.166	17.508	17.112
0.5	16.048	16.174	16.379	16.76	17.645	18.593	18.811	17.201	16.648	16.369	16.201
1	15.79	15.855	15.963	16.174	16.76	17.645	16.76	16.175	15.963	15.856	15.791
2	15.696	15.738	15.808	15.946	16.349	16.294	16.057	15.836	15.741	15.69	15.658
4	15.627	15.652	15.693	15.775	15.773	15.766	15.72	15.661	15.626	15.605	15.591
6	15.599	15.616	15.646	15.645	15.645	15.643	15.626	15.603	15.587	15.576	15.568
8	15.583	15.597	15.597	15.597	15.596	15.595	15.588	15.576	15.568	15.561	15.557

ตารางที่ ก.7 สัดส่วนความกว้างและสัดส่วนความยาวของตัวรับรังสีอาทิตย์เทียบกับแผ่นสะท้อน

รังสีอาทิตย์ในลักษณะการวางตัวที่ดีที่สุด (สข – AZ-8 – C38 – R 56)

หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

$\frac{\eta_p}{\text{ml}}$	0.1	0.12	0.16	0.25	0.5	1	2	4	6	8	10
0.1	18.77	19.074	19.458	19.952	20.61	21.042	21.089	21.102	21.105	21.106	21.106
0.12	18.475	18.77	19.161	19.689	20.425	20.924	20.983	20.999	21.002	21.003	20.153
0.16	18.124	18.393	18.77	19.319	20.149	20.743	20.821	20.843	20.847	19.824	19.21
0.25	17.713	17.926	18.248	18.77	19.689	20.425	20.541	20.573	19.303	18.666	18.284
0.5	17.248	17.369	17.563	17.926	18.77	19.689	19.905	18.361	17.828	17.56	17.399
1	17.002	17.064	17.167	17.369	17.926	18.77	17.926	17.369	17.167	17.064	17.002
2	16.913	16.953	17.02	17.153	17.54	17.485	17.256	17.045	16.954	16.905	16.875
4	16.847	16.871	16.91	16.99	16.988	16.981	16.935	16.877	16.845	16.824	16.811
6	16.819	16.836	16.865	16.865	16.864	16.862	16.845	16.822	16.807	16.797	16.789
8	16.804	16.817	16.817	16.817	16.817	16.816	16.808	16.797	16.789	16.783	16.778



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก ข

คำรังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ความเอียงต่าง ๆ

ตารางที่ ข.1 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (กท – AZ-5 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
47	21.62	21.639	21.655	21.668	21.678	21.686	21.69	21.692	21.691	21.686
48	21.638	21.656	21.671	21.684	21.693	21.699	21.703	21.703	21.701	21.695
49	21.654	21.671	21.685	21.696	21.704	21.709	21.712	21.711	21.707	21.701
50	21.667	21.683	21.696	21.706	21.713	21.717	21.718	21.716	21.711	21.703
51	21.676	21.691	21.703	21.712	21.718	21.721	21.721	21.718	21.712	21.703
52	21.683	21.697	21.708	21.716	21.72	21.722	21.721	21.716	21.709	21.699
53	21.687	21.7	21.71	21.716	21.72	21.72	21.717	21.712	21.703	21.691
54	21.685	21.697	21.705	21.711	21.713	21.713	21.709	21.702	21.692	21.679
55	21.678	21.689	21.696	21.701	21.702	21.7	21.695	21.687	21.676	21.662

ตารางที่ ข.2 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (ชม – AZ-6 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
43	21.839	21.857	21.873	21.885	21.895	21.901	21.905	21.905	21.899	21.887
44	21.858	21.875	21.89	21.901	21.91	21.915	21.918	21.917	21.91	21.898
45	21.874	21.89	21.904	21.914	21.921	21.926	21.927	21.925	21.918	21.906
46	21.887	21.903	21.915	21.924	21.93	21.934	21.934	21.931	21.923	21.911
47	21.897	21.912	21.923	21.931	21.936	21.938	21.937	21.933	21.925	21.913
48	21.904	21.917	21.927	21.934	21.938	21.939	21.937	21.931	21.923	21.911
49	21.905	21.917	21.926	21.932	21.935	21.935	21.931	21.925	21.915	21.903
50	21.897	21.908	21.916	21.921	21.923	21.922	21.917	21.91	21.899	21.886
51	21.881	21.892	21.899	21.903	21.904	21.901	21.896	21.887	21.876	21.861

ตารางที่ ข.3 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (นม – AZ-4 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
47	21.954	21.972	21.986	21.997	22.006	22.012	22.015	22.015	22.012	22.006
48	21.974	21.991	22.004	22.014	22.022	22.027	22.028	22.027	22.023	22.016
49	21.991	22.007	22.019	22.028	22.035	22.038	22.039	22.037	22.032	22.023
50	22.006	22.02	22.031	22.039	22.045	22.047	22.047	22.043	22.037	22.027
51	22.017	22.03	22.04	22.047	22.052	22.053	22.051	22.046	22.039	22.028
52	22.025	22.037	22.046	22.052	22.055	22.055	22.052	22.046	22.037	22.025
53	22.028	22.039	22.047	22.051	22.053	22.052	22.048	22.041	22.031	22.017
54	22.026	22.035	22.042	22.046	22.047	22.045	22.039	22.031	22.02	22.005
55	22.012	22.021	22.027	22.03	22.03	22.027	22.02	22.011	21.998	21.983

ตารางที่ ข.4 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (อบ – AZ-1 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
46	22.358	22.378	22.395	22.409	22.42	22.427	22.432	22.434	22.433	22.429
47	22.379	22.398	22.414	22.426	22.436	22.443	22.447	22.448	22.445	22.44
48	22.396	22.414	22.429	22.441	22.45	22.456	22.458	22.458	22.454	22.448
49	22.411	22.428	22.442	22.453	22.46	22.465	22.466	22.465	22.46	22.452
50	22.423	22.439	22.452	22.461	22.468	22.471	22.471	22.468	22.462	22.453
51	22.432	22.447	22.458	22.467	22.472	22.474	22.473	22.469	22.461	22.451
52	22.437	22.45	22.461	22.468	22.472	22.473	22.47	22.465	22.456	22.445
53	22.436	22.449	22.458	22.464	22.467	22.467	22.463	22.457	22.447	22.434
54	22.431	22.442	22.45	22.455	22.457	22.456	22.451	22.443	22.432	22.418

ตารางที่ ข.5 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (ปช – AZ-7 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
48	22.254	22.274	22.29	22.304	22.314	22.322	22.326	22.328	22.326	22.322
49	22.272	22.291	22.306	22.319	22.328	22.335	22.338	22.338	22.336	22.33
50	22.288	22.305	22.32	22.331	22.339	22.345	22.347	22.346	22.342	22.335
51	22.3	22.317	22.33	22.34	22.347	22.351	22.352	22.35	22.345	22.337
52	22.309	22.325	22.337	22.346	22.352	22.355	22.355	22.351	22.345	22.335
53	22.316	22.33	22.341	22.349	22.354	22.355	22.354	22.349	22.341	22.33
54	22.319	22.332	22.342	22.348	22.352	22.352	22.349	22.343	22.334	22.322
55	22.319	22.33	22.339	22.344	22.346	22.345	22.341	22.334	22.323	22.309
56	22.313	22.324	22.331	22.335	22.336	22.334	22.328	22.32	22.308	22.293

ตารางที่ ข.6 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (รณ – AZ-8 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
51	19.909	19.925	19.939	19.95	19.959	19.966	19.97	19.972	19.971	19.968
52	19.927	19.942	19.955	19.966	19.974	19.98	19.983	19.983	19.981	19.977
53	19.942	19.957	19.969	19.979	19.986	19.99	19.992	19.992	19.989	19.984
54	19.956	19.969	19.98	19.989	19.995	19.998	19.999	19.998	19.994	19.987
55	19.966	19.979	19.989	19.996	20.001	20.004	20.004	20.001	19.996	19.988
56	19.974	19.986	19.995	20.001	20.005	20.006	20.005	20.001	19.995	19.986
57	19.979	19.989	19.997	20.003	20.005	20.006	20.003	19.998	19.991	19.98
58	19.98	19.989	19.996	20.001	20.002	20.002	19.998	19.992	19.983	19.972
59	19.972	19.981	19.987	19.99	19.991	19.989	19.985	19.978	19.968	19.955

ตารางที่ ข.7 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับที่ความเอียงของตัวรับรังสีอาทิตย์
และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์มุมต่าง ๆ (สข – AZ-8 – np10 – ml0.1)
หน่วย MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

Reflector Tilt (degree)	Collector Tilt (degree)									
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
51	21.004	21.023	21.039	21.052	21.063	21.07	21.075	21.077	21.077	21.073
52	21.022	21.04	21.055	21.067	21.077	21.083	21.087	21.088	21.086	21.082
53	21.037	21.054	21.068	21.079	21.088	21.094	21.096	21.096	21.093	21.087
54	21.049	21.065	21.079	21.089	21.096	21.101	21.102	21.101	21.097	21.09
55	21.059	21.074	21.086	21.095	21.102	21.105	21.105	21.103	21.098	21.089
56	21.066	21.08	21.091	21.099	21.104	21.106	21.105	21.102	21.095	21.085
57	21.07	21.082	21.092	21.099	21.103	21.104	21.102	21.097	21.089	21.078
58	21.071	21.082	21.091	21.097	21.099	21.099	21.096	21.09	21.08	21.068
59	21.069	21.079	21.087	21.091	21.092	21.091	21.086	21.079	21.068	21.055
60	21.063	21.072	21.078	21.082	21.082	21.079	21.073	21.064	21.052	21.037



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the center of the page. It features a stylized figure of a person standing on a platform, with a large 'S' and 'R' on either side, all enclosed within a circular border containing the university's name in Thai script.

ภาคผนวก ก

คำร้องสิทธิอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ได้รับในทศการวางตัวทิศต่าง ๆ ของ
ตัวรับรังสีอาทิตย์

ตารางที่ ค.1 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.283	16.949	16.587	16.2	15.791	15.364	14.923	14.473
5	17.611	17.358	17.075	16.763	16.426	16.068	15.69	15.298	14.895
10	17.686	17.484	17.251	16.99	16.703	16.392	16.062	15.716	15.357
15	17.813	17.661	17.477	17.264	17.025	16.76	16.475	16.171	15.852
20	17.988	17.885	17.749	17.582	17.386	17.165	16.92	16.654	16.371
25	18.209	18.151	18.06	17.936	17.781	17.598	17.389	17.156	16.903
30	18.47	18.455	18.405	18.319	18.2	18.051	17.872	17.667	17.438
35	18.765	18.789	18.774	18.722	18.635	18.512	18.358	18.174	17.962
40	19.086	19.144	19.16	19.136	19.073	18.972	18.836	18.666	18.464
45	19.424	19.51	19.552	19.55	19.505	19.419	19.293	19.13	18.932
50	19.77	19.878	19.938	19.951	19.918	19.84	19.718	19.554	19.352
55	20.086	20.213	20.288	20.312	20.286	20.21	20.087	19.918	19.705
60	20.24	20.394	20.491	20.532	20.518	20.45	20.329	20.159	19.941
65	20.31	20.49	20.608	20.664	20.659	20.595	20.475	20.301	20.075
70	20.327	20.529	20.661	20.726	20.725	20.661	20.536	20.353	20.114
75	20.274	20.492	20.634	20.702	20.7	20.631	20.496	20.299	20.043
80	20.136	20.364	20.51	20.578	20.57	20.491	20.342	20.128	19.853
85	19.833	20.068	20.216	20.279	20.263	20.171	20.007	19.775	19.48
90	19.38	19.618	19.762	19.818	19.79	19.683	19.502	19.25	18.933

ตารางที่ ค.2 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.017	13.56	13.067	12.497	12.01	11.66	11.37	11.114	10.704	10.175
5	14.485	14.072	13.614	13.043	12.523	12.157	11.85	11.575	11.115	10.51
10	14.989	14.617	14.189	13.61	13.047	12.659	12.33	12.031	11.518	10.834
15	15.522	15.185	14.783	14.188	13.573	13.157	12.8	12.473	11.903	11.141
20	16.074	15.766	15.383	14.765	14.09	13.64	13.251	12.892	12.264	11.424
25	16.633	16.349	15.977	15.328	14.588	14.098	13.674	13.28	12.594	11.687
30	17.188	16.92	16.553	15.864	15.055	14.521	14.06	13.629	12.885	11.92
35	17.726	17.468	17.097	16.36	15.481	14.9	14.399	13.93	13.132	12.118
40	18.234	17.978	17.596	16.803	15.854	15.225	14.685	14.178	13.328	12.279
45	18.7	18.438	18.037	17.182	16.165	15.487	14.91	14.366	13.47	12.397
50	19.111	18.836	18.41	17.484	16.405	15.68	15.068	14.488	13.553	12.472
55	19.451	19.158	18.701	17.699	16.566	15.796	15.154	14.542	13.574	12.531
60	19.677	19.371	18.888	17.813	16.641	15.833	15.177	14.57	13.556	12.634
65	19.8	19.478	18.97	17.822	16.627	15.822	15.145	14.537	13.486	12.733
70	19.822	19.482	18.945	17.724	16.522	15.737	15.043	14.44	13.392	12.804
75	19.732	19.37	18.803	17.509	16.333	15.574	14.872	14.283	13.286	12.845
80	19.52	19.134	18.535	17.172	16.081	15.331	14.633	14.068	13.155	12.856
85	19.125	18.717	18.091	16.704	15.694	14.971	14.298	13.785	12.984	12.839
90	18.557	18.128	17.477	16.1	15.177	14.497	13.867	13.43	12.849	-

ตารางที่ ก.3 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.438	17.258	17.048	16.809	16.543	16.254	15.945	15.617
5	17.61	17.512	17.382	17.22	17.03	16.812	16.57	16.306	16.022
10	17.685	17.636	17.554	17.44	17.296	17.124	16.926	16.703	16.46
15	17.807	17.806	17.77	17.702	17.602	17.472	17.314	17.13	16.922
20	17.974	18.019	18.027	18.002	17.942	17.85	17.728	17.577	17.4
25	18.183	18.269	18.318	18.331	18.307	18.249	18.158	18.034	17.882
30	18.426	18.55	18.636	18.682	18.689	18.659	18.593	18.491	18.357
35	18.696	18.855	18.971	19.046	19.079	19.071	19.023	18.936	18.814
40	18.986	19.173	19.315	19.412	19.464	19.472	19.436	19.358	19.24
45	19.286	19.496	19.658	19.771	19.835	19.852	19.822	19.746	19.625
50	19.586	19.813	19.988	20.111	20.181	20.2	20.169	20.087	19.957
55	19.851	20.09	20.274	20.401	20.473	20.489	20.451	20.358	20.214
60	19.943	20.2	20.398	20.534	20.61	20.626	20.583	20.482	20.325
65	19.94	20.215	20.423	20.566	20.643	20.657	20.606	20.495	20.323
70	19.873	20.161	20.376	20.52	20.595	20.6	20.539	20.412	20.222
75	19.727	20.023	20.241	20.383	20.449	20.443	20.367	20.221	20.009
80	19.486	19.786	20.003	20.138	20.194	20.173	20.078	19.912	19.676
85	19.072	19.374	19.587	19.714	19.757	19.719	19.605	19.416	19.158
90	18.496	18.798	19.005	19.12	19.148	19.093	18.957	18.746	18.464

ตารางที่ ก.4 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.276	14.924	14.523	13.848	13.163	12.497	11.913	11.427	10.799	10.034
5	15.723	15.411	15.042	14.356	13.644	12.966	12.369	11.869	11.197	10.353
10	16.198	15.922	15.58	14.888	14.142	13.435	12.826	12.307	11.583	10.661
15	16.694	16.447	16.127	15.422	14.636	13.897	13.274	12.729	11.951	10.952
20	17.198	16.976	16.67	15.947	15.115	14.342	13.7	13.125	12.294	11.223
25	17.702	17.497	17.199	16.45	15.571	14.762	14.095	13.488	12.603	11.466
30	18.191	17.997	17.701	16.92	15.991	15.147	14.45	13.81	12.872	11.678
35	18.656	18.466	18.163	17.344	16.366	15.49	14.758	14.09	13.096	11.854
40	19.083	18.889	18.574	17.711	16.686	15.782	15.013	14.331	13.27	12.001
45	19.461	19.257	18.922	18.01	16.943	16.016	15.22	14.519	13.395	12.176
50	19.78	19.558	19.197	18.232	17.129	16.187	15.365	14.651	13.477	12.354
55	20.018	19.774	19.383	18.364	17.235	16.29	15.445	14.724	13.511	12.507
60	20.114	19.85	19.434	18.371	17.237	16.309	15.456	14.735	13.523	12.634
65	20.094	19.81	19.368	18.265	17.164	16.248	15.396	14.684	13.495	12.733
70	19.971	19.663	19.194	18.056	17.012	16.111	15.267	14.574	13.448	12.804
75	19.735	19.401	18.905	17.77	16.769	15.892	15.067	14.403	13.359	12.845
80	19.376	19.015	18.494	17.378	16.435	15.591	14.797	14.172	13.232	12.856
85	18.833	18.446	17.905	16.826	15.959	15.161	14.417	13.85	13.075	12.839
90	18.114	17.704	17.147	16.157	15.348	14.606	13.948	13.449	12.959	-

ตารางที่ ค.5 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.654	17.689	17.691	17.658	17.593	17.496	17.369	17.214
5	17.61	17.728	17.81	17.859	17.872	17.851	17.798	17.712	17.595
10	17.682	17.847	17.975	18.068	18.124	18.145	18.13	18.081	17.999
15	17.799	18.008	18.18	18.313	18.409	18.466	18.486	18.468	18.415
20	17.956	18.206	18.417	18.587	18.717	18.807	18.856	18.865	18.835
25	18.146	18.433	18.679	18.882	19.042	19.158	19.23	19.259	19.246
30	18.364	18.683	18.959	19.188	19.372	19.509	19.598	19.642	19.639
35	18.6	18.947	19.246	19.497	19.698	19.849	19.95	20	20.001
40	18.846	19.214	19.532	19.797	20.01	20.169	20.274	20.325	20.322
45	19.093	19.476	19.805	20.079	20.297	20.457	20.56	20.604	20.592
50	19.33	19.722	20.057	20.333	20.549	20.704	20.797	20.83	20.801
55	19.523	19.919	20.254	20.526	20.735	20.879	20.959	20.973	20.923
60	19.547	19.946	20.281	20.549	20.75	20.882	20.946	20.941	20.869
65	19.492	19.891	20.22	20.479	20.667	20.782	20.826	20.799	20.701
70	19.377	19.771	20.091	20.336	20.507	20.602	20.622	20.568	20.441
75	19.187	19.57	19.876	20.103	20.253	20.324	20.317	20.234	20.075
80	18.92	19.289	19.577	19.784	19.909	19.954	19.919	19.804	19.613
85	18.586	18.946	19.223	19.416	19.526	19.552	19.497	19.36	19.145
90	18.304	18.67	18.949	19.142	19.25	19.272	19.211	19.067	18.844

ตารางที่ ก.6 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.032	16.827	16.567	16.191	15.889	15.552	15.147	14.753	14.006	13.228
5	17.45	17.279	17.047	16.681	16.395	16.088	15.685	15.315	14.544	13.734
10	17.885	17.743	17.533	17.174	16.897	16.609	16.207	15.847	15.055	14.21
15	18.328	18.208	18.015	17.658	17.374	17.097	16.703	16.335	15.526	14.647
20	18.767	18.664	18.481	18.122	17.828	17.555	17.161	16.779	15.946	15.035
25	19.192	19.098	18.92	18.554	18.247	17.971	17.569	17.168	16.305	15.366
30	19.591	19.5	19.319	18.942	18.62	18.332	17.916	17.493	16.595	15.633
35	19.953	19.858	19.668	19.277	18.937	18.631	18.194	17.745	16.808	15.831
40	20.267	20.161	19.956	19.548	19.188	18.857	18.395	17.916	16.939	15.957
45	20.523	20.399	20.174	19.747	19.367	19.003	18.512	18.001	16.984	15.979
50	20.712	20.564	20.314	19.867	19.465	19.064	18.541	17.989	16.944	15.913
55	20.809	20.633	20.354	19.888	19.467	19.024	18.47	17.863	16.813	15.759
60	20.73	20.525	20.22	19.742	19.306	18.826	18.248	17.595	16.562	15.512
65	20.533	20.298	19.966	19.482	19.031	18.507	17.916	17.22	16.224	15.205
70	20.242	19.972	19.613	19.125	18.65	18.087	17.479	16.759	15.782	14.863
75	19.842	19.537	19.151	18.665	18.164	17.571	16.941	16.215	15.27	14.505
80	19.346	19.007	18.598	18.114	17.584	16.974	16.316	15.608	14.72	14.034
85	18.854	18.49	18.056	17.558	17	16.386	15.729	15.027	14.254	13.558
90	18.542	18.167	17.722	17.211	16.642	16.021	15.358	14.663	13.956	-

ตารางที่ ก.7 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.831	18.041	18.215	18.351	18.449	18.509	18.531	18.516
5	17.61	17.903	18.16	18.379	18.559	18.699	18.799	18.858	18.878
10	17.68	18.019	18.319	18.58	18.8	18.977	19.112	19.204	19.253
15	17.792	18.173	18.513	18.811	19.066	19.276	19.441	19.56	19.633
20	17.94	18.358	18.734	19.065	19.35	19.587	19.775	19.915	20.005
25	18.117	18.567	18.973	19.331	19.64	19.899	20.105	20.258	20.359
30	18.313	18.792	19.222	19.601	19.928	20.201	20.418	20.58	20.684
35	18.522	19.022	19.47	19.865	20.203	20.484	20.706	20.868	20.97
40	18.732	19.248	19.708	20.111	20.455	20.737	20.957	21.113	21.205
45	18.935	19.46	19.926	20.331	20.673	20.95	21.161	21.305	21.381
50	19.121	19.648	20.113	20.514	20.849	21.114	21.31	21.435	21.489
55	19.255	19.778	20.237	20.628	20.948	21.197	21.372	21.474	21.5
60	19.211	19.728	20.178	20.555	20.859	21.088	21.241	21.316	21.314
65	19.111	19.623	20.063	20.429	20.719	20.93	21.063	21.115	21.088
70	18.999	19.506	19.938	20.294	20.57	20.766	20.88	20.911	20.861
75	18.851	19.351	19.774	20.117	20.379	20.558	20.653	20.664	20.591
80	18.681	19.175	19.589	19.921	20.17	20.334	20.412	20.404	20.31
85	18.447	18.937	19.345	19.671	19.91	20.063	20.129	20.107	19.997
90	18.208	18.7	19.11	19.435	19.672	19.821	19.88	19.85	19.731

ตารางที่ ค.8 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.465	18.379	18.221	17.835	17.312	16.79	16.217	15.565	14.589	13.313
5	18.859	18.802	18.669	18.296	17.763	17.235	16.654	15.992	14.98	13.655
10	19.261	19.227	19.113	18.75	18.213	17.671	17.08	16.406	15.357	13.983
15	19.661	19.644	19.542	19.186	18.644	18.089	17.486	16.799	15.714	14.29
20	20.047	20.04	19.945	19.592	19.048	18.479	17.865	17.162	16.043	14.57
25	20.408	20.404	20.309	19.959	19.413	18.833	18.207	17.49	16.339	14.822
30	20.733	20.726	20.625	20.275	19.732	19.144	18.506	17.774	16.597	15.041
35	21.011	20.993	20.881	20.531	19.994	19.402	18.755	18.01	16.811	15.223
40	21.233	21.198	21.069	20.719	20.192	19.601	18.948	18.193	16.978	15.377
45	21.389	21.33	21.18	20.833	20.321	19.739	19.082	18.319	17.096	15.498
50	21.472	21.385	21.21	20.869	20.38	19.811	19.154	18.386	17.164	15.598
55	21.453	21.333	21.131	20.802	20.346	19.795	19.141	18.373	17.162	15.644
60	21.236	21.081	20.851	20.538	20.121	19.593	18.948	18.189	17.004	15.554
65	20.981	20.796	20.534	20.197	19.786	19.28	18.65	17.906	16.762	15.425
70	20.73	20.518	20.227	19.86	19.42	18.902	18.287	17.569	16.486	15.317
75	20.434	20.196	19.877	19.481	19.011	18.469	17.861	17.17	16.182	15.164
80	20.131	19.869	19.526	19.104	18.607	18.038	17.403	16.705	15.856	14.96
85	19.801	19.52	19.157	18.714	18.195	17.604	16.947	16.229	15.459	14.647
90	19.523	19.23	18.853	18.394	17.859	17.252	16.578	15.845	15.062	-

ตารางที่ ก.9 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ0 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.885	18.149	18.375	18.563	18.711	18.819	18.887	18.914
5	17.61	17.957	18.267	18.538	18.769	18.958	19.105	19.209	19.27
10	17.68	18.071	18.424	18.737	19.006	19.232	19.412	19.547	19.637
15	17.79	18.223	18.615	18.964	19.267	19.524	19.733	19.893	20.005
20	17.935	18.405	18.831	19.211	19.543	19.825	20.056	20.236	20.363
25	18.107	18.608	19.063	19.469	19.823	20.125	20.372	20.564	20.7
30	18.298	18.825	19.302	19.728	20.099	20.413	20.669	20.866	21.004
35	18.498	19.045	19.539	19.977	20.358	20.678	20.937	21.133	21.266
40	18.698	19.258	19.762	20.207	20.591	20.911	21.166	21.354	21.475
45	18.887	19.455	19.963	20.408	20.788	21.101	21.345	21.519	21.622
50	19.057	19.625	20.131	20.57	20.94	21.24	21.467	21.621	21.7
55	19.179	19.743	20.24	20.669	21.025	21.307	21.513	21.642	21.694
60	19.155	19.716	20.208	20.627	20.971	21.238	21.427	21.535	21.564
65	19.066	19.622	20.107	20.516	20.848	21.1	21.27	21.358	21.364
70	18.951	19.502	19.978	20.377	20.695	20.931	21.083	21.151	21.134
75	18.806	19.35	19.817	20.204	20.508	20.728	20.862	20.91	20.871
80	18.624	19.16	19.618	19.993	20.283	20.488	20.604	20.631	20.57
85	18.385	18.919	19.371	19.74	20.021	20.215	20.319	20.332	20.255
90	18.122	18.657	19.109	19.475	19.753	19.941	20.037	20.04	19.951

ตารางที่ ค.10 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.903	18.853	18.728	18.345	17.851	17.346	16.792	16.15	15.178	13.839
5	19.289	19.268	19.166	18.798	18.294	17.786	17.226	16.574	15.566	14.169
10	19.681	19.681	19.597	19.242	18.728	18.217	17.648	16.984	15.94	14.487
15	20.068	20.083	20.01	19.666	19.144	18.628	18.049	17.372	16.293	14.788
20	20.438	20.461	20.393	20.057	19.532	19.011	18.421	17.731	16.619	15.067
25	20.779	20.804	20.735	20.406	19.881	19.357	18.757	18.054	16.911	15.318
30	21.082	21.1	21.025	20.702	20.185	19.658	19.05	18.334	17.164	15.539
35	21.335	21.34	21.253	20.937	20.435	19.908	19.292	18.565	17.374	15.734
40	21.528	21.515	21.411	21.104	20.624	20.099	19.479	18.743	17.537	15.898
45	21.654	21.615	21.49	21.196	20.747	20.229	19.608	18.865	17.651	16.027
50	21.705	21.636	21.487	21.211	20.801	20.295	19.675	18.929	17.716	16.121
55	21.669	21.566	21.388	21.129	20.76	20.27	19.656	18.911	17.707	16.156
60	21.513	21.382	21.173	20.887	20.517	20.044	19.439	18.705	17.522	16.076
65	21.287	21.129	20.89	20.572	20.178	19.703	19.112	18.399	17.252	15.961
70	21.032	20.847	20.579	20.231	19.805	19.303	18.715	18.023	16.941	15.801
75	20.745	20.533	20.238	19.86	19.403	18.87	18.264	17.576	16.6	15.588
80	20.421	20.185	19.863	19.457	18.971	18.408	17.771	17.066	16.223	15.316
85	20.087	19.831	19.488	19.06	18.55	17.961	17.299	16.567	15.77	14.916
90	19.77	19.499	19.138	18.691	18.161	17.55	16.864	16.108	15.286	-

ตารางที่ ค.11 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.791	17.962	18.096	18.195	18.256	18.28	18.269	18.222
5	17.61	17.863	18.081	18.261	18.404	18.507	18.572	18.599	18.588
10	17.681	17.98	18.242	18.464	18.647	18.789	18.89	18.95	18.97
15	17.794	18.135	18.438	18.699	18.918	19.093	19.225	19.313	19.358
20	17.944	18.324	18.662	18.957	19.207	19.411	19.568	19.678	19.741
25	18.123	18.537	18.907	19.23	19.505	19.731	19.907	20.033	20.108
30	18.325	18.767	19.162	19.508	19.803	20.045	20.233	20.368	20.448
35	18.539	19.005	19.42	19.782	20.089	20.341	20.535	20.672	20.751
40	18.758	19.24	19.668	20.04	20.354	20.609	20.802	20.935	21.005
45	18.971	19.463	19.899	20.274	20.588	20.839	21.025	21.147	21.203
50	19.168	19.665	20.101	20.473	20.781	21.022	21.194	21.299	21.334
55	19.315	19.81	20.24	20.604	20.9	21.125	21.278	21.36	21.369
60	19.277	19.767	20.19	20.542	20.822	21.028	21.159	21.215	21.196
65	19.159	19.643	20.056	20.395	20.659	20.846	20.955	20.986	20.939
70	19.021	19.5	19.905	20.233	20.482	20.652	20.741	20.75	20.679
75	18.852	19.327	19.725	20.042	20.279	20.433	20.505	20.493	20.4
80	18.639	19.11	19.5	19.807	20.031	20.171	20.225	20.194	20.079
85	18.33	18.798	19.182	19.482	19.695	19.822	19.861	19.814	19.681
90	18.024	18.498	18.886	19.187	19.399	19.522	19.557	19.502	19.359

ตารางที่ ค.12 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท – AZ40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.141	18.028	17.844	17.383	16.852	16.308	15.728	15.057	14.069	12.684
5	18.541	18.458	18.299	17.852	17.307	16.751	16.17	15.487	14.459	13.007
10	18.95	18.892	18.753	18.316	17.756	17.194	16.602	15.905	14.836	13.321
15	19.36	19.32	19.195	18.765	18.191	17.62	17.015	16.302	15.193	13.618
20	19.758	19.729	19.612	19.187	18.6	18.021	17.402	16.672	15.523	13.896
25	20.133	20.109	19.993	19.571	18.976	18.387	17.753	17.006	15.82	14.148
30	20.475	20.449	20.328	19.908	19.307	18.709	18.063	17.298	16.078	14.372
35	20.772	20.737	20.605	20.186	19.587	18.982	18.323	17.542	16.292	14.563
40	21.015	20.963	20.816	20.399	19.808	19.198	18.529	17.732	16.459	14.719
45	21.194	21.12	20.953	20.54	19.965	19.353	18.676	17.867	16.575	14.838
50	21.301	21.199	21.008	20.605	20.053	19.444	18.762	17.945	16.64	14.935
55	21.307	21.174	20.956	20.57	20.05	19.451	18.77	17.964	16.646	15.037
60	21.103	20.935	20.692	20.336	19.859	19.282	18.608	17.816	16.507	15.048
65	20.815	20.614	20.34	19.993	19.55	18.997	18.335	17.564	16.29	14.987
70	20.528	20.299	19.994	19.615	19.163	18.632	17.988	17.24	16.04	14.882
75	20.224	19.969	19.637	19.229	18.749	18.201	17.566	16.845	15.759	14.729
80	19.881	19.601	19.242	18.807	18.3	17.723	17.084	16.377	15.428	14.521
85	19.463	19.162	18.781	18.323	17.791	17.192	16.529	15.811	15.022	14.214
90	19.13	18.816	18.421	17.947	17.4	16.783	16.104	15.371	14.596	-

ตารางที่ ค.13 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.593	17.568	17.509	17.419	17.297	17.146	16.967	16.764
5	17.61	17.667	17.69	17.679	17.634	17.558	17.451	17.315	17.151
10	17.683	17.787	17.856	17.891	17.891	17.857	17.79	17.692	17.564
15	17.801	17.951	18.064	18.141	18.181	18.186	18.155	18.091	17.994
20	17.961	18.153	18.307	18.422	18.499	18.537	18.537	18.501	18.43
25	18.156	18.387	18.577	18.726	18.834	18.901	18.927	18.914	18.861
30	18.381	18.646	18.868	19.046	19.179	19.269	19.315	19.317	19.277
35	18.627	18.921	19.169	19.37	19.523	19.629	19.688	19.7	19.666
40	18.886	19.203	19.471	19.689	19.856	19.972	20.037	20.052	20.017
45	19.147	19.482	19.764	19.992	20.167	20.286	20.351	20.362	20.319
50	19.402	19.748	20.038	20.27	20.445	20.562	20.62	20.62	20.563
55	19.614	19.966	20.258	20.49	20.66	20.768	20.814	20.798	20.721
60	19.632	19.993	20.291	20.523	20.689	20.789	20.823	20.792	20.696
65	19.516	19.888	20.19	20.421	20.582	20.672	20.693	20.644	20.527
70	19.278	19.661	19.967	20.197	20.35	20.429	20.433	20.365	20.225
75	18.901	19.296	19.606	19.834	19.979	20.045	20.032	19.943	19.778
80	18.358	18.767	19.083	19.308	19.446	19.498	19.468	19.357	19.168
85	17.588	18.015	18.339	18.564	18.695	18.736	18.689	18.559	18.348
90	16.705	17.162	17.505	17.742	17.878	17.918	17.866	17.726	17.503

ตารางที่ ก.14 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.537	16.29	15.975	15.341	14.652	14.159	13.423	12.773	11.975	11.144
5	16.963	16.752	16.466	15.809	15.105	14.615	13.865	13.202	12.385	11.531
10	17.409	17.229	16.967	16.284	15.565	15.069	14.302	13.624	12.785	11.907
15	17.867	17.711	17.467	16.754	16.018	15.513	14.725	14.032	13.168	12.266
20	18.325	18.188	17.955	17.211	16.454	15.938	15.126	14.417	13.526	12.603
25	18.772	18.646	18.419	17.644	16.864	16.335	15.497	14.772	13.853	12.911
30	19.196	19.076	18.847	18.043	17.237	16.695	15.83	15.092	14.143	13.187
35	19.587	19.465	19.228	18.397	17.567	17.011	16.118	15.369	14.39	13.426
40	19.933	19.802	19.551	18.699	17.844	17.276	16.354	15.597	14.589	13.622
45	20.223	20.077	19.807	18.939	18.061	17.482	16.533	15.773	14.736	13.774
50	20.449	20.28	19.986	19.112	18.213	17.626	16.651	15.892	14.828	13.878
55	20.584	20.389	20.067	19.197	18.286	17.692	16.696	15.945	14.857	13.931
60	20.536	20.315	19.968	19.12	18.235	17.621	16.616	15.89	14.793	13.916
65	20.343	20.095	19.725	18.914	18.067	17.439	16.465	15.744	14.649	13.843
70	20.015	19.739	19.347	18.588	17.791	17.154	16.242	15.513	14.431	13.717
75	19.542	19.237	18.827	18.136	17.4	16.761	15.922	15.195	14.224	13.54
80	18.906	18.572	18.15	17.542	16.876	16.248	15.489	14.778	13.943	13.318
85	18.061	17.703	17.277	16.762	16.169	15.574	14.898	14.254	13.586	13.07
90	17.202	16.828	16.387	15.887	15.337	14.767	14.201	13.636	13.165	-

ตารางที่ ค.15 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.384	17.151	16.888	16.598	16.283	15.946	15.591	15.221
5	17.611	17.459	17.275	17.062	16.821	16.555	16.265	15.957	15.632
10	17.685	17.583	17.449	17.284	17.091	16.871	16.627	16.361	16.078
15	17.809	17.755	17.669	17.551	17.402	17.226	17.024	16.798	16.552
20	17.979	17.972	17.931	17.856	17.75	17.613	17.448	17.257	17.044
25	18.192	18.228	18.229	18.194	18.125	18.024	17.891	17.73	17.543
30	18.441	18.517	18.556	18.556	18.52	18.449	18.343	18.206	18.039
35	18.72	18.832	18.903	18.934	18.925	18.877	18.793	18.672	18.519
40	19.02	19.163	19.262	19.317	19.329	19.299	19.228	19.119	18.971
45	19.334	19.501	19.621	19.694	19.721	19.702	19.639	19.532	19.385
50	19.65	19.835	19.971	20.055	20.09	20.076	20.013	19.903	19.747
55	19.933	20.133	20.279	20.37	20.408	20.392	20.324	20.205	20.037
60	20.052	20.272	20.434	20.536	20.58	20.566	20.495	20.369	20.19
65	20.092	20.33	20.503	20.613	20.659	20.643	20.566	20.431	20.238
70	20.086	20.335	20.514	20.624	20.667	20.644	20.556	20.405	20.194
75	20.017	20.27	20.449	20.555	20.589	20.553	20.449	20.279	20.045
80	19.869	20.122	20.295	20.391	20.411	20.358	20.234	20.041	19.783
85	19.567	19.814	19.978	20.061	20.065	19.993	19.847	19.63	19.346
90	19.116	19.359	19.513	19.581	19.566	19.472	19.302	19.061	18.751

ตารางที่ ค.16 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.84	14.452	14.023	13.42	12.731	12.119	11.709	11.497	11.302	11.113
5	15.294	14.947	14.552	13.956	13.258	12.623	12.19	11.944	11.676	11.51
10	15.78	15.47	15.104	14.508	13.796	13.133	12.673	12.391	12.04	11.882
15	16.288	16.01	15.667	15.066	14.334	13.637	13.147	12.828	12.399	12.202
20	16.809	16.557	16.231	15.617	14.86	14.127	13.602	13.245	12.754	12.466
25	17.332	17.099	16.783	16.151	15.363	14.592	14.027	13.633	13.083	12.717
30	17.844	17.624	17.311	16.654	15.83	15.019	14.412	13.983	13.376	12.949
35	18.334	18.12	17.803	17.114	16.249	15.395	14.749	14.288	13.629	13.157
40	18.789	18.574	18.245	17.52	16.61	15.712	15.028	14.54	13.836	13.342
45	19.198	18.973	18.626	17.859	16.902	15.961	15.243	14.736	13.996	13.503
50	19.548	19.308	18.936	18.123	17.118	16.135	15.39	14.871	14.108	13.647
55	19.821	19.56	19.159	18.299	17.248	16.233	15.466	14.947	14.192	13.8
60	19.96	19.681	19.255	18.358	17.276	16.248	15.48	14.963	14.261	13.928
65	19.991	19.692	19.241	18.31	17.205	16.182	15.431	14.926	14.308	13.95
70	19.926	19.602	19.123	18.163	17.044	16.038	15.32	14.844	14.348	13.994
75	19.752	19.402	18.893	17.909	16.788	15.817	15.151	14.745	14.268	14.081
80	19.462	19.084	18.546	17.547	16.44	15.523	14.931	14.672	14.147	14.076
85	18.999	18.593	18.032	17.034	15.964	15.13	14.642	14.48	13.981	14.005
90	18.377	17.946	17.365	16.385	15.395	14.674	14.341	14.162	13.749	-

ตารางที่ ค.17 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.586	17.262	16.907	16.524	16.116	15.688	15.242	14.784	14.316
5	17.611	17.337	17.033	16.701	16.344	15.966	15.57	15.16	14.741
10	17.687	17.464	17.21	16.928	16.622	16.292	15.944	15.581	15.206
15	17.814	17.641	17.437	17.205	16.946	16.663	16.36	16.04	15.706
20	17.99	17.866	17.71	17.524	17.31	17.071	16.809	16.528	16.231
25	18.212	18.135	18.025	17.882	17.709	17.509	17.284	17.036	16.77
30	18.476	18.442	18.373	18.269	18.134	17.967	17.773	17.554	17.312
35	18.774	18.78	18.747	18.678	18.574	18.436	18.267	18.07	17.846
40	19.1	19.14	19.139	19.098	19.02	18.904	18.754	18.571	18.358
45	19.443	19.512	19.537	19.519	19.46	19.359	19.221	19.046	18.837
50	19.795	19.887	19.931	19.929	19.882	19.79	19.656	19.482	19.269
55	20.119	20.23	20.29	20.3	20.26	20.172	20.037	19.858	19.636
60	20.281	20.421	20.504	20.532	20.505	20.425	20.294	20.114	19.887
65	20.364	20.531	20.635	20.678	20.661	20.587	20.456	20.273	20.038
70	20.398	20.586	20.705	20.758	20.745	20.67	20.535	20.343	20.096
75	20.366	20.57	20.698	20.754	20.74	20.66	20.515	20.309	20.046
80	20.252	20.465	20.597	20.651	20.632	20.541	20.382	20.159	19.876
85	19.977	20.195	20.327	20.377	20.349	20.245	20.071	19.829	19.525
90	19.555	19.775	19.903	19.944	19.903	19.784	19.591	19.33	19.004

ตารางที่ ค.18 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (กท - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	13.845	13.374	12.884	12.378	11.926	11.581	11.313	11.068	10.73	10.253
5	14.315	13.889	13.435	12.93	12.443	12.083	11.798	11.535	11.146	10.598
10	14.824	14.438	14.015	13.504	12.973	12.592	12.283	11.996	11.553	10.932
15	15.362	15.012	14.615	14.091	13.508	13.096	12.759	12.444	11.944	11.246
20	15.92	15.601	15.223	14.677	14.043	13.587	13.217	12.87	12.311	11.535
25	16.487	16.192	15.826	15.252	14.559	14.054	13.648	13.266	12.647	11.793
30	17.051	16.773	16.413	15.8	15.043	14.487	14.042	13.623	12.946	12.024
35	17.599	17.331	16.968	16.31	15.484	14.877	14.391	13.933	13.2	12.219
40	18.118	17.853	17.48	16.768	15.869	15.212	14.686	14.19	13.404	12.378
45	18.596	18.326	17.934	17.162	16.188	15.486	14.921	14.387	13.554	12.508
50	19.02	18.738	18.32	17.48	16.432	15.691	15.089	14.52	13.646	12.595
55	19.373	19.074	18.625	17.712	16.591	15.82	15.186	14.584	13.677	12.637
60	19.616	19.303	18.83	17.843	16.676	15.868	15.208	14.578	13.646	12.658
65	19.756	19.429	18.93	17.871	16.675	15.834	15.154	14.524	13.57	12.733
70	19.798	19.453	18.923	17.792	16.584	15.722	15.049	14.432	13.45	12.804
75	19.728	19.36	18.799	17.597	16.396	15.566	14.882	14.279	13.319	12.845
80	19.536	19.144	18.55	17.282	16.11	15.332	14.647	14.067	13.187	12.856
85	19.164	18.749	18.126	16.801	15.729	14.986	14.322	13.793	13.018	12.839
90	18.62	18.184	17.535	16.187	15.227	14.53	13.904	13.452	12.857	-

ตารางที่ ค.19 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.15	16.763	16.349	15.912	15.455	14.983	14.5	14.011
5	17.533	17.226	16.889	16.526	16.139	15.733	15.312	14.878	14.437
10	17.609	17.353	17.067	16.754	16.418	16.062	15.688	15.302	14.906
15	17.736	17.531	17.295	17.032	16.744	16.435	16.107	15.765	15.412
20	17.914	17.757	17.57	17.355	17.113	16.848	16.562	16.26	15.944
25	18.138	18.029	17.888	17.716	17.517	17.292	17.044	16.776	16.492
30	18.405	18.34	18.241	18.11	17.948	17.758	17.543	17.305	17.047
35	18.708	18.683	18.623	18.527	18.398	18.238	18.049	17.834	17.595
40	19.039	19.051	19.023	18.957	18.855	18.718	18.549	18.35	18.124
45	19.391	19.432	19.432	19.389	19.308	19.188	19.032	18.842	18.621
50	19.717	19.787	19.811	19.79	19.726	19.619	19.472	19.287	19.066
55	19.886	19.999	20.059	20.068	20.027	19.94	19.807	19.632	19.416
60	19.982	20.137	20.232	20.269	20.252	20.181	20.061	19.892	19.679
65	20.04	20.232	20.357	20.417	20.416	20.356	20.242	20.075	19.859
70	20.04	20.264	20.412	20.49	20.5	20.446	20.333	20.162	19.938
75	19.966	20.216	20.383	20.473	20.489	20.436	20.318	20.14	19.904
80	19.812	20.083	20.263	20.359	20.376	20.319	20.193	20.001	19.75
85	19.519	19.806	19.995	20.093	20.106	20.041	19.903	19.697	19.429
90	19.098	19.396	19.587	19.682	19.689	19.612	19.459	19.236	18.948

ตารางที่ ก.20 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	13.52	12.989	12.399	11.939	11.599	11.302	11.058	10.871	10.578	10.186
5	13.993	13.5	12.913	12.428	12.065	11.767	11.507	11.302	10.969	10.517
10	14.506	14.046	13.456	12.936	12.553	12.237	11.956	11.729	11.352	10.837
15	15.051	14.619	14.018	13.453	13.045	12.703	12.396	12.144	11.722	11.143
20	15.617	15.208	14.59	13.971	13.53	13.158	12.821	12.54	12.07	11.427
25	16.195	15.802	15.157	14.477	13.999	13.592	13.221	12.91	12.39	11.685
30	16.772	16.387	15.709	14.961	14.44	13.995	13.588	13.247	12.677	11.919
35	17.336	16.952	16.231	15.413	14.844	14.358	13.914	13.543	12.925	12.124
40	17.873	17.483	16.712	15.82	15.202	14.674	14.193	13.793	13.127	12.294
45	18.371	17.967	17.137	16.173	15.503	14.935	14.417	13.992	13.281	12.426
50	18.812	18.389	17.494	16.463	15.741	15.134	14.581	14.134	13.383	12.553
55	19.163	18.726	17.767	16.677	15.909	15.265	14.681	14.217	13.429	12.667
60	19.425	18.971	17.948	16.812	15.999	15.324	14.735	14.254	13.432	12.748
65	19.597	19.123	18.032	16.861	16.034	15.338	14.742	14.251	13.422	12.836
70	19.665	19.166	18.005	16.816	15.999	15.288	14.688	14.19	13.363	12.903
75	19.615	19.089	17.859	16.671	15.882	15.167	14.572	14.075	13.269	12.94
80	19.443	18.888	17.589	16.448	15.68	14.972	14.396	13.907	13.162	12.948
85	19.103	18.519	17.158	16.112	15.362	14.678	14.139	13.68	13.054	12.925
90	18.601	17.99	16.626	15.649	14.932	14.286	13.8	13.389	12.971	-

ตารางที่ ค.21 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.341	17.143	16.916	16.661	16.381	16.078	15.757	15.419
5	17.533	17.416	17.267	17.088	16.882	16.65	16.394	16.118	15.824
10	17.607	17.539	17.439	17.308	17.148	16.962	16.75	16.517	16.263
15	17.729	17.709	17.656	17.571	17.455	17.311	17.14	16.945	16.728
20	17.897	17.922	17.913	17.871	17.797	17.691	17.557	17.395	17.209
25	18.106	18.174	18.206	18.203	18.164	18.093	17.99	17.857	17.696
30	18.35	18.457	18.526	18.557	18.55	18.507	18.43	18.319	18.178
35	18.623	18.765	18.865	18.925	18.944	18.924	18.866	18.772	18.642
40	18.916	19.087	19.214	19.296	19.336	19.333	19.288	19.202	19.078
45	19.221	19.415	19.562	19.662	19.715	19.721	19.683	19.6	19.474
50	19.49	19.706	19.87	19.983	20.046	20.058	20.021	19.936	19.804
55	19.592	19.837	20.026	20.158	20.235	20.257	20.224	20.14	20.004
60	19.604	19.88	20.092	20.242	20.33	20.359	20.329	20.242	20.1
65	19.564	19.866	20.097	20.259	20.355	20.386	20.353	20.259	20.107
70	19.451	19.775	20.021	20.192	20.291	20.319	20.28	20.175	20.008
75	19.251	19.594	19.851	20.027	20.124	20.146	20.097	19.978	19.793
80	18.962	19.319	19.583	19.759	19.851	19.864	19.8	19.665	19.46
85	18.523	18.893	19.16	19.334	19.418	19.419	19.34	19.186	18.961
90	17.948	18.325	18.594	18.761	18.836	18.822	18.726	18.551	18.305

ตารางที่ ค.22 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.069	14.665	14.029	13.399	12.761	12.094	11.568	11.17	10.64	10.041
5	15.516	15.146	14.504	13.855	13.21	12.533	11.993	11.589	11.02	10.356
10	15.994	15.653	14.998	14.322	13.666	12.973	12.415	12.001	11.391	10.661
15	16.492	16.175	15.505	14.797	14.119	13.408	12.829	12.4	11.746	10.953
20	17.001	16.702	16.019	15.273	14.562	13.828	13.226	12.778	12.079	11.23
25	17.51	17.223	16.52	15.73	14.986	14.227	13.6	13.128	12.383	11.487
30	18.007	17.725	16.997	16.161	15.382	14.596	13.944	13.443	12.652	11.734
35	18.48	18.197	17.436	16.553	15.74	14.926	14.251	13.717	12.881	11.96
40	18.918	18.625	17.827	16.898	16.055	15.212	14.514	13.958	13.066	12.159
45	19.308	19	18.159	17.187	16.317	15.446	14.729	14.154	13.201	12.33
50	19.627	19.3	18.414	17.405	16.518	15.624	14.891	14.299	13.318	12.47
55	19.819	19.476	18.553	17.524	16.637	15.736	14.995	14.392	13.394	12.614
60	19.906	19.545	18.586	17.551	16.678	15.778	15.04	14.43	13.423	12.739
65	19.898	19.517	18.524	17.506	16.645	15.753	15.024	14.413	13.405	12.836
70	19.781	19.378	18.354	17.379	16.531	15.655	14.945	14.34	13.364	12.903
75	19.546	19.121	18.093	17.158	16.331	15.482	14.8	14.212	13.297	12.94
80	19.191	18.744	17.729	16.844	16.046	15.235	14.589	14.028	13.21	12.948
85	18.669	18.204	17.217	16.398	15.639	14.88	14.285	13.768	13.143	12.925
90	17.991	17.511	16.589	15.828	15.117	14.425	13.892	13.436	13.031	-

ตารางที่ ก.23 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.603	17.664	17.692	17.686	17.648	17.578	17.476	17.346
5	17.532	17.675	17.784	17.859	17.898	17.904	17.876	17.815	17.723
10	17.604	17.793	17.948	18.066	18.148	18.194	18.204	18.179	18.12
15	17.719	17.953	18.149	18.308	18.429	18.511	18.554	18.56	18.53
20	17.874	18.148	18.383	18.578	18.732	18.846	18.918	18.949	18.941
25	18.062	18.372	18.641	18.868	19.051	19.19	19.284	19.335	19.343
30	18.276	18.618	18.916	19.168	19.374	19.533	19.644	19.708	19.725
35	18.507	18.875	19.197	19.469	19.692	19.864	19.985	20.056	20.076
40	18.748	19.136	19.475	19.761	19.995	20.174	20.299	20.369	20.385
45	18.988	19.391	19.74	20.034	20.272	20.451	20.573	20.636	20.641
50	19.182	19.595	19.951	20.248	20.484	20.659	20.773	20.824	20.813
55	19.212	19.636	19.998	20.297	20.532	20.701	20.805	20.843	20.816
60	19.168	19.598	19.962	20.258	20.486	20.645	20.735	20.756	20.708
65	19.075	19.508	19.869	20.159	20.375	20.52	20.591	20.59	20.517
70	18.912	19.341	19.695	19.973	20.174	20.299	20.348	20.322	20.221
75	18.673	19.094	19.435	19.697	19.878	19.98	20.004	19.949	19.818
80	18.406	18.82	19.152	19.4	19.565	19.648	19.649	19.571	19.414
85	18.105	18.519	18.846	19.087	19.242	19.313	19.3	19.206	19.031
90	17.843	18.265	18.597	18.841	18.996	19.065	19.048	18.947	18.765

ตารางที่ ก.24 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.189	16.971	16.651	16.377	16.075	15.693	15.342	14.829	14.176	13.439
5	17.601	17.413	17.107	16.85	16.582	16.202	15.883	15.369	14.694	13.951
10	18.03	17.866	17.57	17.314	17.072	16.701	16.383	15.885	15.186	14.43
15	18.464	18.32	18.029	17.768	17.54	17.181	16.858	16.367	15.64	14.867
20	18.894	18.763	18.474	18.205	17.984	17.628	17.295	16.804	16.047	15.252
25	19.309	19.185	18.893	18.613	18.391	18.032	17.684	17.183	16.396	15.577
30	19.696	19.573	19.275	18.981	18.752	18.383	18.015	17.497	16.68	15.834
35	20.046	19.917	19.61	19.3	19.054	18.671	18.281	17.737	16.892	16.019
40	20.347	20.207	19.887	19.56	19.292	18.887	18.47	17.896	17.026	16.129
45	20.589	20.433	20.098	19.753	19.459	19.026	18.578	17.971	17.081	16.165
50	20.742	20.566	20.216	19.853	19.527	19.066	18.586	17.945	17.044	16.121
55	20.724	20.529	20.17	19.795	19.437	18.953	18.446	17.779	16.881	15.978
60	20.592	20.377	20.01	19.625	19.234	18.728	18.196	17.508	16.598	15.738
65	20.374	20.135	19.764	19.367	18.94	18.413	17.845	17.151	16.24	15.435
70	20.047	19.786	19.414	19.006	18.542	17.998	17.393	16.707	15.814	15.034
75	19.612	19.329	18.962	18.54	18.041	17.485	16.855	16.177	15.32	14.595
80	19.18	18.874	18.495	18.052	17.537	16.973	16.341	15.656	14.86	14.189
85	18.779	18.453	18.056	17.593	17.068	16.488	15.86	15.187	14.458	13.773
90	18.504	18.168	17.761	17.286	16.751	16.161	15.526	14.858	14.172	-

ตารางที่ ค.25 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.812	18.081	18.314	18.508	18.663	18.779	18.854	18.891
5	17.532	17.884	18.199	18.476	18.713	18.909	19.063	19.175	19.244
10	17.602	17.998	18.356	18.673	18.949	19.181	19.369	19.511	19.609
15	17.712	18.148	18.545	18.899	19.208	19.472	19.687	19.855	19.974
20	17.856	18.329	18.759	19.145	19.482	19.771	20.008	20.195	20.329
25	18.027	18.531	18.99	19.401	19.761	20.068	20.322	20.52	20.663
30	18.216	18.746	19.228	19.658	20.034	20.354	20.616	20.82	20.965
35	18.415	18.964	19.462	19.905	20.291	20.617	20.882	21.085	21.224
40	18.613	19.176	19.684	20.134	20.522	20.848	21.109	21.303	21.431
45	18.801	19.371	19.883	20.333	20.718	21.036	21.286	21.467	21.577
50	18.934	19.506	20.015	20.459	20.835	21.14	21.374	21.535	21.621
55	18.893	19.463	19.968	20.404	20.768	21.059	21.274	21.413	21.475
60	18.791	19.361	19.862	20.29	20.643	20.92	21.119	21.238	21.278
65	18.683	19.252	19.748	20.17	20.514	20.778	20.962	21.064	21.084
70	18.542	19.108	19.598	20.011	20.344	20.595	20.762	20.846	20.845
75	18.381	18.943	19.428	19.833	20.155	20.394	20.547	20.614	20.595
80	18.194	18.752	19.231	19.628	19.94	20.166	20.304	20.355	20.318
85	17.966	18.522	18.998	19.389	19.694	19.911	20.039	20.077	20.026
90	17.736	18.295	18.771	19.161	19.464	19.676	19.797	19.827	19.766

ตารางที่ ก.26 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.888	18.807	18.519	18.122	17.69	17.202	16.631	15.998	15.105	13.961
5	19.272	19.217	18.947	18.544	18.113	17.621	17.044	16.4	15.48	14.298
10	19.661	19.627	19.371	18.962	18.531	18.033	17.448	16.792	15.843	14.622
15	20.045	20.025	19.782	19.37	18.934	18.43	17.836	17.166	16.189	14.929
20	20.412	20.401	20.167	19.759	19.314	18.803	18.199	17.517	16.512	15.211
25	20.751	20.743	20.517	20.114	19.663	19.145	18.532	17.837	16.806	15.467
30	21.05	21.04	20.82	20.425	19.972	19.448	18.827	18.121	17.066	15.701
35	21.301	21.282	21.069	20.685	20.234	19.706	19.078	18.363	17.288	15.903
40	21.492	21.46	21.254	20.888	20.442	19.913	19.281	18.558	17.469	16.072
45	21.616	21.567	21.369	21.027	20.593	20.066	19.432	18.705	17.605	16.206
50	21.634	21.565	21.379	21.069	20.652	20.13	19.498	18.77	17.668	16.284
55	21.46	21.368	21.193	20.915	20.521	20.011	19.389	18.666	17.572	16.227
60	21.238	21.119	20.922	20.648	20.276	19.782	19.173	18.459	17.384	16.11
65	21.021	20.878	20.655	20.354	19.969	19.487	18.898	18.196	17.152	15.979
70	20.76	20.592	20.343	20.014	19.607	19.127	18.559	17.872	16.881	15.819
75	20.49	20.3	20.027	19.672	19.24	18.732	18.154	17.487	16.573	15.623
80	20.193	19.982	19.686	19.308	18.851	18.318	17.714	17.043	16.238	15.381
85	19.885	19.656	19.342	18.944	18.466	17.912	17.287	16.597	15.847	15.048
90	19.613	19.372	19.043	18.629	18.134	17.563	16.92	16.213	15.451	-

ตารางที่ ค.27 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.872	18.2	18.49	18.742	18.952	19.12	19.246	19.329
5	17.532	17.943	18.317	18.651	18.944	19.194	19.4	19.561	19.676
10	17.601	18.056	18.472	18.846	19.177	19.462	19.7	19.89	20.032
15	17.709	18.204	18.657	19.067	19.43	19.745	20.009	20.223	20.384
20	17.851	18.38	18.866	19.306	19.695	20.034	20.318	20.549	20.724
25	18.017	18.576	19.089	19.552	19.963	20.318	20.617	20.857	21.038
30	18.199	18.783	19.316	19.797	20.221	20.587	20.893	21.137	21.318
35	18.388	18.99	19.538	20.029	20.461	20.831	21.137	21.377	21.551
40	18.574	19.187	19.744	20.24	20.672	21.039	21.339	21.569	21.729
45	18.748	19.366	19.924	20.418	20.845	21.203	21.489	21.703	21.843
50	18.87	19.488	20.042	20.529	20.947	21.291	21.56	21.754	21.87
55	18.841	19.461	20.013	20.495	20.904	21.237	21.493	21.669	21.765
60	18.747	19.365	19.915	20.391	20.791	21.112	21.353	21.512	21.589
65	18.634	19.25	19.795	20.264	20.654	20.963	21.19	21.331	21.388
70	18.491	19.105	19.644	20.105	20.485	20.781	20.992	21.117	21.153
75	18.315	18.925	19.458	19.91	20.279	20.562	20.758	20.865	20.882
80	18.113	18.718	19.244	19.687	20.045	20.315	20.496	20.586	20.584
85	17.869	18.473	18.996	19.434	19.784	20.045	20.214	20.291	20.275
90	17.611	18.217	18.739	19.175	19.522	19.776	19.938	20.005	19.976

ตารางที่ ค.28 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	19.37	19.328	19.052	18.692	18.282	17.818	17.267	16.654	15.761	14.579
5	19.747	19.73	19.473	19.108	18.7	18.234	17.677	17.054	16.133	14.906
10	20.125	20.127	19.889	19.52	19.113	18.642	18.078	17.443	16.493	15.223
15	20.494	20.51	20.288	19.917	19.51	19.034	18.461	17.814	16.836	15.524
20	20.843	20.867	20.659	20.289	19.883	19.401	18.821	18.161	17.156	15.805
25	21.16	21.186	20.991	20.628	20.224	19.737	19.149	18.477	17.446	16.061
30	21.435	21.458	21.275	20.924	20.524	20.034	19.439	18.757	17.702	16.289
35	21.657	21.671	21.502	21.171	20.777	20.285	19.685	18.995	17.92	16.485
40	21.818	21.818	21.664	21.361	20.976	20.486	19.883	19.186	18.097	16.66
45	21.908	21.892	21.757	21.49	21.118	20.633	20.03	19.329	18.23	16.802
50	21.909	21.87	21.748	21.518	21.165	20.688	20.089	19.387	18.285	16.881
55	21.781	21.717	21.573	21.343	21.008	20.544	19.954	19.253	18.158	16.822
60	21.582	21.493	21.322	21.07	20.733	20.283	19.705	19.009	17.93	16.682
65	21.359	21.246	21.048	20.768	20.407	19.957	19.398	18.712	17.669	16.513
70	21.103	20.965	20.742	20.434	20.044	19.574	19.017	18.345	17.36	16.312
75	20.81	20.65	20.401	20.067	19.648	19.149	18.573	17.906	16.998	16.052
80	20.491	20.308	20.035	19.675	19.23	18.703	18.098	17.418	16.61	15.737
85	20.165	19.963	19.67	19.288	18.82	18.268	17.638	16.932	16.156	15.317
90	19.853	19.635	19.325	18.924	18.435	17.861	17.206	16.476	15.675	-

ตารางที่ ค.29 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.753	17.964	18.139	18.278	18.379	18.442	18.468	18.457
5	17.532	17.825	18.083	18.303	18.484	18.627	18.73	18.793	18.817
10	17.602	17.94	18.241	18.503	18.724	18.904	19.042	19.138	19.191
15	17.714	18.094	18.434	18.733	18.99	19.202	19.37	19.492	19.569
20	17.861	18.278	18.654	18.986	19.272	19.511	19.703	19.846	19.94
25	18.037	18.487	18.892	19.251	19.562	19.822	20.031	20.188	20.293
30	18.233	18.71	19.14	19.52	19.849	20.124	20.344	20.508	20.617
35	18.441	18.939	19.388	19.783	20.123	20.406	20.631	20.796	20.902
40	18.651	19.165	19.625	20.029	20.374	20.659	20.881	21.041	21.138
45	18.853	19.377	19.843	20.249	20.593	20.872	21.086	21.234	21.315
50	19.003	19.53	19.997	20.399	20.736	21.005	21.205	21.334	21.394
55	18.97	19.499	19.963	20.359	20.686	20.941	21.124	21.233	21.268
60	18.846	19.374	19.833	20.22	20.534	20.773	20.936	21.023	21.032
65	18.711	19.239	19.695	20.076	20.38	20.606	20.753	20.821	20.81
70	18.536	19.065	19.517	19.89	20.185	20.398	20.529	20.579	20.547
75	18.322	18.851	19.299	19.667	19.951	20.152	20.269	20.302	20.25
80	18.08	18.609	19.054	19.416	19.692	19.882	19.986	20.003	19.934
85	17.767	18.299	18.744	19.101	19.371	19.553	19.645	19.649	19.565
90	17.462	18.002	18.453	18.814	19.084	19.263	19.351	19.349	19.256

ตารางที่ ค.30 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.411	18.288	17.919	17.5	17.049	16.521	15.925	15.296	14.377	13.142
5	18.803	18.707	18.348	17.923	17.467	16.94	16.342	15.701	14.751	13.463
10	19.204	19.129	18.786	18.351	17.882	17.36	16.751	16.096	15.114	13.775
15	19.602	19.544	19.214	18.77	18.287	17.765	17.145	16.475	15.46	14.072
20	19.986	19.939	19.62	19.168	18.681	18.149	17.516	16.83	15.783	14.352
25	20.346	20.303	19.993	19.537	19.045	18.503	17.857	17.156	16.076	14.609
30	20.671	20.626	20.324	19.867	19.371	18.82	18.161	17.445	16.336	14.839
35	20.949	20.898	20.603	20.15	19.653	19.093	18.422	17.693	16.558	15.039
40	21.171	21.108	20.822	20.38	19.882	19.316	18.636	17.896	16.737	15.211
45	21.328	21.249	20.974	20.55	20.056	19.486	18.798	18.049	16.871	15.374
50	21.383	21.285	21.025	20.627	20.141	19.571	18.88	18.124	16.935	15.497
55	21.23	21.113	20.877	20.516	20.048	19.484	18.807	18.048	16.85	15.491
60	20.966	20.824	20.606	20.284	19.842	19.292	18.628	17.877	16.706	15.426
65	20.719	20.551	20.307	19.978	19.559	19.028	18.382	17.642	16.508	15.342
70	20.433	20.24	19.968	19.621	19.201	18.685	18.06	17.336	16.256	15.21
75	20.115	19.899	19.603	19.229	18.782	18.264	17.662	16.959	15.964	15.025
80	19.779	19.542	19.223	18.826	18.354	17.811	17.202	16.518	15.636	14.789
85	19.394	19.138	18.799	18.382	17.888	17.324	16.694	16.005	15.253	14.467
90	19.075	18.807	18.455	18.022	17.513	16.931	16.285	15.581	14.833	-

ตารางที่ ค.31 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.513	17.485	17.425	17.333	17.212	17.061	16.884	16.683
5	17.533	17.586	17.606	17.594	17.548	17.472	17.366	17.231	17.069
10	17.605	17.706	17.772	17.805	17.804	17.77	17.704	17.607	17.481
15	17.723	17.869	17.979	18.054	18.094	18.098	18.068	18.004	17.91
20	17.882	18.07	18.221	18.335	18.41	18.448	18.449	18.414	18.345
25	18.077	18.304	18.491	18.639	18.746	18.812	18.839	18.826	18.776
30	18.301	18.562	18.781	18.957	19.09	19.18	19.226	19.23	19.192
35	18.547	18.837	19.082	19.282	19.434	19.541	19.6	19.614	19.582
40	18.806	19.119	19.385	19.601	19.768	19.884	19.951	19.967	19.935
45	19.068	19.399	19.679	19.906	20.08	20.2	20.266	20.279	20.24
50	19.287	19.632	19.921	20.155	20.332	20.451	20.512	20.516	20.464
55	19.3	19.667	19.973	20.217	20.4	20.52	20.578	20.575	20.511
60	19.066	19.47	19.803	20.066	20.259	20.385	20.443	20.435	20.361
65	18.323	18.807	19.201	19.509	19.735	19.882	19.954	19.952	19.878
70	17.739	18.188	18.556	18.845	19.06	19.202	19.273	19.276	19.212
75	16.96	17.46	17.863	18.175	18.401	18.547	18.615	18.607	18.528
80	16.057	16.555	16.955	17.267	17.496	17.648	17.725	17.73	17.668
85	15.534	15.95	16.33	16.645	16.871	17.013	17.075	17.062	16.977
90	15.006	15.433	15.769	16.024	16.207	16.347	16.402	16.378	16.28

ตารางที่ ก.32 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.459	16.156	15.612	15.007	14.519	13.77	13.293	12.712	11.933	11.379
5	16.883	16.611	16.053	15.429	14.955	14.178	13.715	13.138	12.339	11.789
10	17.329	17.083	16.505	15.857	15.395	14.587	14.135	13.557	12.736	12.185
15	17.785	17.56	16.959	16.285	15.829	14.99	14.544	13.96	13.118	12.562
20	18.243	18.032	17.406	16.705	16.25	15.379	14.935	14.342	13.479	12.912
25	18.69	18.488	17.835	17.106	16.648	15.749	15.301	14.693	13.812	13.231
30	19.115	18.915	18.236	17.481	17.016	16.091	15.636	15.009	14.113	13.512
35	19.507	19.304	18.601	17.822	17.345	16.399	15.932	15.281	14.374	13.75
40	19.855	19.642	18.918	18.121	17.628	16.668	16.185	15.506	14.594	13.941
45	20.148	19.92	19.181	18.37	17.858	16.891	16.388	15.677	14.766	14.081
50	20.356	20.109	19.363	18.548	18.015	17.051	16.527	15.783	14.88	14.165
55	20.388	20.125	19.387	18.583	18.035	17.093	16.554	15.786	14.908	14.181
60	20.225	19.95	19.235	18.459	17.903	16.999	16.454	15.674	14.847	14.133
65	19.737	19.46	18.792	18.065	17.517	16.677	16.145	15.396	14.681	14.028
70	19.083	18.831	18.254	17.62	17.117	16.38	15.882	15.142	14.493	13.869
75	18.38	18.121	17.606	17.031	16.536	15.87	15.416	14.741	14.216	13.661
80	17.54	17.323	16.935	16.48	16.057	15.513	15.064	14.45	13.94	13.418
85	16.826	16.607	16.299	15.907	15.515	15.031	14.584	14.066	13.594	13.145
90	16.112	15.88	15.587	15.242	14.867	14.463	14.031	13.589	13.196	-

ตารางที่ ก.33 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.262	16.986	16.681	16.351	15.997	15.625	15.236	14.836
5	17.533	17.337	17.11	16.855	16.574	16.27	15.946	15.604	15.25
10	17.608	17.462	17.285	17.079	16.846	16.589	16.31	16.013	15.701
15	17.732	17.635	17.506	17.348	17.161	16.948	16.713	16.456	16.183
20	17.904	17.854	17.771	17.657	17.513	17.342	17.145	16.925	16.685
25	18.119	18.114	18.074	18.001	17.896	17.761	17.598	17.409	17.197
30	18.373	18.409	18.408	18.372	18.301	18.197	18.063	17.899	17.709
35	18.658	18.731	18.765	18.76	18.718	18.64	18.528	18.383	18.208
40	18.967	19.072	19.134	19.156	19.136	19.078	18.982	18.849	18.683
45	19.291	19.422	19.508	19.549	19.546	19.5	19.413	19.286	19.121
50	19.585	19.74	19.846	19.903	19.913	19.876	19.793	19.667	19.498
55	19.722	19.91	20.044	20.124	20.151	20.126	20.051	19.928	19.759
60	19.789	20.009	20.168	20.267	20.308	20.293	20.223	20.1	19.926
65	19.825	20.07	20.247	20.359	20.408	20.396	20.324	20.195	20.012
70	19.81	20.072	20.261	20.38	20.431	20.416	20.337	20.198	20
75	19.727	20.001	20.196	20.316	20.364	20.341	20.25	20.096	19.879
80	19.572	19.853	20.048	20.163	20.201	20.166	20.059	19.885	19.647
85	19.276	19.563	19.757	19.865	19.891	19.839	19.713	19.517	19.255
90	18.857	19.143	19.332	19.429	19.441	19.371	19.225	19.005	18.719

ตารางที่ ก.34 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.427	13.975	13.376	12.692	12.095	11.675	11.425	11.397	11.258	11.07
5	14.885	14.47	13.88	13.191	12.577	12.125	11.848	11.79	11.679	11.525
10	15.377	14.993	14.409	13.709	13.07	12.587	12.279	12.152	12.051	11.927
15	15.895	15.537	14.952	14.236	13.564	13.055	12.706	12.538	12.391	12.274
20	16.428	16.091	15.499	14.76	14.049	13.514	13.121	12.913	12.677	12.605
25	16.965	16.642	16.036	15.27	14.515	13.95	13.514	13.266	12.953	12.888
30	17.495	17.18	16.554	15.753	14.951	14.353	13.876	13.589	13.211	13.13
35	18.006	17.691	17.038	16.199	15.351	14.713	14.198	13.875	13.45	13.322
40	18.485	18.163	17.478	16.595	15.7	15.023	14.473	14.117	13.659	13.502
45	18.92	18.583	17.86	16.931	15.991	15.274	14.694	14.312	13.832	13.67
50	19.289	18.934	18.171	17.195	16.214	15.46	14.859	14.459	13.98	13.829
55	19.545	19.175	18.378	17.366	16.357	15.575	14.964	14.569	14.113	13.989
60	19.705	19.319	18.489	17.446	16.425	15.632	15.009	14.634	14.227	14.059
65	19.777	19.37	18.508	17.437	16.414	15.619	14.997	14.657	14.33	14.122
70	19.747	19.316	18.423	17.33	16.319	15.534	14.934	14.646	14.425	14.243
75	19.605	19.149	18.228	17.125	16.14	15.379	14.826	14.645	14.359	14.303
80	19.348	18.865	17.924	16.821	15.876	15.171	14.684	14.673	14.327	14.288
85	18.932	18.424	17.474	16.389	15.502	14.884	14.532	14.517	14.173	14.297
90	18.37	17.84	16.892	15.865	15.047	14.532	14.387	14.302	14.019	-

ตารางที่ ค.35 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม – AZ160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.508	17.119	16.701	16.256	15.789	15.303	14.804	14.295	13.78
5	17.533	17.195	16.827	16.434	16.018	15.583	15.134	14.675	14.21
10	17.609	17.322	17.006	16.664	16.299	15.914	15.514	15.103	14.684
15	17.737	17.501	17.236	16.944	16.628	16.292	15.938	15.572	15.196
20	17.916	17.73	17.514	17.27	17.001	16.71	16.399	16.074	15.737
25	18.143	18.005	17.836	17.637	17.411	17.161	16.889	16.6	16.296
30	18.414	18.321	18.195	18.037	17.85	17.636	17.398	17.139	16.862
35	18.722	18.67	18.583	18.462	18.308	18.125	17.915	17.68	17.424
40	19.06	19.045	18.991	18.901	18.776	18.617	18.428	18.211	17.968
45	19.419	19.435	19.41	19.345	19.241	19.101	18.926	18.718	18.482
50	19.754	19.8	19.802	19.759	19.673	19.547	19.382	19.181	18.945
55	19.936	20.026	20.064	20.053	19.993	19.887	19.738	19.548	19.319
60	20.048	20.182	20.257	20.275	20.239	20.151	20.015	19.833	19.608
65	20.128	20.3	20.404	20.446	20.427	20.352	20.223	20.043	19.815
70	20.155	20.357	20.486	20.545	20.538	20.469	20.341	20.158	19.923
75	20.111	20.339	20.486	20.557	20.556	20.488	20.356	20.165	19.918
80	19.992	20.24	20.399	20.475	20.475	20.402	20.261	20.057	19.794
85	19.737	19.999	20.165	20.242	20.238	20.157	20.004	19.784	19.504
90	19.358	19.627	19.794	19.868	19.855	19.761	19.593	19.355	19.055

ตารางที่ ก.36 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ชม - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	13.266	12.739	12.238	11.823	11.488	11.238	11.02	10.844	10.597	10.251
5	13.744	13.255	12.759	12.317	11.971	11.708	11.473	11.278	10.992	10.587
10	14.263	13.808	13.31	12.832	12.468	12.184	11.927	11.709	11.38	10.915
15	14.815	14.389	13.883	13.358	12.968	12.658	12.374	12.129	11.754	11.228
20	15.391	14.988	14.467	13.885	13.462	13.12	12.806	12.53	12.107	11.52
25	15.98	15.594	15.048	14.402	13.941	13.562	13.213	12.906	12.433	11.787
30	16.57	16.194	15.616	14.906	14.394	13.975	13.588	13.249	12.726	12.024
35	17.149	16.774	16.155	15.377	14.81	14.349	13.924	13.552	12.979	12.226
40	17.702	17.322	16.654	15.803	15.181	14.676	14.212	13.808	13.189	12.389
45	18.218	17.824	17.099	16.171	15.496	14.949	14.445	14.014	13.35	12.526
50	18.679	18.266	17.477	16.47	15.749	15.159	14.619	14.163	13.459	12.627
55	19.054	18.626	17.772	16.69	15.93	15.303	14.729	14.253	13.514	12.7
60	19.343	18.898	17.978	16.841	16.035	15.374	14.772	14.282	13.514	12.785
65	19.543	19.077	18.086	16.907	16.059	15.371	14.745	14.252	13.465	12.836
70	19.64	19.147	18.085	16.88	15.998	15.296	14.692	14.195	13.41	12.903
75	19.62	19.099	17.966	16.754	15.881	15.181	14.58	14.082	13.309	12.94
80	19.478	18.926	17.722	16.524	15.692	14.994	14.407	13.916	13.192	12.948
85	19.168	18.585	17.318	16.164	15.389	14.709	14.156	13.694	13.061	12.925
90	18.698	18.084	16.759	15.717	14.976	14.329	13.826	13.411	12.974	-

ตารางที่ ก.37 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.538	17.207	16.849	16.466	16.062	15.641	15.206	14.762
5	17.864	17.614	17.335	17.028	16.696	16.343	15.971	15.586	15.189
10	17.941	17.742	17.514	17.258	16.976	16.672	16.348	16.009	15.658
15	18.069	17.921	17.743	17.536	17.302	17.044	16.766	16.47	16.159
20	18.246	18.148	18.018	17.857	17.669	17.454	17.217	16.959	16.685
25	18.47	18.418	18.333	18.216	18.069	17.893	17.692	17.468	17.224
30	18.735	18.726	18.683	18.604	18.494	18.352	18.182	17.985	17.766
35	19.034	19.065	19.058	19.013	18.934	18.82	18.675	18.5	18.297
40	19.359	19.425	19.449	19.433	19.379	19.287	19.16	18.999	18.807
45	19.703	19.797	19.846	19.853	19.817	19.74	19.624	19.471	19.282
50	20.054	20.17	20.239	20.261	20.238	20.169	20.057	19.903	19.71
55	20.347	20.486	20.573	20.609	20.595	20.532	20.421	20.264	20.064
60	20.497	20.666	20.777	20.832	20.831	20.777	20.67	20.513	20.308
65	20.571	20.768	20.9	20.971	20.98	20.931	20.825	20.665	20.452
70	20.601	20.82	20.968	21.048	21.062	21.012	20.901	20.731	20.506
75	20.561	20.796	20.954	21.038	21.051	20.996	20.875	20.692	20.449
80	20.438	20.684	20.847	20.93	20.938	20.872	20.738	20.537	20.274
85	20.188	20.44	20.603	20.682	20.68	20.601	20.45	20.229	19.945
90	19.757	20.012	20.171	20.241	20.227	20.132	19.962	19.721	19.414

ตารางที่ ก.38 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.313	13.863	13.363	12.833	12.403	12.082	11.808	11.583	11.277	10.753
5	14.786	14.381	13.911	13.37	12.912	12.575	12.291	12.056	11.717	11.119
10	15.298	14.933	14.487	13.936	13.441	13.081	12.779	12.524	12.146	11.472
15	15.837	15.509	15.082	14.512	13.972	13.584	13.256	12.976	12.557	11.804
20	16.396	16.097	15.683	15.087	14.494	14.073	13.714	13.405	12.942	12.108
25	16.963	16.688	16.278	15.648	14.996	14.536	14.143	13.802	13.294	12.377
30	17.525	17.267	16.854	16.181	15.466	14.963	14.533	14.158	13.604	12.606
35	18.071	17.822	17.399	16.675	15.894	15.345	14.876	14.465	13.868	12.795
40	18.587	18.34	17.899	17.116	16.27	15.671	15.164	14.717	14.078	12.951
45	19.061	18.808	18.341	17.491	16.582	15.934	15.391	14.907	14.23	13.059
50	19.48	19.214	18.713	17.79	16.823	16.126	15.566	15.032	14.321	13.147
55	19.822	19.54	19.003	18.001	16.984	16.258	15.674	15.12	14.376	13.206
60	20.057	19.763	19.193	18.113	17.058	16.322	15.711	15.142	14.371	13.252
65	20.19	19.882	19.279	18.12	17.056	16.309	15.677	15.098	14.305	13.268
70	20.227	19.9	19.259	18.02	16.985	16.219	15.57	14.988	14.18	13.307
75	20.151	19.801	19.122	17.82	16.824	16.048	15.393	14.815	13.997	13.341
80	19.954	19.579	18.861	17.529	16.57	15.798	15.146	14.582	13.803	13.344
85	19.6	19.201	18.446	17.099	16.197	15.444	14.814	14.282	13.608	13.317
90	19.046	18.625	17.837	16.527	15.67	14.97	14.384	13.934	13.438	-

ตารางที่ ก.39 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.686	17.502	17.288	17.047	16.779	16.489	16.179	15.853
5	17.864	17.762	17.628	17.464	17.271	17.053	16.81	16.546	16.264
10	17.939	17.887	17.802	17.687	17.542	17.369	17.171	16.95	16.709
15	18.063	18.059	18.022	17.953	17.853	17.723	17.566	17.384	17.179
20	18.234	18.276	18.284	18.257	18.198	18.108	17.987	17.839	17.665
25	18.445	18.531	18.58	18.593	18.57	18.514	18.425	18.305	18.156
30	18.692	18.817	18.903	18.95	18.96	18.932	18.869	18.771	18.641
35	18.968	19.127	19.245	19.322	19.357	19.352	19.308	19.227	19.109
40	19.264	19.453	19.597	19.696	19.752	19.763	19.732	19.659	19.547
45	19.571	19.783	19.947	20.064	20.132	20.154	20.128	20.058	19.943
50	19.879	20.108	20.287	20.413	20.489	20.513	20.486	20.411	20.287
55	20.122	20.368	20.558	20.692	20.771	20.795	20.764	20.68	20.543
60	20.213	20.479	20.685	20.83	20.914	20.939	20.905	20.814	20.666
65	20.216	20.501	20.72	20.872	20.959	20.982	20.942	20.84	20.679
70	20.166	20.464	20.691	20.845	20.93	20.946	20.895	20.778	20.598
75	20.035	20.343	20.573	20.726	20.804	20.808	20.742	20.607	20.406
80	19.814	20.128	20.357	20.504	20.571	20.561	20.477	20.32	20.095
85	19.459	19.774	19.999	20.137	20.191	20.164	20.059	19.88	19.63
90	18.914	19.229	19.447	19.573	19.611	19.565	19.439	19.236	18.962

ตารางที่ ก.40 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.513	15.163	14.728	14.057	13.424	12.771	12.275	11.859	11.389	10.574
5	15.967	15.657	15.251	14.567	13.914	13.25	12.744	12.312	11.817	10.918
10	16.45	16.177	15.792	15.091	14.41	13.731	13.21	12.759	12.232	11.25
15	16.954	16.711	16.344	15.617	14.903	14.204	13.664	13.19	12.628	11.567
20	17.468	17.25	16.893	16.134	15.384	14.659	14.097	13.599	12.996	11.863
25	17.981	17.782	17.428	16.636	15.841	15.089	14.502	13.978	13.33	12.132
30	18.481	18.293	17.936	17.11	16.265	15.484	14.87	14.319	13.621	12.369
35	18.957	18.773	18.405	17.538	16.647	15.835	15.193	14.616	13.872	12.569
40	19.396	19.209	18.824	17.909	16.978	16.134	15.464	14.863	14.08	12.73
45	19.786	19.589	19.18	18.213	17.249	16.375	15.677	15.055	14.235	12.872
50	20.117	19.902	19.463	18.44	17.453	16.551	15.827	15.187	14.333	12.986
55	20.357	20.121	19.651	18.576	17.578	16.655	15.911	15.257	14.373	13.059
60	20.465	20.211	19.713	18.607	17.609	16.68	15.924	15.262	14.354	13.145
65	20.46	20.186	19.66	18.533	17.55	16.624	15.865	15.204	14.275	13.241
70	20.358	20.06	19.505	18.365	17.407	16.492	15.737	15.082	14.155	13.307
75	20.141	19.817	19.234	18.092	17.174	16.278	15.537	14.898	14.022	13.341
80	19.805	19.453	18.845	17.732	16.85	15.982	15.267	14.654	13.867	13.344
85	19.314	18.935	18.307	17.254	16.407	15.587	14.91	14.348	13.692	13.317
90	18.62	18.216	17.575	16.6	15.809	15.069	14.453	13.945	13.492	-

ตารางที่ ก.41 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.898	17.924	17.917	17.877	17.806	17.704	17.572	17.414
5	17.864	17.972	18.047	18.088	18.095	18.068	18.01	17.92	17.802
10	17.937	18.093	18.214	18.301	18.351	18.367	18.348	18.297	18.213
15	18.055	18.257	18.422	18.55	18.641	18.695	18.711	18.692	18.638
20	18.215	18.459	18.664	18.83	18.956	19.043	19.09	19.098	19.068
25	18.41	18.691	18.932	19.131	19.288	19.402	19.473	19.503	19.49
30	18.632	18.947	19.219	19.445	19.627	19.762	19.852	19.896	19.895
35	18.874	19.217	19.514	19.763	19.963	20.113	20.215	20.267	20.27
40	19.128	19.493	19.808	20.073	20.285	20.444	20.551	20.604	20.605
45	19.382	19.764	20.092	20.366	20.584	20.745	20.85	20.897	20.888
50	19.629	20.02	20.354	20.631	20.848	21.005	21.101	21.137	21.112
55	19.803	20.2	20.537	20.812	21.024	21.172	21.255	21.275	21.23
60	19.834	20.236	20.573	20.845	21.05	21.186	21.255	21.256	21.19
65	19.788	20.191	20.525	20.789	20.982	21.103	21.153	21.132	21.041
70	19.689	20.088	20.413	20.665	20.841	20.943	20.97	20.922	20.802
75	19.517	19.906	20.218	20.452	20.607	20.685	20.685	20.609	20.457
80	19.266	19.641	19.936	20.149	20.282	20.333	20.304	20.196	20.011
85	18.972	19.338	19.62	19.818	19.932	19.963	19.912	19.78	19.569
90	18.689	19.058	19.341	19.537	19.647	19.671	19.612	19.47	19.247

ตารางที่ ก.42 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.23	17.023	16.742	16.413	16.139	15.764	15.433	14.983	14.4	13.595
5	17.655	17.484	17.228	16.91	16.662	16.31	15.989	15.559	14.964	14.143
10	18.099	17.957	17.723	17.411	17.182	16.847	16.531	16.112	15.5	14.656
15	18.551	18.433	18.214	17.905	17.683	17.363	17.045	16.63	15.997	15.122
20	19.002	18.9	18.69	18.38	18.158	17.846	17.52	17.1	16.444	15.531
25	19.438	19.347	19.14	18.824	18.597	18.284	17.944	17.512	16.829	15.873
30	19.85	19.762	19.553	19.225	18.989	18.665	18.31	17.855	17.143	16.139
35	20.225	20.134	19.916	19.574	19.323	18.981	18.604	18.12	17.38	16.324
40	20.553	20.452	20.219	19.861	19.589	19.221	18.818	18.299	17.533	16.424
45	20.824	20.705	20.453	20.075	19.78	19.379	18.945	18.387	17.598	16.437
50	21.028	20.886	20.61	20.211	19.888	19.449	18.982	18.381	17.574	16.365
55	21.122	20.953	20.652	20.234	19.882	19.403	18.904	18.262	17.448	16.204
60	21.058	20.861	20.538	20.105	19.722	19.21	18.684	18.01	17.18	15.952
65	20.88	20.653	20.307	19.861	19.444	18.904	18.351	17.65	16.802	15.634
70	20.61	20.348	19.98	19.523	19.069	18.504	17.907	17.205	16.332	15.28
75	20.231	19.934	19.546	19.081	18.589	18.005	17.37	16.674	15.795	14.865
80	19.751	19.419	19.014	18.538	18.011	17.413	16.757	16.065	15.219	14.438
85	19.283	18.923	18.494	17.999	17.444	16.834	16.178	15.478	14.72	13.995
90	18.948	18.574	18.13	17.621	17.053	16.433	15.769	15.075	14.367	-

ตารางที่ ก.43 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	18.074	18.275	18.441	18.569	18.661	18.715	18.733	18.714
5	17.863	18.147	18.396	18.607	18.781	18.915	19.01	19.066	19.083
10	17.935	18.265	18.558	18.812	19.026	19.199	19.33	19.419	19.466
15	18.049	18.422	18.755	19.048	19.298	19.504	19.666	19.782	19.855
20	18.2	18.611	18.981	19.307	19.588	19.822	20.008	20.147	20.237
25	18.38	18.825	19.226	19.58	19.886	20.142	20.347	20.5	20.602
30	18.582	19.055	19.482	19.858	20.183	20.454	20.671	20.833	20.939
35	18.796	19.292	19.738	20.13	20.467	20.748	20.97	21.133	21.237
40	19.014	19.526	19.985	20.387	20.73	21.012	21.233	21.391	21.486
45	19.225	19.747	20.212	20.617	20.959	21.238	21.45	21.597	21.676
50	19.42	19.946	20.411	20.812	21.147	21.415	21.613	21.742	21.8
55	19.534	20.058	20.518	20.91	21.233	21.484	21.663	21.769	21.801
60	19.496	20.016	20.467	20.848	21.156	21.389	21.546	21.627	21.631
65	19.407	19.922	20.366	20.735	21.029	21.246	21.383	21.442	21.421
70	19.312	19.822	20.259	20.618	20.899	21.1	21.219	21.257	21.213
75	19.183	19.687	20.114	20.462	20.729	20.913	21.013	21.03	20.963
80	19.028	19.525	19.943	20.279	20.532	20.701	20.784	20.781	20.692
85	18.829	19.321	19.732	20.059	20.301	20.457	20.525	20.505	20.398
90	18.6	19.093	19.504	19.829	20.067	20.217	20.277	20.248	20.13

ตารางที่ ก.44 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.661	18.574	18.385	17.99	17.504	16.994	16.443	15.826	15.001	13.76
5	19.062	19.005	18.841	18.46	17.964	17.452	16.895	16.27	15.42	14.127
10	19.473	19.44	19.294	18.924	18.419	17.902	17.337	16.701	15.825	14.478
15	19.883	19.867	19.734	19.372	18.859	18.335	17.76	17.111	16.207	14.808
20	20.279	20.275	20.149	19.793	19.278	18.741	18.155	17.491	16.561	15.111
25	20.652	20.652	20.528	20.175	19.659	19.111	18.513	17.835	16.879	15.382
30	20.99	20.986	20.859	20.508	19.993	19.437	18.829	18.136	17.156	15.615
35	21.282	21.268	21.133	20.784	20.273	19.712	19.094	18.387	17.386	15.808
40	21.518	21.487	21.34	20.993	20.491	19.929	19.303	18.584	17.566	15.958
45	21.689	21.636	21.472	21.129	20.642	20.083	19.451	18.722	17.691	16.064
50	21.788	21.706	21.524	21.189	20.723	20.171	19.537	18.8	17.762	16.128
55	21.759	21.645	21.444	21.124	20.687	20.148	19.514	18.774	17.737	16.132
60	21.559	21.411	21.189	20.882	20.477	19.956	19.328	18.592	17.566	16.027
65	21.321	21.143	20.889	20.561	20.159	19.658	19.041	18.315	17.313	15.873
70	21.088	20.883	20.6	20.241	19.808	19.299	18.696	17.989	17.023	15.706
75	20.813	20.582	20.27	19.881	19.418	18.883	18.282	17.594	16.681	15.539
80	20.519	20.263	19.925	19.509	19.018	18.455	17.826	17.135	16.305	15.339
85	20.205	19.927	19.567	19.128	18.612	18.025	17.371	16.657	15.889	15.058
90	19.924	19.632	19.256	18.8	18.266	17.661	16.989	16.257	15.476	-

ตารางที่ ก.45 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ0 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	18.133	18.392	18.614	18.799	18.945	19.051	19.118	19.146
5	17.863	18.206	18.512	18.78	19.008	19.196	19.342	19.446	19.508
10	17.934	18.322	18.672	18.982	19.25	19.475	19.655	19.791	19.882
15	18.047	18.476	18.866	19.213	19.516	19.773	19.982	20.144	20.258
20	18.194	18.662	19.086	19.465	19.798	20.081	20.313	20.495	20.625
25	18.37	18.87	19.324	19.729	20.085	20.388	20.637	20.832	20.971
30	18.565	19.091	19.569	19.995	20.367	20.684	20.943	21.144	21.286
35	18.77	19.317	19.812	20.252	20.635	20.958	21.221	21.421	21.558
40	18.976	19.537	20.043	20.491	20.877	21.201	21.46	21.652	21.779
45	19.173	19.742	20.252	20.701	21.084	21.401	21.65	21.829	21.938
50	19.351	19.921	20.429	20.872	21.247	21.551	21.783	21.943	22.028
55	19.458	20.026	20.529	20.963	21.325	21.614	21.827	21.964	22.024
60	19.438	20.004	20.502	20.928	21.279	21.554	21.75	21.868	21.905
65	19.358	19.921	20.412	20.829	21.168	21.428	21.607	21.704	21.719
70	19.263	19.821	20.304	20.711	21.037	21.282	21.443	21.52	21.513
75	19.133	19.684	20.159	20.554	20.867	21.096	21.238	21.295	21.264
80	18.969	19.513	19.978	20.361	20.659	20.872	20.996	21.032	20.979
85	18.759	19.297	19.755	20.128	20.415	20.614	20.722	20.741	20.669
90	18.509	19.048	19.504	19.875	20.156	20.348	20.447	20.455	20.37

ตารางที่ ก.46 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ0 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	19.136	19.088	18.932	18.535	18.083	17.591	17.06	16.46	15.645	14.356
5	19.53	19.51	19.378	18.998	18.538	18.045	17.508	16.901	16.061	14.717
10	19.929	19.933	19.818	19.453	18.985	18.491	17.946	17.328	16.462	15.062
15	20.325	20.343	20.242	19.889	19.415	18.917	18.364	17.734	16.841	15.386
20	20.704	20.731	20.637	20.295	19.818	19.316	18.753	18.11	17.191	15.682
25	21.056	21.085	20.992	20.66	20.184	19.678	19.106	18.45	17.506	15.945
30	21.369	21.393	21.297	20.974	20.504	19.996	19.415	18.746	17.779	16.171
35	21.633	21.645	21.541	21.229	20.771	20.262	19.674	18.993	18.005	16.356
40	21.838	21.831	21.717	21.418	20.978	20.47	19.878	19.185	18.18	16.498
45	21.976	21.945	21.816	21.534	21.119	20.617	20.022	19.32	18.303	16.616
50	22.04	21.978	21.833	21.574	21.193	20.7	20.104	19.395	18.371	16.696
55	22.007	21.914	21.745	21.497	21.144	20.666	20.076	19.361	18.338	16.707
60	21.863	21.742	21.542	21.266	20.909	20.449	19.868	19.162	18.147	16.593
65	21.651	21.502	21.273	20.965	20.58	20.118	19.547	18.853	17.857	16.402
70	21.42	21.244	20.986	20.647	20.23	19.737	19.161	18.481	17.518	16.208
75	21.147	20.945	20.658	20.289	19.84	19.315	18.716	18.036	17.123	15.994
80	20.838	20.61	20.296	19.898	19.419	18.862	18.232	17.532	16.695	15.721
85	20.506	20.255	19.916	19.493	18.987	18.402	17.743	17.013	16.22	15.355
90	20.192	19.924	19.567	19.123	18.595	17.987	17.303	16.548	15.728	-

ตารางที่ ก.47 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	18.046	18.219	18.357	18.459	18.525	18.554	18.548	18.507
5	17.863	18.119	18.34	18.524	18.671	18.78	18.85	18.883	18.879
10	17.935	18.238	18.503	18.731	18.918	19.066	19.173	19.24	19.267
15	18.05	18.396	18.702	18.969	19.193	19.375	19.514	19.609	19.661
20	18.202	18.587	18.93	19.231	19.487	19.698	19.862	19.979	20.051
25	18.385	18.804	19.179	19.509	19.791	20.024	20.208	20.341	20.425
30	18.59	19.038	19.44	19.792	20.094	20.344	20.541	20.684	20.773
35	18.809	19.28	19.702	20.072	20.387	20.647	20.85	20.995	21.083
40	19.032	19.521	19.957	20.337	20.659	20.922	21.124	21.266	21.346
45	19.25	19.75	20.193	20.577	20.9	21.159	21.355	21.485	21.551
50	19.453	19.958	20.402	20.783	21.1	21.35	21.532	21.645	21.69
55	19.576	20.08	20.52	20.894	21.199	21.434	21.597	21.689	21.709
60	19.537	20.036	20.469	20.831	21.121	21.337	21.479	21.546	21.537
65	19.437	19.933	20.358	20.71	20.987	21.186	21.308	21.352	21.318
70	19.314	19.806	20.224	20.565	20.827	21.01	21.112	21.134	21.075
75	19.165	19.653	20.064	20.395	20.646	20.813	20.898	20.9	20.819
80	18.971	19.454	19.858	20.179	20.416	20.568	20.635	20.617	20.514
85	18.709	19.189	19.586	19.897	20.123	20.261	20.312	20.276	20.153
90	18.411	18.895	19.294	19.604	19.827	19.96	20.003	19.957	19.822

ตารางที่ ก.48 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.433	18.327	18.115	17.654	17.174	16.651	16.09	15.448	14.623	13.249
5	18.838	18.763	18.575	18.119	17.629	17.103	16.537	15.894	15.042	13.604
10	19.254	19.204	19.036	18.583	18.08	17.549	16.977	16.328	15.447	13.943
15	19.67	19.639	19.484	19.042	18.524	17.98	17.4	16.742	15.831	14.26
20	20.076	20.056	19.909	19.475	18.946	18.388	17.798	17.127	16.186	14.552
25	20.459	20.444	20.3	19.871	19.334	18.767	18.164	17.476	16.505	14.817
30	20.808	20.791	20.645	20.221	19.679	19.104	18.488	17.782	16.783	15.048
35	21.114	21.087	20.934	20.515	19.973	19.39	18.766	18.039	17.015	15.24
40	21.364	21.322	21.157	20.745	20.209	19.622	18.991	18.243	17.195	15.396
45	21.551	21.487	21.307	20.904	20.38	19.797	19.157	18.395	17.323	15.529
50	21.667	21.575	21.377	20.99	20.484	19.907	19.262	18.497	17.411	15.625
55	21.656	21.533	21.316	20.953	20.473	19.907	19.261	18.496	17.404	15.675
60	21.454	21.296	21.063	20.735	20.289	19.738	19.095	18.339	17.251	15.6
65	21.206	21.018	20.756	20.42	19.99	19.457	18.823	18.079	17.005	15.478
70	20.936	20.719	20.426	20.057	19.618	19.105	18.482	17.754	16.706	15.368
75	20.656	20.413	20.092	19.694	19.224	18.685	18.064	17.356	16.354	15.208
80	20.328	20.059	19.711	19.285	18.786	18.217	17.583	16.887	15.976	14.991
85	19.945	19.653	19.28	18.83	18.304	17.709	17.05	16.333	15.552	14.699
90	19.601	19.294	18.904	18.436	17.892	17.277	16.599	15.864	15.085	-

ตารางที่ ก.49 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ80 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.855	17.838	17.789	17.708	17.597	17.457	17.289	17.096
5	17.864	17.929	17.961	17.961	17.927	17.862	17.766	17.641	17.489
10	17.937	18.051	18.131	18.176	18.187	18.164	18.109	18.023	17.907
15	18.057	18.217	18.341	18.429	18.481	18.497	18.478	18.426	18.342
20	18.219	18.421	18.587	18.713	18.802	18.852	18.865	18.842	18.782
25	18.417	18.659	18.86	19.022	19.142	19.221	19.26	19.259	19.219
30	18.644	18.921	19.154	19.345	19.491	19.593	19.652	19.667	19.64
35	18.893	19.199	19.459	19.673	19.839	19.959	20.03	20.055	20.034
40	19.155	19.485	19.765	19.996	20.177	20.306	20.384	20.412	20.389
45	19.421	19.767	20.062	20.304	20.492	20.625	20.703	20.726	20.696
50	19.679	20.038	20.341	20.587	20.775	20.905	20.976	20.989	20.944
55	19.865	20.232	20.539	20.785	20.97	21.093	21.153	21.151	21.088
60	19.877	20.254	20.567	20.814	20.996	21.11	21.159	21.142	21.059
65	19.772	20.158	20.475	20.721	20.897	21.002	21.036	21.001	20.897
70	19.575	19.97	20.289	20.531	20.698	20.789	20.806	20.75	20.622
75	19.263	19.666	19.984	20.221	20.377	20.453	20.451	20.371	20.217
80	18.823	19.232	19.55	19.78	19.923	19.982	19.959	19.855	19.674
85	18.235	18.653	18.971	19.195	19.327	19.37	19.328	19.202	18.996
90	17.548	17.985	18.316	18.544	18.676	18.715	18.664	18.526	18.306

ตารางที่ ก.50 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.881	16.645	16.293	15.703	15.083	14.559	13.906	13.256	12.476	11.46
5	17.312	17.112	16.786	16.178	15.554	15.026	14.363	13.703	12.902	11.844
10	17.764	17.595	17.289	16.66	16.027	15.491	14.815	14.141	13.318	12.219
15	18.226	18.083	17.792	17.138	16.492	15.946	15.254	14.563	13.716	12.581
20	18.69	18.564	18.283	17.602	16.94	16.381	15.67	14.962	14.091	12.922
25	19.142	19.029	18.75	18.043	17.361	16.787	16.055	15.33	14.435	13.239
30	19.571	19.463	19.182	18.449	17.746	17.156	16.402	15.66	14.742	13.527
35	19.967	19.857	19.567	18.81	18.086	17.48	16.703	15.945	15.007	13.781
40	20.318	20.199	19.894	19.119	18.373	17.752	16.952	16.179	15.225	13.999
45	20.613	20.478	20.154	19.366	18.599	17.964	17.142	16.359	15.392	14.174
50	20.843	20.686	20.338	19.544	18.759	18.113	17.27	16.479	15.506	14.294
55	20.964	20.781	20.41	19.621	18.823	18.171	17.313	16.52	15.553	14.36
60	20.913	20.704	20.313	19.545	18.747	18.098	17.235	16.455	15.513	14.359
65	20.726	20.49	20.082	19.347	18.58	17.919	17.06	16.301	15.401	14.3
70	20.424	20.158	19.735	19.046	18.319	17.653	16.837	16.07	15.202	14.189
75	19.99	19.694	19.263	18.633	17.952	17.295	16.527	15.761	14.92	14.027
80	19.418	19.092	18.661	18.103	17.474	16.847	16.122	15.395	14.591	13.816
85	18.714	18.36	17.935	17.439	16.86	16.27	15.599	14.924	14.212	13.565
90	18.008	17.636	17.196	16.694	16.139	15.541	14.914	14.282	13.697	-

ตารางที่ ก.51 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.648	17.427	17.176	16.898	16.596	16.272	15.93	15.574
5	17.864	17.724	17.553	17.352	17.124	16.871	16.595	16.3	15.989
10	17.94	17.85	17.728	17.577	17.397	17.191	16.96	16.709	16.44
15	18.065	18.024	17.951	17.846	17.712	17.549	17.361	17.15	16.918
20	18.237	18.243	18.216	18.155	18.063	17.94	17.79	17.614	17.414
25	18.452	18.502	18.517	18.496	18.442	18.355	18.237	18.091	17.918
30	18.703	18.794	18.847	18.862	18.84	18.784	18.693	18.57	18.417
35	18.985	19.111	19.197	19.243	19.249	19.216	19.146	19.04	18.901
40	19.288	19.445	19.559	19.629	19.656	19.641	19.585	19.49	19.357
45	19.605	19.787	19.922	20.01	20.052	20.048	19.999	19.907	19.774
50	19.924	20.124	20.275	20.375	20.424	20.425	20.376	20.281	20.139
55	20.181	20.399	20.562	20.671	20.726	20.727	20.676	20.573	20.42
60	20.295	20.535	20.714	20.834	20.896	20.899	20.845	20.736	20.573
65	20.338	20.595	20.787	20.914	20.978	20.979	20.92	20.8	20.624
70	20.343	20.61	20.808	20.936	20.996	20.989	20.918	20.783	20.587
75	20.284	20.556	20.753	20.876	20.927	20.907	20.818	20.664	20.445
80	20.151	20.421	20.611	20.724	20.761	20.723	20.614	20.436	20.191
85	19.892	20.159	20.341	20.44	20.459	20.401	20.268	20.064	19.791
90	19.456	19.717	19.887	19.971	19.971	19.891	19.734	19.504	19.204

ตารางที่ ก.52 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.206	14.83	14.385	13.795	13.142	12.568	12.22	12.114	11.994	11.722
5	15.664	15.331	14.915	14.331	13.671	13.076	12.705	12.554	12.462	12.197
10	16.155	15.858	15.467	14.884	14.211	13.59	13.194	12.998	12.908	12.607
15	16.668	16.403	16.031	15.442	14.751	14.098	13.675	13.435	13.289	13.001
20	17.194	16.955	16.594	15.993	15.279	14.594	14.137	13.86	13.655	13.37
25	17.72	17.501	17.146	16.527	15.783	15.063	14.57	14.259	13.999	13.701
30	18.237	18.03	17.673	17.03	16.252	15.494	14.963	14.619	14.31	13.981
35	18.73	18.53	18.164	17.489	16.673	15.875	15.307	14.934	14.584	14.221
40	19.189	18.986	18.605	17.895	17.037	16.197	15.595	15.196	14.816	14.421
45	19.6	19.389	18.985	18.234	17.332	16.452	15.819	15.402	15.002	14.578
50	19.954	19.726	19.293	18.498	17.551	16.633	15.975	15.547	15.144	14.665
55	20.219	19.972	19.508	18.671	17.684	16.734	16.06	15.632	15.252	14.704
60	20.358	20.093	19.602	18.73	17.715	16.754	16.081	15.668	15.332	14.74
65	20.391	20.106	19.588	18.686	17.651	16.696	16.04	15.658	15.385	14.795
70	20.332	20.022	19.474	18.544	17.499	16.561	15.936	15.609	15.28	14.782
75	20.165	19.827	19.248	18.298	17.253	16.35	15.773	15.535	15.156	14.698
80	19.883	19.515	18.908	17.947	16.918	16.067	15.579	15.397	14.96	14.678
85	19.454	19.057	18.426	17.467	16.476	15.703	15.339	15.123	14.668	14.459
90	18.839	18.414	17.766	16.828	15.911	15.247	14.986	14.708	14.335	-

ตารางที่ ก.53 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.839	17.523	17.178	16.805	16.408	15.99	15.555	15.108	14.652
5	17.864	17.6	17.305	16.984	16.638	16.271	15.887	15.488	15.081
10	17.941	17.728	17.485	17.214	16.919	16.601	16.265	15.914	15.551
15	18.069	17.907	17.715	17.494	17.246	16.976	16.685	16.377	16.056
20	18.248	18.135	17.991	17.817	17.615	17.388	17.139	16.87	16.585
25	18.473	18.407	18.308	18.178	18.018	17.83	17.618	17.383	17.13
30	18.739	18.717	18.66	18.569	18.446	18.293	18.112	17.906	17.677
35	19.04	19.058	19.039	18.982	18.891	18.766	18.611	18.426	18.215
40	19.369	19.422	19.434	19.407	19.341	19.239	19.102	18.932	18.732
45	19.716	19.798	19.836	19.832	19.785	19.699	19.573	19.412	19.215
50	20.072	20.177	20.235	20.246	20.212	20.134	20.013	19.852	19.652
55	20.37	20.498	20.575	20.601	20.577	20.505	20.386	20.222	20.015
60	20.528	20.686	20.787	20.832	20.823	20.76	20.645	20.481	20.27
65	20.613	20.799	20.922	20.983	20.984	20.926	20.813	20.646	20.427
70	20.657	20.865	21.003	21.073	21.078	21.021	20.902	20.726	20.494
75	20.635	20.858	21.005	21.08	21.083	21.02	20.891	20.701	20.452
80	20.534	20.766	20.917	20.99	20.987	20.913	20.77	20.562	20.293
85	20.308	20.546	20.695	20.762	20.749	20.661	20.5	20.272	19.98
90	19.906	20.144	20.288	20.345	20.319	20.213	20.033	19.783	19.468

ตารางที่ ก.54 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (นม – AZ160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.191	13.732	13.241	12.751	12.344	12.018	11.765	11.547	11.285	10.832
5	14.667	14.252	13.792	13.301	12.866	12.526	12.259	12.025	11.728	11.206
10	15.181	14.807	14.372	13.873	13.401	13.041	12.752	12.497	12.162	11.567
15	15.725	15.387	14.971	14.457	13.938	13.551	13.236	12.955	12.578	11.908
20	16.288	15.981	15.577	15.041	14.467	14.046	13.701	13.391	12.968	12.222
25	16.86	16.577	16.179	15.611	14.976	14.517	14.137	13.794	13.326	12.502
30	17.428	17.163	16.763	16.156	15.456	14.953	14.535	14.157	13.643	12.743
35	17.981	17.726	17.316	16.661	15.893	15.344	14.887	14.473	13.913	12.939
40	18.505	18.252	17.825	17.115	16.279	15.681	15.183	14.733	14.131	13.086
45	18.987	18.729	18.276	17.504	16.602	15.954	15.418	14.932	14.291	13.182
50	19.415	19.145	18.659	17.817	16.854	16.157	15.585	15.066	14.389	13.253
55	19.767	19.481	18.959	18.042	17.027	16.284	15.679	15.129	14.423	13.289
60	20.014	19.716	19.16	18.17	17.113	16.329	15.707	15.129	14.408	13.306
65	20.16	19.848	19.258	18.194	17.111	16.299	15.678	15.09	14.346	13.318
70	20.211	19.879	19.251	18.113	17.018	16.215	15.576	14.985	14.225	13.313
75	20.149	19.794	19.127	17.917	16.842	16.053	15.403	14.816	14.047	13.341
80	19.966	19.586	18.879	17.601	16.594	15.811	15.161	14.587	13.828	13.344
85	19.629	19.224	18.479	17.175	16.231	15.469	14.836	14.296	13.619	13.317
90	19.094	18.665	17.887	16.587	15.716	14.996	14.4	13.944	13.441	-

ตารางที่ ก.55 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	17.878	17.514	17.121	16.701	16.259	15.798	15.323	14.838
5	18.235	17.956	17.645	17.304	16.937	16.546	16.137	15.712	15.276
10	18.314	18.087	17.828	17.54	17.224	16.884	16.524	16.147	15.758
15	18.445	18.271	18.063	17.825	17.559	17.267	16.953	16.621	16.274
20	18.627	18.503	18.345	18.155	17.935	17.688	17.417	17.125	16.815
25	18.857	18.781	18.67	18.524	18.347	18.14	17.907	17.649	17.371
30	19.129	19.098	19.029	18.924	18.784	18.613	18.411	18.182	17.929
35	19.437	19.446	19.415	19.345	19.238	19.095	18.919	18.713	18.478
40	19.772	19.816	19.818	19.777	19.696	19.576	19.419	19.228	19.004
45	20.125	20.199	20.227	20.21	20.148	20.044	19.898	19.714	19.494
50	20.486	20.584	20.632	20.63	20.581	20.485	20.344	20.16	19.935
55	20.781	20.903	20.97	20.984	20.945	20.855	20.716	20.53	20.298
60	20.914	21.069	21.164	21.198	21.176	21.096	20.963	20.778	20.544
65	20.973	21.159	21.277	21.33	21.319	21.247	21.116	20.929	20.688
70	20.985	21.195	21.331	21.395	21.391	21.32	21.185	20.99	20.737
75	20.925	21.154	21.302	21.372	21.368	21.292	21.149	20.941	20.672
80	20.775	21.017	21.172	21.243	21.234	21.15	20.993	20.768	20.48
85	20.514	20.764	20.92	20.986	20.969	20.871	20.698	20.453	20.143
90	20.063	20.317	20.469	20.528	20.498	20.384	20.192	19.927	19.594

ตารางที่ ก.56 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.347	13.857	13.321	12.765	12.321	11.971	11.693	11.458	11.187	10.728
5	14.834	14.389	13.883	13.306	12.833	12.471	12.173	11.928	11.627	11.1
10	15.36	14.957	14.475	13.882	13.358	12.981	12.651	12.392	12.056	11.459
15	15.915	15.55	15.085	14.469	13.895	13.487	13.122	12.841	12.468	11.796
20	16.491	16.157	15.703	15.054	14.423	13.977	13.578	13.266	12.853	12.106
25	17.075	16.766	16.316	15.626	14.93	14.441	14.004	13.658	13.205	12.382
30	17.655	17.364	16.909	16.17	15.405	14.868	14.391	14.009	13.516	12.618
35	18.219	17.937	17.47	16.672	15.837	15.249	14.73	14.312	13.781	12.808
40	18.751	18.472	17.984	17.12	16.215	15.574	15.021	14.559	13.992	12.948
45	19.24	18.956	18.439	17.5	16.528	15.833	15.257	14.744	14.145	13.035
50	19.673	19.375	18.821	17.8	16.766	16.021	15.429	14.863	14.242	13.1
55	20.024	19.711	19.118	18.009	16.923	16.129	15.533	14.922	14.3	13.113
60	20.263	19.938	19.311	18.115	17	16.185	15.566	14.941	14.298	13.143
65	20.397	20.059	19.395	18.112	17.009	16.163	15.527	14.894	14.236	13.159
70	20.43	20.073	19.37	17.997	16.932	16.063	15.416	14.782	14.115	13.135
75	20.346	19.967	19.222	17.793	16.763	15.881	15.234	14.607	13.937	13.101
80	20.132	19.73	18.944	17.482	16.497	15.617	14.983	14.373	13.707	13.118
85	19.771	19.345	18.519	17.037	16.122	15.257	14.652	14.075	13.476	13.106
90	19.199	18.749	17.887	16.439	15.583	14.805	14.197	13.734	13.232	-

ตารางที่ ก.57 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.026	17.809	17.56	17.282	16.976	16.647	16.296	15.929
5	18.235	18.103	17.938	17.74	17.512	17.256	16.976	16.673	16.351
10	18.312	18.231	18.116	17.969	17.79	17.582	17.347	17.088	16.809
15	18.439	18.409	18.343	18.242	18.109	17.946	17.754	17.535	17.294
20	18.614	18.631	18.611	18.555	18.465	18.342	18.188	18.005	17.796
25	18.832	18.893	18.916	18.901	18.849	18.761	18.639	18.486	18.303
30	19.087	19.189	19.25	19.27	19.251	19.193	19.098	18.968	18.805
35	19.371	19.509	19.603	19.653	19.661	19.627	19.553	19.44	19.29
40	19.676	19.844	19.966	20.041	20.069	20.052	19.992	19.888	19.744
45	19.993	20.186	20.328	20.421	20.463	20.457	20.402	20.301	20.155
50	20.311	20.522	20.679	20.782	20.832	20.829	20.773	20.667	20.512
55	20.557	20.784	20.954	21.066	21.121	21.118	21.058	20.944	20.777
60	20.63	20.882	21.07	21.195	21.257	21.257	21.196	21.076	20.899
65	20.618	20.892	21.095	21.229	21.295	21.295	21.229	21.1	20.91
70	20.549	20.839	21.052	21.19	21.255	21.249	21.174	21.031	20.823
75	20.399	20.701	20.919	21.057	21.116	21.1	21.01	20.849	20.621
80	20.151	20.46	20.679	20.813	20.863	20.833	20.725	20.544	20.292
85	19.786	20.098	20.314	20.439	20.476	20.43	20.302	20.098	19.822
90	19.224	19.537	19.747	19.861	19.883	19.817	19.668	19.441	19.14

ตารางที่ ก.58 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.548	15.157	14.67	13.924	13.243	12.538	12.064	11.645	11.276	10.571
5	16.014	15.666	15.206	14.444	13.739	13.02	12.533	12.1	11.707	10.928
10	16.512	16.201	15.764	14.978	14.242	13.502	12.999	12.55	12.126	11.27
15	17.032	16.753	16.332	15.515	14.743	13.977	13.454	12.983	12.525	11.589
20	17.563	17.31	16.898	16.044	15.231	14.435	13.889	13.391	12.898	11.878
25	18.094	17.86	17.451	16.553	15.695	14.867	14.294	13.765	13.237	12.132
30	18.612	18.39	17.976	17.037	16.127	15.264	14.663	14.097	13.534	12.359
35	19.105	18.888	18.462	17.475	16.515	15.616	14.986	14.382	13.789	12.551
40	19.561	19.341	18.896	17.855	16.851	15.916	15.258	14.628	14.004	12.723
45	19.966	19.736	19.265	18.165	17.126	16.156	15.472	14.818	14.166	12.853
50	20.31	20.062	19.559	18.396	17.333	16.33	15.622	14.95	14.272	12.946
55	20.558	20.29	19.753	18.539	17.461	16.433	15.706	15.019	14.321	13.036
60	20.667	20.382	19.816	18.568	17.493	16.456	15.719	15.025	14.31	13.086
65	20.662	20.357	19.763	18.49	17.435	16.399	15.662	14.967	14.241	13.095
70	20.554	20.226	19.601	18.314	17.291	16.264	15.534	14.846	14.114	13.071
75	20.328	19.974	19.321	18.03	17.055	16.047	15.335	14.663	13.935	13.101
80	19.974	19.594	18.915	17.646	16.723	15.746	15.064	14.421	13.732	13.118
85	19.478	19.071	18.37	17.168	16.285	15.385	14.711	14.134	13.517	13.106
90	18.77	18.338	17.625	16.509	15.682	14.879	14.253	13.749	13.289	-

ตารางที่ ก.59 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.251	18.258	18.23	18.166	18.069	17.94	17.78	17.591
5	18.235	18.327	18.384	18.404	18.389	18.338	18.254	18.137	17.989
10	18.31	18.451	18.556	18.622	18.652	18.644	18.601	18.522	18.411
15	18.431	18.619	18.768	18.878	18.949	18.98	18.973	18.929	18.848
20	18.595	18.826	19.016	19.165	19.272	19.338	19.362	19.345	19.29
25	18.794	19.064	19.292	19.475	19.613	19.707	19.756	19.761	19.724
30	19.022	19.327	19.586	19.797	19.961	20.077	20.145	20.166	20.14
35	19.271	19.604	19.889	20.123	20.306	20.438	20.518	20.547	20.526
40	19.531	19.887	20.191	20.442	20.637	20.778	20.864	20.894	20.87
45	19.792	20.165	20.482	20.742	20.944	21.087	21.17	21.195	21.162
50	20.045	20.428	20.751	21.014	21.215	21.353	21.428	21.441	21.391
55	20.217	20.606	20.933	21.194	21.39	21.519	21.581	21.577	21.507
60	20.231	20.627	20.955	21.214	21.403	21.522	21.57	21.548	21.457
65	20.165	20.563	20.889	21.141	21.319	21.423	21.453	21.409	21.292
70	20.044	20.438	20.756	20.996	21.158	21.242	21.248	21.178	21.033
75	19.848	20.234	20.539	20.762	20.903	20.963	20.943	20.843	20.666
80	19.562	19.934	20.222	20.424	20.542	20.575	20.525	20.394	20.183
85	19.224	19.585	19.857	20.04	20.136	20.146	20.07	19.911	19.671
90	18.878	19.239	19.508	19.687	19.775	19.775	19.688	19.516	19.261

ตารางที่ ก.60 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.376	17.138	16.824	16.499	16.174	15.779	15.394	14.896	14.419	13.499
5	17.813	17.61	17.322	17.019	16.726	16.341	15.983	15.488	15.019	14.068
10	18.268	18.097	17.83	17.542	17.272	16.894	16.554	16.058	15.587	14.601
15	18.733	18.586	18.335	18.051	17.793	17.426	17.096	16.592	16.11	15.086
20	19.196	19.067	18.825	18.538	18.288	17.924	17.587	17.078	16.582	15.511
25	19.646	19.527	19.288	18.994	18.744	18.376	18.027	17.504	16.991	15.865
30	20.069	19.955	19.712	19.407	19.149	18.771	18.403	17.859	17.324	16.141
35	20.456	20.338	20.086	19.766	19.493	19.097	18.706	18.134	17.567	16.33
40	20.793	20.665	20.397	20.06	19.765	19.346	18.926	18.32	17.708	16.428
45	21.072	20.925	20.638	20.279	19.956	19.509	19.051	18.413	17.749	16.433
50	21.281	21.11	20.798	20.417	20.059	19.581	19.074	18.408	17.687	16.346
55	21.373	21.175	20.837	20.434	20.04	19.531	18.973	18.285	17.509	16.153
60	21.297	21.072	20.711	20.291	19.863	19.329	18.723	18.026	17.204	15.869
65	21.105	20.848	20.465	20.029	19.561	19.006	18.356	17.657	16.792	15.538
70	20.814	20.523	20.118	19.659	19.152	18.575	17.894	17.198	16.299	15.13
75	20.413	20.087	19.661	19.18	18.637	18.038	17.335	16.624	15.732	14.653
80	19.896	19.534	19.092	18.588	18.017	17.396	16.687	15.97	15.11	14.157
85	19.353	18.961	18.497	17.968	17.379	16.734	16.04	15.314	14.527	13.705
90	18.928	18.519	18.04	17.495	16.892	16.237	15.54	14.816	14.087	-

ตารางที่ ก.61 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.449	18.652	18.816	18.941	19.027	19.072	19.079	19.047
5	18.234	18.524	18.775	18.986	19.157	19.286	19.373	19.418	19.423
10	18.307	18.644	18.94	19.195	19.407	19.575	19.699	19.778	19.814
15	18.424	18.804	19.141	19.436	19.684	19.886	20.041	20.149	20.209
20	18.577	18.996	19.371	19.699	19.979	20.21	20.39	20.519	20.598
25	18.761	19.214	19.62	19.977	20.283	20.535	20.734	20.879	20.969
30	18.966	19.448	19.88	20.259	20.583	20.852	21.062	21.215	21.309
35	19.184	19.688	20.139	20.534	20.871	21.148	21.364	21.517	21.609
40	19.404	19.925	20.388	20.793	21.135	21.414	21.627	21.775	21.857
45	19.616	20.147	20.617	21.023	21.364	21.638	21.843	21.978	22.044
50	19.811	20.345	20.814	21.217	21.55	21.812	22.001	22.118	22.161
55	19.916	20.447	20.91	21.303	21.623	21.868	22.037	22.13	22.145
60	19.843	20.368	20.823	21.203	21.506	21.731	21.877	21.943	21.929
65	19.727	20.248	20.694	21.063	21.351	21.559	21.685	21.728	21.688
70	19.603	20.119	20.557	20.915	21.19	21.382	21.489	21.511	21.447
75	19.448	19.957	20.386	20.733	20.994	21.169	21.257	21.257	21.171
80	19.264	19.767	20.187	20.522	20.77	20.93	21	20.981	20.874
85	19.046	19.543	19.955	20.28	20.516	20.661	20.716	20.68	20.553
90	18.79	19.288	19.699	20.021	20.252	20.391	20.437	20.391	20.253

ตารางที่ ก.62 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.978	18.873	18.656	18.209	17.681	17.114	16.509	15.837	15.01	13.775
5	19.388	19.314	19.12	18.686	18.146	17.575	16.962	16.279	15.431	14.144
10	19.807	19.757	19.581	19.158	18.605	18.028	17.405	16.709	15.837	14.499
15	20.223	20.192	20.029	19.612	19.054	18.462	17.829	17.119	16.222	14.832
20	20.627	20.606	20.45	20.038	19.477	18.87	18.225	17.499	16.579	15.138
25	21.005	20.988	20.834	20.425	19.861	19.242	18.585	17.843	16.9	15.411
30	21.346	21.325	21.167	20.76	20.197	19.568	18.901	18.144	17.18	15.647
35	21.639	21.607	21.441	21.036	20.476	19.843	19.166	18.395	17.412	15.842
40	21.873	21.824	21.645	21.244	20.693	20.059	19.375	18.592	17.594	15.992
45	22.04	21.967	21.772	21.377	20.84	20.212	19.523	18.73	17.722	16.097
50	22.131	22.028	21.815	21.43	20.915	20.297	19.607	18.808	17.793	16.156
55	22.084	21.948	21.717	21.35	20.866	20.265	19.578	18.777	17.763	16.127
60	21.835	21.664	21.415	21.074	20.629	20.051	19.374	18.58	17.575	15.975
65	21.567	21.364	21.083	20.725	20.287	19.735	19.073	18.291	17.307	15.779
70	21.3	21.07	20.759	20.37	19.905	19.358	18.714	17.953	16.998	15.59
75	20.999	20.742	20.403	19.984	19.489	18.922	18.283	17.552	16.633	15.373
80	20.679	20.398	20.034	19.588	19.066	18.471	17.808	17.083	16.22	15.135
85	20.338	20.035	19.648	19.179	18.632	18.013	17.327	16.58	15.779	14.873
90	20.025	19.707	19.304	18.819	18.255	17.619	16.916	16.154	15.346	-

ตารางที่ ก.63 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.526	18.805	19.045	19.243	19.4	19.514	19.586	19.615
5	18.234	18.6	18.927	19.213	19.456	19.655	19.81	19.919	19.983
10	18.306	18.719	19.09	19.418	19.702	19.938	20.128	20.269	20.362
15	18.421	18.875	19.287	19.653	19.971	20.24	20.458	20.625	20.741
20	18.571	19.063	19.51	19.908	20.255	20.55	20.791	20.978	21.109
25	18.748	19.273	19.749	20.173	20.544	20.858	21.116	21.314	21.454
30	18.944	19.495	19.995	20.439	20.826	21.154	21.42	21.624	21.766
35	19.149	19.721	20.237	20.695	21.092	21.425	21.694	21.896	22.032
40	19.354	19.939	20.466	20.93	21.329	21.662	21.925	22.119	22.242
45	19.548	20.14	20.669	21.133	21.529	21.853	22.105	22.284	22.388
50	19.72	20.313	20.839	21.296	21.681	21.991	22.225	22.382	22.461
55	19.813	20.403	20.922	21.369	21.741	22.034	22.248	22.382	22.434
60	19.763	20.35	20.865	21.303	21.663	21.942	22.139	22.252	22.282
65	19.655	20.238	20.746	21.174	21.522	21.785	21.964	22.057	22.063
70	19.535	20.113	20.612	21.031	21.366	21.614	21.775	21.848	21.832
75	19.379	19.95	20.441	20.848	21.169	21.401	21.544	21.596	21.557
80	19.186	19.75	20.232	20.627	20.934	21.151	21.275	21.307	21.246
85	18.958	19.515	19.988	20.373	20.667	20.869	20.977	20.991	20.91
90	18.686	19.243	19.714	20.095	20.384	20.578	20.677	20.679	20.585

ตารางที่ ก.64 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	19.603	19.55	19.376	18.932	18.452	17.908	17.326	16.678	15.865	14.594
5	20.002	19.978	19.827	19.398	18.902	18.362	17.769	17.116	16.282	14.958
10	20.407	20.405	20.271	19.857	19.351	18.807	18.206	17.541	16.684	15.306
15	20.805	20.818	20.697	20.295	19.782	19.233	18.622	17.944	17.064	15.632
20	21.185	21.207	21.092	20.702	20.185	19.63	19.01	18.318	17.415	15.93
25	21.535	21.558	21.444	21.065	20.549	19.99	19.361	18.655	17.731	16.196
30	21.844	21.86	21.743	21.376	20.866	20.305	19.668	18.948	18.004	16.423
35	22.101	22.103	21.979	21.624	21.129	20.567	19.925	19.192	18.231	16.609
40	22.295	22.277	22.142	21.804	21.329	20.77	20.125	19.382	18.407	16.749
45	22.418	22.373	22.225	21.909	21.462	20.911	20.267	19.514	18.53	16.844
50	22.463	22.386	22.223	21.936	21.526	20.988	20.35	19.588	18.597	16.9
55	22.406	22.297	22.108	21.837	21.458	20.938	20.312	19.542	18.557	16.875
60	22.227	22.09	21.87	21.57	21.185	20.688	20.074	19.311	18.339	16.692
65	21.983	21.817	21.567	21.235	20.822	20.331	19.728	18.983	18.023	16.481
70	21.727	21.535	21.256	20.893	20.448	19.925	19.314	18.591	17.651	16.229
75	21.428	21.209	20.901	20.509	20.032	19.477	18.845	18.128	17.22	15.934
80	21.093	20.848	20.514	20.093	19.587	19.001	18.337	17.602	16.734	15.648
85	20.735	20.467	20.108	19.66	19.127	18.512	17.82	17.055	16.224	15.29
90	20.395	20.11	19.732	19.264	18.709	18.071	17.355	16.565	15.707	-

ตารางที่ ก.65 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.447	18.647	18.809	18.932	19.015	19.059	19.064	19.03
5	18.234	18.521	18.77	18.979	19.148	19.274	19.36	19.403	19.406
10	18.307	18.641	18.936	19.188	19.398	19.564	19.686	19.764	19.798
15	18.424	18.801	19.137	19.429	19.676	19.876	20.029	20.135	20.194
20	18.578	18.994	19.367	19.693	19.971	20.2	20.378	20.506	20.583
25	18.761	19.212	19.617	19.971	20.275	20.525	20.722	20.865	20.954
30	18.967	19.447	19.876	20.254	20.576	20.842	21.051	21.203	21.296
35	19.185	19.687	20.136	20.53	20.865	21.14	21.354	21.506	21.596
40	19.405	19.924	20.386	20.789	21.129	21.406	21.618	21.765	21.846
45	19.618	20.147	20.615	21.02	21.36	21.632	21.835	21.969	22.034
50	19.814	20.346	20.814	21.214	21.546	21.806	21.995	22.11	22.152
55	19.919	20.448	20.91	21.301	21.62	21.863	22.031	22.122	22.137
60	19.843	20.368	20.821	21.2	21.502	21.726	21.871	21.936	21.922
65	19.718	20.239	20.686	21.054	21.343	21.55	21.676	21.719	21.679
70	19.566	20.083	20.522	20.879	21.154	21.345	21.451	21.471	21.407
75	19.39	19.903	20.335	20.683	20.946	21.121	21.21	21.211	21.125
80	19.166	19.674	20.099	20.437	20.687	20.848	20.919	20.9	20.792
85	18.896	19.402	19.82	20.149	20.387	20.534	20.59	20.554	20.426
90	18.583	19.092	19.512	19.84	20.075	20.217	20.265	20.219	20.08

ตารางที่ ก.66 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.959	18.853	18.626	18.124	17.622	17.037	16.443	15.75	14.932	13.608
5	19.369	19.294	19.091	18.591	18.076	17.486	16.887	16.192	15.351	13.968
10	19.788	19.738	19.553	19.055	18.527	17.93	17.323	16.621	15.756	14.312
15	20.206	20.173	20.002	19.51	18.963	18.363	17.742	17.029	16.139	14.634
20	20.61	20.588	20.424	19.941	19.376	18.773	18.135	17.409	16.493	14.928
25	20.989	20.97	20.809	20.333	19.76	19.146	18.495	17.752	16.812	15.188
30	21.331	21.309	21.144	20.675	20.099	19.476	18.815	18.053	17.089	15.408
35	21.625	21.592	21.42	20.959	20.384	19.755	19.086	18.304	17.32	15.586
40	21.861	21.811	21.626	21.176	20.61	19.976	19.304	18.501	17.499	15.72
45	22.029	21.955	21.755	21.32	20.769	20.135	19.464	18.641	17.629	15.83
50	22.121	22.017	21.801	21.388	20.86	20.235	19.561	18.728	17.716	15.895
55	22.075	21.938	21.705	21.324	20.83	20.218	19.544	18.717	17.701	15.905
60	21.828	21.655	21.404	21.061	20.604	20.014	19.346	18.532	17.52	15.812
65	21.557	21.355	21.073	20.715	20.263	19.702	19.043	18.248	17.248	15.645
70	21.258	21.027	20.714	20.324	19.857	19.319	18.669	17.898	16.917	15.435
75	20.952	20.695	20.355	19.935	19.439	18.869	18.219	17.475	16.524	15.219
80	20.596	20.314	19.948	19.501	18.976	18.377	17.71	16.981	16.076	14.987
85	20.209	19.905	19.514	19.042	18.491	17.867	17.174	16.42	15.598	14.687
90	19.849	19.529	19.122	18.632	18.062	17.418	16.705	15.931	15.108	-

ตารางที่ ก.67 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.248	18.251	18.219	18.152	18.052	17.92	17.756	17.565
5	18.235	18.324	18.377	18.394	18.375	18.321	18.233	18.113	17.963
10	18.31	18.448	18.549	18.612	18.638	18.628	18.581	18.5	18.386
15	18.431	18.616	18.762	18.868	18.936	18.964	18.954	18.907	18.824
20	18.595	18.823	19.01	19.156	19.26	19.322	19.343	19.324	19.266
25	18.795	19.062	19.286	19.466	19.601	19.692	19.738	19.741	19.702
30	19.023	19.325	19.58	19.789	19.95	20.063	20.129	20.147	20.119
35	19.273	19.603	19.884	20.116	20.296	20.425	20.503	20.53	20.507
40	19.533	19.886	20.188	20.435	20.628	20.767	20.85	20.878	20.853
45	19.795	20.165	20.48	20.737	20.936	21.077	21.158	21.181	21.146
50	20.049	20.429	20.75	21.01	21.209	21.345	21.418	21.428	21.377
55	20.219	20.606	20.93	21.189	21.383	21.51	21.571	21.565	21.493
60	20.197	20.594	20.922	21.181	21.37	21.488	21.535	21.513	21.421
65	20.066	20.47	20.8	21.056	21.237	21.343	21.374	21.332	21.217
70	19.851	20.259	20.588	20.837	21.007	21.097	21.109	21.043	20.902
75	19.53	19.942	20.267	20.506	20.661	20.733	20.722	20.631	20.461
80	19.088	19.5	19.819	20.046	20.185	20.236	20.202	20.084	19.884
85	18.562	18.978	19.295	19.515	19.641	19.676	19.623	19.482	19.259
90	17.972	18.405	18.733	18.958	19.085	19.117	19.056	18.907	18.672

ตารางที่ ก.68 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.348	17.107	16.738	16.093	15.508	14.863	14.213	13.462	12.594	11.261
5	17.784	17.58	17.236	16.57	15.981	15.327	14.668	13.902	13.009	11.615
10	18.241	18.067	17.743	17.051	16.455	15.789	15.118	14.333	13.414	11.955
15	18.707	18.557	18.248	17.528	16.92	16.238	15.553	14.747	13.801	12.277
20	19.171	19.039	18.738	17.989	17.367	16.667	15.965	15.138	14.162	12.574
25	19.621	19.501	19.202	18.425	17.786	17.066	16.346	15.498	14.491	12.842
30	20.046	19.93	19.627	18.823	18.166	17.427	16.688	15.82	14.783	13.083
35	20.435	20.315	20.002	19.175	18.5	17.742	16.983	16.097	15.03	13.305
40	20.774	20.644	20.316	19.472	18.778	18.003	17.226	16.324	15.229	13.492
45	21.054	20.907	20.559	19.705	18.994	18.204	17.411	16.495	15.375	13.641
50	21.265	21.094	20.723	19.868	19.141	18.341	17.532	16.609	15.465	13.749
55	21.358	21.159	20.764	19.921	19.185	18.382	17.564	16.64	15.481	13.832
60	21.261	21.035	20.622	19.807	19.074	18.28	17.464	16.555	15.395	13.847
65	21.031	20.776	20.346	19.575	18.851	18.077	17.268	16.383	15.233	13.811
70	20.686	20.4	19.958	19.244	18.536	17.79	16.993	16.139	15.051	13.742
75	20.215	19.896	19.448	18.807	18.124	17.423	16.636	15.82	14.817	13.674
80	19.607	19.255	18.812	18.258	17.618	16.964	16.206	15.44	14.519	13.56
85	18.956	18.578	18.128	17.613	17.018	16.393	15.69	14.973	14.159	13.402
90	18.356	17.963	17.498	16.968	16.38	15.744	15.073	14.387	13.718	-

ตารางที่ ก.69 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	18.023	17.803	17.551	17.27	16.961	16.629	16.276	15.906
5	18.235	18.1	17.931	17.731	17.5	17.241	16.958	16.653	16.329
10	18.312	18.228	18.11	17.96	17.778	17.567	17.33	17.069	16.787
15	18.44	18.406	18.337	18.234	18.098	17.932	17.737	17.516	17.272
20	18.615	18.628	18.606	18.547	18.454	18.328	18.171	17.986	17.775
25	18.833	18.891	18.911	18.893	18.838	18.748	18.624	18.468	18.284
30	19.088	19.187	19.245	19.263	19.241	19.181	19.084	18.952	18.787
35	19.372	19.507	19.599	19.647	19.652	19.616	19.539	19.424	19.273
40	19.678	19.844	19.963	20.035	20.061	20.042	19.979	19.874	19.728
45	19.996	20.186	20.326	20.416	20.457	20.448	20.392	20.289	20.141
50	20.315	20.523	20.678	20.779	20.827	20.821	20.764	20.657	20.5
55	20.562	20.788	20.955	21.065	21.117	21.112	21.051	20.935	20.767
60	20.648	20.896	21.08	21.201	21.26	21.257	21.194	21.072	20.893
65	20.665	20.93	21.126	21.255	21.316	21.311	21.241	21.108	20.914
70	20.641	20.916	21.118	21.246	21.303	21.289	21.207	21.058	20.845
75	20.553	20.832	21.032	21.155	21.202	21.174	21.074	20.904	20.667
80	20.379	20.659	20.853	20.965	20.996	20.95	20.829	20.635	20.371
85	20.092	20.368	20.554	20.653	20.667	20.6	20.454	20.233	19.941
90	19.622	19.89	20.063	20.145	20.139	20.048	19.877	19.629	19.309

ตารางที่ ก.70 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.522	15.129	14.657	14.025	13.357	12.726	12.413	12.32	12.211	11.98
5	15.989	15.639	15.194	14.567	13.891	13.238	12.893	12.812	12.723	12.477
10	16.488	16.175	15.754	15.124	14.435	13.756	13.378	13.266	13.213	12.962
15	17.008	16.727	16.324	15.686	14.978	14.269	13.857	13.701	13.688	13.426
20	17.54	17.286	16.893	16.241	15.509	14.766	14.319	14.121	14.136	13.812
25	18.072	17.837	17.448	16.775	16.014	15.235	14.751	14.516	14.524	14.162
30	18.592	18.369	17.977	17.277	16.482	15.664	15.144	14.875	14.861	14.473
35	19.086	18.868	18.466	17.733	16.901	16.043	15.489	15.191	15.149	14.74
40	19.543	19.323	18.903	18.132	17.259	16.362	15.776	15.457	15.399	14.96
45	19.951	19.72	19.276	18.463	17.548	16.612	16	15.67	15.61	15.133
50	20.296	20.048	19.574	18.716	17.758	16.787	16.157	15.828	15.766	15.264
55	20.547	20.278	19.772	18.872	17.877	16.882	16.244	15.931	15.82	15.36
60	20.658	20.372	19.839	18.906	17.888	16.888	16.26	15.983	15.816	15.336
65	20.662	20.355	19.794	18.834	17.803	16.812	16.214	15.99	15.767	15.231
70	20.57	20.237	19.647	18.663	17.628	16.662	16.113	15.964	15.687	15.129
75	20.366	20.005	19.385	18.385	17.359	16.438	15.966	15.765	15.437	15.02
80	20.041	19.65	19.003	17.999	16.998	16.146	15.78	15.53	15.121	14.814
85	19.581	19.158	18.488	17.494	16.538	15.784	15.492	15.166	14.715	14.44
90	18.92	18.469	17.785	16.822	15.939	15.317	15.001	14.633	14.176	-

ตารางที่ ก.71 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.209	17.877	17.512	17.117	16.696	16.253	15.791	15.315	14.829
5	18.235	17.955	17.642	17.3	16.932	16.541	16.13	15.704	15.267
10	18.314	18.086	17.826	17.536	17.219	16.878	16.517	16.139	15.749
15	18.445	18.269	18.061	17.821	17.554	17.261	16.947	16.613	16.265
20	18.627	18.502	18.343	18.152	17.931	17.683	17.411	17.118	16.807
25	18.857	18.78	18.668	18.521	18.343	18.135	17.9	17.642	17.363
30	19.129	19.097	19.027	18.921	18.781	18.608	18.405	18.176	17.922
35	19.437	19.445	19.413	19.343	19.234	19.091	18.914	18.707	18.471
40	19.772	19.816	19.817	19.775	19.693	19.572	19.414	19.222	18.998
45	20.126	20.199	20.226	20.208	20.145	20.04	19.894	19.709	19.489
50	20.488	20.585	20.631	20.629	20.579	20.482	20.34	20.156	19.931
55	20.784	20.904	20.971	20.983	20.944	20.853	20.713	20.526	20.294
60	20.919	21.073	21.166	21.199	21.175	21.095	20.961	20.775	20.54
65	20.984	21.168	21.284	21.335	21.322	21.249	21.117	20.928	20.686
70	21.006	21.212	21.345	21.406	21.399	21.326	21.189	20.992	20.737
75	20.959	21.182	21.325	21.391	21.384	21.305	21.159	20.948	20.676
80	20.826	21.06	21.207	21.273	21.259	21.17	21.01	20.781	20.489
85	20.585	20.824	20.97	21.029	21.005	20.902	20.723	20.474	20.159
90	20.159	20.397	20.538	20.587	20.549	20.428	20.23	19.958	19.619

ตารางที่ ก.72 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (อบ - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.337	13.846	13.307	12.766	12.327	11.977	11.695	11.469	11.214	10.787
5	14.824	14.379	13.87	13.324	12.853	12.486	12.187	11.942	11.656	11.165
10	15.35	14.946	14.462	13.904	13.392	13	12.677	12.409	12.088	11.529
15	15.906	15.54	15.073	14.496	13.933	13.509	13.157	12.861	12.502	11.873
20	16.482	16.147	15.692	15.086	14.465	14.003	13.617	13.289	12.891	12.191
25	17.067	16.757	16.306	15.663	14.976	14.472	14.048	13.686	13.246	12.475
30	17.648	17.355	16.9	16.213	15.456	14.905	14.44	14.042	13.561	12.719
35	18.211	17.929	17.462	16.722	15.893	15.291	14.785	14.349	13.83	12.92
40	18.745	18.465	17.978	17.176	16.277	15.622	15.074	14.602	14.046	13.072
45	19.234	18.949	18.434	17.564	16.596	15.888	15.3	14.793	14.204	13.171
50	19.667	19.369	18.818	17.872	16.841	16.083	15.457	14.918	14.301	13.216
55	20.02	19.705	19.116	18.09	17.006	16.2	15.541	14.973	14.335	13.224
60	20.258	19.933	19.31	18.206	17.082	16.234	15.576	14.957	14.322	13.2
65	20.394	20.055	19.396	18.215	17.066	16.183	15.539	14.898	14.262	13.193
70	20.429	20.071	19.374	18.114	16.958	16.079	15.43	14.788	14.143	13.178
75	20.348	19.967	19.229	17.895	16.785	15.903	15.25	14.616	13.968	13.128
80	20.138	19.733	18.954	17.551	16.521	15.646	15.001	14.386	13.742	13.118
85	19.783	19.352	18.535	17.115	16.149	15.296	14.673	14.094	13.493	13.106
90	19.219	18.763	17.911	16.498	15.616	14.81	14.226	13.738	13.231	-

ตารางที่ ก.73 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	17.863	17.533	17.173	16.786	16.376	15.946	15.501	15.045
5	18.187	17.941	17.663	17.355	17.02	16.661	16.282	15.887	15.479
10	18.265	18.071	17.845	17.588	17.304	16.995	16.665	16.317	15.954
15	18.395	18.253	18.077	17.87	17.635	17.373	17.088	16.783	16.462
20	18.575	18.483	18.356	18.196	18.006	17.788	17.544	17.279	16.993
25	18.802	18.756	18.675	18.559	18.411	18.232	18.025	17.792	17.538
30	19.069	19.068	19.028	18.951	18.839	18.694	18.518	18.313	18.083
35	19.371	19.409	19.406	19.363	19.283	19.165	19.014	18.83	18.617
40	19.699	19.771	19.8	19.785	19.729	19.634	19.5	19.33	19.126
45	20.044	20.145	20.198	20.206	20.168	20.087	19.963	19.8	19.599
50	20.396	20.518	20.59	20.613	20.587	20.513	20.393	20.228	20.022
55	20.742	20.88	20.964	20.995	20.972	20.898	20.774	20.602	20.383
60	20.951	21.11	21.211	21.252	21.237	21.165	21.038	20.859	20.629
65	21.045	21.227	21.343	21.396	21.387	21.316	21.187	21	20.759
70	21.061	21.261	21.39	21.45	21.443	21.37	21.233	21.036	20.78
75	21.019	21.231	21.367	21.427	21.416	21.334	21.185	20.971	20.696
80	20.855	21.075	21.213	21.271	21.252	21.159	20.995	20.763	20.466
85	20.508	20.733	20.871	20.924	20.895	20.789	20.608	20.357	20.04
90	20.024	20.25	20.383	20.426	20.385	20.262	20.063	19.792	19.453

ตารางที่ ก.74 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ – AZ-160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.582	14.117	13.652	13.069	12.499	12.071	11.746	11.365	10.83	10.327
5	15.063	14.643	14.22	13.65	13.043	12.597	12.254	11.845	11.242	10.659
10	15.581	15.202	14.817	14.252	13.612	13.129	12.762	12.319	11.644	10.982
15	16.128	15.784	15.432	14.865	14.182	13.656	13.259	12.778	12.029	11.291
20	16.693	16.379	16.053	15.477	14.743	14.168	13.737	13.214	12.389	11.579
25	17.264	16.974	16.668	16.074	15.282	14.653	14.186	13.617	12.716	11.842
30	17.829	17.556	17.262	16.642	15.786	15.102	14.596	13.979	13.003	12.075
35	18.377	18.112	17.822	17.169	16.242	15.504	14.958	14.292	13.244	12.274
40	18.892	18.629	18.335	17.64	16.64	15.848	15.264	14.548	13.433	12.433
45	19.363	19.093	18.788	18.043	16.967	16.127	15.506	14.742	13.565	12.575
50	19.776	19.492	19.168	18.366	17.213	16.332	15.678	14.869	13.636	12.685
55	20.119	19.815	19.464	18.599	17.37	16.457	15.776	14.923	13.664	12.784
60	20.351	20.027	19.654	18.728	17.429	16.497	15.795	14.904	13.649	12.916
65	20.466	20.124	19.729	18.745	17.403	16.449	15.733	14.81	13.614	13.02
70	20.469	20.107	19.688	18.647	17.294	16.312	15.592	14.695	13.562	13.095
75	20.363	19.976	19.531	18.432	17.087	16.103	15.398	14.527	13.472	13.14
80	20.11	19.699	19.228	18.076	16.762	15.843	15.143	14.299	13.338	13.156
85	19.662	19.229	18.737	17.54	16.284	15.459	14.788	14.005	13.225	13.142
90	19.053	18.598	18.087	16.851	15.723	14.969	14.342	13.662	13.152	-

ตารางที่ ก.75 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.02	17.845	17.637	17.4	17.134	16.844	16.531	16.198
5	18.187	18.096	17.972	17.815	17.628	17.412	17.169	16.902	16.615
10	18.263	18.223	18.149	18.042	17.902	17.732	17.535	17.311	17.065
15	18.389	18.399	18.372	18.312	18.217	18.091	17.934	17.75	17.54
20	18.562	18.618	18.637	18.619	18.566	18.479	18.359	18.209	18.03
25	18.775	18.875	18.935	18.957	18.941	18.888	18.799	18.677	18.523
30	19.025	19.164	19.261	19.317	19.332	19.308	19.244	19.144	19.009
35	19.302	19.475	19.604	19.689	19.73	19.728	19.683	19.599	19.475
40	19.598	19.801	19.956	20.063	20.124	20.137	20.105	20.028	19.908
45	19.905	20.13	20.305	20.429	20.501	20.524	20.496	20.42	20.298
50	20.211	20.453	20.64	20.774	20.852	20.876	20.847	20.765	20.632
55	20.505	20.757	20.951	21.087	21.164	21.183	21.144	21.049	20.899
60	20.654	20.919	21.122	21.261	21.338	21.352	21.305	21.197	21.03
65	20.677	20.956	21.166	21.309	21.384	21.392	21.335	21.213	21.029
70	20.612	20.9	21.115	21.257	21.327	21.325	21.254	21.115	20.91
75	20.478	20.771	20.985	21.121	21.181	21.165	21.076	20.916	20.687
80	20.212	20.507	20.717	20.845	20.892	20.859	20.75	20.567	20.313
85	19.753	20.048	20.252	20.37	20.402	20.352	20.222	20.016	19.737
90	19.144	19.436	19.632	19.737	19.752	19.682	19.53	19.3	18.996

ตารางที่ ก.76 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ – AZ-120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.851	15.491	15.121	14.537	13.797	13.056	12.423	11.775	10.863	10.175
5	16.311	15.992	15.66	15.088	14.316	13.561	12.913	12.237	11.254	10.49
10	16.8	16.517	16.218	15.651	14.842	14.067	13.399	12.691	11.636	10.797
15	17.308	17.056	16.785	16.217	15.363	14.562	13.871	13.128	11.998	11.092
20	17.826	17.598	17.347	16.772	15.869	15.038	14.321	13.538	12.333	11.37
25	18.34	18.131	17.893	17.303	16.349	15.483	14.738	13.913	12.64	11.626
30	18.841	18.642	18.41	17.799	16.791	15.888	15.113	14.246	12.913	11.857
35	19.314	19.118	18.886	18.245	17.186	16.243	15.439	14.528	13.144	12.058
40	19.747	19.547	19.306	18.632	17.522	16.539	15.708	14.754	13.328	12.249
45	20.13	19.918	19.661	18.946	17.791	16.769	15.912	14.917	13.463	12.441
50	20.449	20.219	19.939	19.179	17.985	16.926	16.047	15.013	13.571	12.625
55	20.695	20.44	20.131	19.323	18.098	17.005	16.109	15.05	13.628	12.784
60	20.806	20.527	20.19	19.339	18.104	16.991	16.092	15.056	13.65	12.916
65	20.784	20.481	20.117	19.229	18.001	16.922	16.007	14.998	13.646	13.02
70	20.642	20.313	19.922	19.001	17.797	16.768	15.864	14.88	13.597	13.095
75	20.392	20.035	19.613	18.665	17.5	16.533	15.648	14.701	13.511	13.14
80	19.991	19.605	19.156	18.19	17.088	16.194	15.343	14.456	13.436	13.156
85	19.389	18.978	18.503	17.536	16.549	15.713	14.916	14.127	13.33	13.142
90	18.623	18.187	17.69	16.762	15.88	15.113	14.386	13.757	13.255	-

ตารางที่ ก.77 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.234	18.272	18.274	18.241	18.174	18.073	17.941	17.78
5	18.186	18.31	18.397	18.447	18.462	18.44	18.384	18.295	18.173
10	18.261	18.432	18.567	18.664	18.722	18.743	18.727	18.675	18.589
15	18.381	18.599	18.777	18.917	19.016	19.075	19.094	19.075	19.019
20	18.543	18.803	19.022	19.199	19.334	19.426	19.476	19.484	19.451
25	18.739	19.038	19.293	19.503	19.668	19.787	19.861	19.89	19.875
30	18.964	19.295	19.581	19.818	20.008	20.149	20.24	20.283	20.279
35	19.207	19.566	19.876	20.136	20.344	20.499	20.602	20.652	20.651
40	19.46	19.841	20.17	20.445	20.664	20.827	20.934	20.985	20.98
45	19.714	20.11	20.451	20.734	20.958	21.123	21.227	21.271	21.255
50	19.957	20.363	20.709	20.994	21.216	21.375	21.469	21.5	21.468
55	20.179	20.588	20.933	21.213	21.427	21.573	21.652	21.663	21.607
60	20.254	20.664	21.006	21.279	21.482	21.614	21.675	21.664	21.583
65	20.216	20.623	20.958	21.22	21.408	21.522	21.562	21.527	21.418
70	20.102	20.501	20.825	21.071	21.241	21.333	21.347	21.284	21.144
75	19.922	20.309	20.617	20.844	20.991	21.056	21.041	20.946	20.773
80	19.628	19.998	20.286	20.491	20.612	20.649	20.604	20.476	20.269
85	19.252	19.614	19.889	20.079	20.183	20.2	20.133	19.983	19.751
90	18.964	19.331	19.61	19.801	19.903	19.917	19.845	19.689	19.449

ตารางที่ ก.78 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ – AZ-80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.59	17.375	17.136	16.756	16.37	16.051	15.624	15.158	14.326	13.487
5	18.021	17.842	17.635	17.271	16.888	16.589	16.183	15.704	14.871	13.999
10	18.47	18.32	18.139	17.786	17.403	17.11	16.726	16.231	15.387	14.481
15	18.926	18.8	18.639	18.292	17.903	17.611	17.239	16.726	15.862	14.923
20	19.379	19.269	19.121	18.774	18.377	18.08	17.711	17.176	16.285	15.315
25	19.816	19.717	19.574	19.222	18.812	18.506	18.131	17.572	16.645	15.648
30	20.227	20.13	19.986	19.624	19.198	18.877	18.487	17.904	16.934	15.916
35	20.598	20.497	20.344	19.967	19.523	19.183	18.769	18.161	17.143	16.115
40	20.92	20.806	20.638	20.243	19.778	19.415	18.969	18.338	17.269	16.241
45	21.181	21.049	20.858	20.442	19.956	19.567	19.082	18.424	17.307	16.297
50	21.372	21.216	20.997	20.557	20.05	19.631	19.102	18.413	17.259	16.286
55	21.485	21.298	21.046	20.582	20.055	19.604	19.027	18.309	17.127	16.185
60	21.433	21.215	20.928	20.445	19.905	19.419	18.806	18.068	16.882	15.97
65	21.238	20.986	20.665	20.169	19.62	19.097	18.459	17.687	16.545	15.666
70	20.93	20.643	20.285	19.78	19.225	18.664	18.005	17.202	16.137	15.317
75	20.523	20.199	19.803	19.295	18.734	18.133	17.46	16.645	15.655	14.934
80	19.984	19.624	19.192	18.687	18.115	17.485	16.801	16.008	15.111	14.421
85	19.44	19.054	18.595	18.07	17.483	16.839	16.149	15.416	14.615	13.888
90	19.129	18.733	18.264	17.728	17.131	16.48	15.785	15.058	14.319	-

ตารางที่ ก.79 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.406	18.615	18.785	18.916	19.008	19.061	19.074	19.049
5	18.186	18.481	18.737	18.955	19.131	19.266	19.36	19.412	19.423
10	18.259	18.6	18.902	19.163	19.38	19.555	19.685	19.77	19.812
15	18.375	18.759	19.103	19.402	19.656	19.864	20.025	20.139	20.205
20	18.528	18.951	19.331	19.665	19.95	20.186	20.372	20.507	20.592
25	18.71	19.168	19.579	19.941	20.252	20.509	20.714	20.864	20.96
30	18.914	19.401	19.837	20.221	20.55	20.824	21.04	21.198	21.298
35	19.131	19.639	20.095	20.495	20.836	21.118	21.339	21.498	21.595
40	19.349	19.874	20.342	20.751	21.098	21.381	21.6	21.753	21.84
45	19.56	20.095	20.569	20.98	21.325	21.603	21.813	21.954	22.024
50	19.753	20.291	20.764	21.171	21.508	21.775	21.969	22.091	22.139
55	19.918	20.452	20.918	21.314	21.637	21.886	22.059	22.156	22.176
60	19.926	20.452	20.906	21.287	21.591	21.818	21.966	22.034	22.022
65	19.838	20.356	20.8	21.166	21.453	21.659	21.784	21.826	21.785
70	19.717	20.228	20.661	21.015	21.287	21.475	21.579	21.598	21.533
75	19.573	20.075	20.497	20.837	21.092	21.262	21.345	21.341	21.25
80	19.376	19.87	20.282	20.61	20.852	21.005	21.07	21.046	20.934
85	19.119	19.612	20.021	20.343	20.577	20.721	20.774	20.737	20.61
90	18.865	19.36	19.77	20.091	20.323	20.463	20.51	20.465	20.328

ตารางที่ ก.80 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ-40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.986	18.888	18.754	18.42	17.877	17.301	16.697	15.942	14.786	13.454
5	19.394	19.326	19.219	18.902	18.363	17.774	17.152	16.387	15.186	13.795
10	19.811	19.767	19.681	19.375	18.84	18.235	17.594	16.815	15.57	14.123
15	20.225	20.2	20.127	19.828	19.296	18.675	18.015	17.219	15.93	14.431
20	20.626	20.611	20.545	20.249	19.717	19.082	18.409	17.591	16.259	14.716
25	21.001	20.99	20.923	20.627	20.094	19.447	18.762	17.922	16.55	14.973
30	21.34	21.324	21.25	20.949	20.416	19.762	19.066	18.206	16.8	15.203
35	21.63	21.603	21.514	21.207	20.674	20.019	19.314	18.436	17.004	15.401
40	21.861	21.817	21.707	21.391	20.862	20.212	19.502	18.609	17.17	15.563
45	22.025	21.957	21.82	21.496	20.974	20.335	19.629	18.722	17.287	15.704
50	22.114	22.016	21.846	21.515	21.008	20.387	19.689	18.778	17.355	15.81
55	22.119	21.987	21.78	21.445	20.961	20.366	19.68	18.774	17.376	15.887
60	21.931	21.762	21.515	21.184	20.738	20.175	19.505	18.615	17.262	15.867
65	21.663	21.46	21.178	20.819	20.379	19.846	19.193	18.333	17.053	15.787
70	21.383	21.151	20.838	20.446	19.979	19.434	18.79	17.973	16.8	15.679
75	21.074	20.813	20.47	20.047	19.548	18.975	18.331	17.574	16.536	15.537
80	20.734	20.448	20.079	19.629	19.102	18.501	17.833	17.099	16.214	15.314
85	20.394	20.091	19.702	19.232	18.684	18.062	17.372	16.62	15.815	14.968
90	20.101	19.785	19.382	18.896	18.332	17.693	16.986	16.219	15.402	-

ตารางที่ ค.81 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ0 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.455	18.713	18.931	19.11	19.247	19.343	19.398	19.412
5	18.186	18.53	18.835	19.1	19.323	19.503	19.639	19.732	19.781
10	18.258	18.648	18.998	19.306	19.569	19.787	19.959	20.084	20.162
15	18.373	18.806	19.196	19.541	19.84	20.091	20.292	20.444	20.545
20	18.523	18.994	19.42	19.798	20.127	20.404	20.629	20.8	20.918
25	18.702	19.206	19.661	20.066	20.419	20.716	20.958	21.143	21.27
30	18.9	19.431	19.911	20.336	20.706	21.017	21.269	21.46	21.589
35	19.109	19.66	20.157	20.597	20.977	21.295	21.55	21.74	21.865
40	19.317	19.883	20.391	20.838	21.222	21.54	21.79	21.973	22.086
45	19.516	20.09	20.602	21.05	21.43	21.741	21.981	22.149	22.244
50	19.695	20.27	20.78	21.221	21.592	21.889	22.112	22.26	22.331
55	19.843	20.413	20.914	21.343	21.698	21.976	22.176	22.297	22.339
60	19.864	20.428	20.92	21.337	21.677	21.937	22.115	22.212	22.227
65	19.791	20.349	20.832	21.237	21.562	21.804	21.962	22.036	22.025
70	19.669	20.22	20.693	21.086	21.395	21.62	21.758	21.81	21.774
75	19.526	20.068	20.53	20.909	21.203	21.41	21.528	21.557	21.497
80	19.326	19.861	20.313	20.681	20.961	21.152	21.252	21.261	21.179
85	19.066	19.6	20.049	20.411	20.684	20.865	20.954	20.95	20.853
90	18.788	19.323	19.772	20.133	20.401	20.577	20.658	20.644	20.535

ตารางที่ ก.82 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ – AZ0 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	19.386	19.321	19.217	18.898	18.354	17.812	17.232	16.475	15.304	13.935
5	19.787	19.752	19.673	19.371	18.827	18.271	17.682	16.91	15.693	14.264
10	20.195	20.182	20.123	19.833	19.288	18.719	18.12	17.33	16.067	14.582
15	20.597	20.6	20.553	20.272	19.727	19.145	18.535	17.726	16.419	14.885
20	20.983	20.995	20.953	20.677	20.132	19.54	18.918	18.091	16.744	15.169
25	21.341	21.354	21.31	21.035	20.495	19.894	19.262	18.417	17.034	15.429
30	21.658	21.666	21.612	21.336	20.805	20.199	19.559	18.697	17.285	15.661
35	21.925	21.92	21.85	21.571	21.051	20.448	19.802	18.926	17.493	15.862
40	22.131	22.107	22.013	21.731	21.228	20.635	19.986	19.1	17.654	16.03
45	22.267	22.217	22.095	21.81	21.331	20.754	20.105	19.214	17.767	16.164
50	22.326	22.245	22.089	21.804	21.358	20.804	20.159	19.268	17.831	16.285
55	22.301	22.185	21.99	21.71	21.31	20.781	20.143	19.26	17.85	16.379
60	22.159	22.01	21.78	21.472	21.078	20.576	19.949	19.084	17.732	16.381
65	21.93	21.75	21.488	21.146	20.725	20.224	19.608	18.772	17.508	16.292
70	21.651	21.443	21.15	20.775	20.32	19.789	19.173	18.383	17.232	16.135
75	21.348	21.111	20.788	20.382	19.894	19.329	18.69	17.949	16.931	15.939
80	21.006	20.744	20.395	19.96	19.444	18.848	18.179	17.439	16.559	15.65
85	20.663	20.382	20.013	19.556	19.016	18.396	17.701	16.935	16.104	15.216
90	20.331	20.035	19.648	19.172	18.611	17.968	17.249	16.458	15.602	-

ตารางที่ ก.83 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ40 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.359	18.52	18.644	18.731	18.779	18.789	18.763	18.7
5	18.186	18.434	18.644	18.815	18.947	19.039	19.092	19.105	19.079
10	18.259	18.554	18.81	19.025	19.199	19.331	19.421	19.469	19.476
15	18.377	18.715	19.013	19.269	19.48	19.647	19.769	19.846	19.879
20	18.532	18.911	19.246	19.537	19.781	19.977	20.125	20.226	20.278
25	18.718	19.132	19.5	19.82	20.091	20.311	20.479	20.596	20.661
30	18.928	19.372	19.767	20.11	20.401	20.638	20.82	20.946	21.017
35	19.152	19.619	20.035	20.396	20.701	20.948	21.136	21.265	21.335
40	19.38	19.865	20.295	20.667	20.978	21.229	21.417	21.542	21.603
45	19.602	20.099	20.536	20.912	21.224	21.471	21.652	21.766	21.813
50	19.809	20.311	20.749	21.122	21.428	21.665	21.832	21.928	21.954
55	19.99	20.489	20.922	21.286	21.579	21.8	21.947	22.02	22.019
60	20.014	20.507	20.931	21.282	21.558	21.759	21.882	21.929	21.898
65	19.911	20.396	20.806	21.141	21.398	21.576	21.673	21.691	21.628
70	19.766	20.243	20.644	20.965	21.206	21.364	21.439	21.432	21.342
75	19.597	20.068	20.458	20.766	20.991	21.13	21.185	21.154	21.038
80	19.355	19.819	20.201	20.497	20.707	20.829	20.865	20.813	20.674
85	19.016	19.477	19.853	20.142	20.341	20.452	20.473	20.405	20.248
90	18.699	19.167	19.547	19.838	20.037	20.145	20.161	20.086	19.92

ตารางที่ ก.84 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.602	18.472	18.309	17.924	17.336	16.747	16.149	15.359	14.14	12.746
5	19.017	18.918	18.784	18.415	17.812	17.218	16.61	15.801	14.53	13.07
10	19.442	19.369	19.257	18.901	18.282	17.681	17.06	16.23	14.906	13.384
15	19.868	19.815	19.718	19.369	18.738	18.125	17.49	16.637	15.261	13.682
20	20.283	20.242	20.154	19.809	19.171	18.54	17.89	17.015	15.589	13.96
25	20.675	20.639	20.552	20.207	19.564	18.918	18.254	17.354	15.882	14.214
30	21.034	20.996	20.902	20.553	19.907	19.249	18.571	17.65	16.136	14.438
35	21.346	21.299	21.193	20.836	20.191	19.526	18.836	17.894	16.346	14.638
40	21.602	21.539	21.413	21.049	20.41	19.742	19.043	18.082	16.507	14.82
45	21.793	21.707	21.555	21.183	20.556	19.891	19.186	18.211	16.619	14.969
50	21.91	21.796	21.612	21.233	20.628	19.97	19.262	18.279	16.698	15.101
55	21.945	21.798	21.578	21.196	20.622	19.977	19.269	18.284	16.735	15.252
60	21.79	21.607	21.349	20.972	20.447	19.818	19.118	18.141	16.663	15.304
65	21.486	21.266	20.97	20.595	20.121	19.519	18.831	17.889	16.498	15.266
70	21.17	20.919	20.589	20.184	19.701	19.125	18.454	17.563	16.28	15.169
75	20.839	20.558	20.198	19.761	19.251	18.671	18.011	17.177	16.024	15.032
80	20.45	20.143	19.755	19.29	18.75	18.141	17.468	16.7	15.709	14.819
85	20.005	19.677	19.267	18.778	18.216	17.584	16.889	16.138	15.319	14.493
90	19.666	19.326	18.902	18.399	17.82	17.172	16.461	15.696	14.892	-

ตารางที่ ก.85 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	18.162	18.127	18.059	17.956	17.822	17.657	17.464	17.245
5	18.186	18.237	18.253	18.234	18.18	18.092	17.973	17.824	17.646
10	18.262	18.362	18.426	18.453	18.445	18.401	18.324	18.214	18.074
15	18.384	18.531	18.64	18.712	18.745	18.742	18.702	18.627	18.519
20	18.549	18.74	18.892	19.003	19.074	19.106	19.098	19.052	18.97
25	18.752	18.983	19.172	19.318	19.422	19.483	19.502	19.48	19.418
30	18.984	19.251	19.472	19.649	19.779	19.864	19.903	19.898	19.849
35	19.239	19.536	19.784	19.985	20.136	20.238	20.291	20.296	20.253
40	19.507	19.828	20.098	20.316	20.481	20.594	20.654	20.661	20.617
45	19.778	20.117	20.402	20.631	20.804	20.92	20.98	20.983	20.931
50	20.043	20.393	20.686	20.919	21.093	21.206	21.259	21.252	21.185
55	20.289	20.645	20.939	21.17	21.338	21.441	21.48	21.456	21.368
60	20.377	20.738	21.033	21.262	21.422	21.515	21.539	21.496	21.386
65	20.3	20.669	20.966	21.191	21.344	21.424	21.433	21.37	21.236
70	20.048	20.427	20.728	20.951	21.096	21.164	21.156	21.072	20.915
75	19.628	20.021	20.328	20.55	20.687	20.742	20.716	20.611	20.429
80	18.952	19.366	19.683	19.906	20.039	20.083	20.041	19.915	19.71
85	17.962	18.403	18.735	18.964	19.095	19.13	19.075	18.931	18.704
90	16.883	17.284	17.597	17.844	17.984	18.021	17.961	17.808	17.567

ตารางที่ ก.86 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ80 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.002	16.738	16.455	15.819	15.149	14.56	13.858	13.064	12.13	11.338
5	17.443	17.216	16.967	16.326	15.639	15.036	14.324	13.507	12.545	11.735
10	17.905	17.71	17.49	16.842	16.137	15.51	14.785	13.943	12.949	12.121
15	18.379	18.21	18.012	17.362	16.625	15.972	15.231	14.364	13.335	12.489
20	18.854	18.704	18.521	17.864	17.094	16.415	15.654	14.761	13.695	12.834
25	19.317	19.18	19.006	18.336	17.532	16.828	16.046	15.129	14.024	13.151
30	19.758	19.626	19.453	18.765	17.928	17.203	16.397	15.459	14.315	13.433
35	20.164	20.03	19.851	19.141	18.274	17.532	16.702	15.746	14.561	13.677
40	20.523	20.381	20.188	19.453	18.561	17.806	16.952	15.983	14.758	13.877
45	20.825	20.667	20.454	19.691	18.779	18.019	17.142	16.167	14.901	14.032
50	21.06	20.879	20.639	19.849	18.925	18.166	17.267	16.292	14.987	14.137
55	21.218	21.008	20.736	19.92	18.992	18.242	17.323	16.358	15.013	14.192
60	21.211	20.972	20.668	19.836	18.925	18.192	17.264	16.326	14.973	14.185
65	21.035	20.766	20.431	19.608	18.728	18.011	17.087	16.193	14.903	14.116
70	20.686	20.388	20.022	19.226	18.388	17.697	16.787	15.956	14.754	13.992
75	20.173	19.845	19.448	18.711	17.914	17.253	16.372	15.612	14.528	13.817
80	19.427	19.071	18.647	17.991	17.252	16.625	15.796	15.117	14.224	13.603
85	18.398	18.017	17.568	17.011	16.375	15.819	15.15	14.539	13.841	13.362
90	17.25	16.892	16.471	15.99	15.46	14.89	14.341	13.825	13.429	-

ตารางที่ ก.87 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ120 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	17.956	17.717	17.448	17.149	16.825	16.478	16.111	15.728
5	18.187	18.033	17.846	17.628	17.38	17.106	16.807	16.488	16.152
10	18.264	18.161	18.025	17.857	17.658	17.432	17.18	16.906	16.612
15	18.392	18.339	18.252	18.132	17.98	17.798	17.589	17.356	17.101
20	18.567	18.563	18.522	18.447	18.338	18.197	18.027	17.829	17.607
25	18.786	18.827	18.829	18.795	18.725	18.62	18.483	18.316	18.121
30	19.043	19.124	19.166	19.168	19.131	19.058	18.948	18.805	18.631
35	19.33	19.448	19.523	19.556	19.548	19.498	19.41	19.285	19.125
40	19.64	19.789	19.892	19.95	19.963	19.932	19.858	19.743	19.589
45	19.962	20.136	20.261	20.338	20.365	20.345	20.279	20.168	20.013
50	20.286	20.479	20.62	20.708	20.744	20.728	20.662	20.546	20.383
55	20.601	20.807	20.956	21.049	21.086	21.067	20.993	20.867	20.688
60	20.778	20.999	21.159	21.259	21.297	21.276	21.196	21.058	20.865
65	20.842	21.078	21.248	21.352	21.391	21.365	21.277	21.127	20.918
70	20.835	21.08	21.255	21.359	21.393	21.359	21.258	21.092	20.863
75	20.775	21.024	21.196	21.294	21.317	21.268	21.149	20.962	20.709
80	20.602	20.848	21.014	21.101	21.11	21.044	20.904	20.693	20.414
85	20.256	20.497	20.653	20.727	20.719	20.633	20.471	20.236	19.931
90	19.784	20.017	20.16	20.216	20.188	20.08	19.893	19.632	19.301

ตารางที่ ก.88 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปจ - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.333	14.931	14.522	13.957	13.259	12.556	12.071	11.666	11.256	11.107
5	15.802	15.442	15.073	14.523	13.82	13.094	12.59	12.139	11.652	11.45
10	16.303	15.981	15.647	15.107	14.393	13.643	13.109	12.61	12.051	11.738
15	16.827	16.538	16.233	15.696	14.965	14.186	13.616	13.068	12.438	12.022
20	17.364	17.101	16.82	16.278	15.524	14.711	14.101	13.504	12.801	12.295
25	17.901	17.659	17.394	16.841	16.057	15.205	14.552	13.906	13.133	12.554
30	18.428	18.199	17.942	17.372	16.551	15.657	14.96	14.267	13.427	12.792
35	18.932	18.708	18.452	17.857	16.995	16.054	15.314	14.578	13.675	12.999
40	19.398	19.173	18.911	18.283	17.376	16.387	15.606	14.832	13.874	13.184
45	19.817	19.582	19.305	18.641	17.684	16.646	15.828	15.024	14.02	13.345
50	20.175	19.923	19.625	18.918	17.91	16.823	15.976	15.151	14.114	13.508
55	20.461	20.185	19.859	19.105	18.045	16.914	16.044	15.211	14.158	13.662
60	20.619	20.321	19.969	19.174	18.073	16.911	16.031	15.206	14.179	13.816
65	20.652	20.332	19.954	19.123	17.991	16.819	15.942	15.142	14.172	14.012
70	20.574	20.229	19.824	18.959	17.807	16.649	15.803	15.026	14.19	14.078
75	20.393	20.019	19.583	18.688	17.523	16.4	15.604	14.87	14.254	14.222
80	20.071	19.667	19.201	18.284	17.126	16.058	15.339	14.705	14.191	14.229
85	19.561	19.131	18.639	17.713	16.585	15.597	14.993	14.582	14.127	14.251
90	18.905	18.449	17.933	17.013	15.94	15.061	14.602	14.261	13.966	-

ตารางที่ ก.89 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	18.161	17.838	17.483	17.098	16.687	16.254	15.802	15.336	14.859
5	18.187	17.916	17.613	17.28	16.922	16.54	16.139	15.723	15.296
10	18.265	18.046	17.796	17.515	17.208	16.876	16.525	16.156	15.775
15	18.396	18.229	18.029	17.799	17.541	17.257	16.952	16.628	16.288
20	18.577	18.461	18.31	18.128	17.916	17.677	17.413	17.129	16.827
25	18.806	18.737	18.633	18.495	18.325	18.126	17.9	17.65	17.379
30	19.077	19.052	18.99	18.892	18.76	18.595	18.401	18.18	17.934
35	19.382	19.398	19.374	19.311	19.211	19.075	18.906	18.706	18.479
40	19.716	19.766	19.774	19.74	19.666	19.553	19.402	19.218	19.001
45	20.067	20.147	20.181	20.17	20.114	20.016	19.878	19.7	19.487
50	20.426	20.529	20.582	20.587	20.544	20.454	20.319	20.142	19.924
55	20.78	20.9	20.966	20.98	20.942	20.853	20.715	20.53	20.299
60	21	21.142	21.225	21.251	21.22	21.134	20.995	20.804	20.564
65	21.107	21.272	21.373	21.411	21.387	21.303	21.161	20.964	20.713
70	21.14	21.324	21.438	21.484	21.463	21.377	21.229	21.021	20.756
75	21.119	21.315	21.435	21.482	21.457	21.363	21.203	20.979	20.695
80	20.979	21.183	21.306	21.349	21.317	21.212	21.036	20.794	20.489
85	20.66	20.869	20.991	21.029	20.987	20.868	20.677	20.416	20.09
90	20.209	20.418	20.534	20.562	20.507	20.372	20.161	19.88	19.532

ตารางที่ ก.90 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (ปข – AZ160 – np10 – ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.378	13.895	13.415	12.899	12.365	11.961	11.646	11.33	10.873	10.391
5	14.862	14.425	13.988	13.486	12.928	12.493	12.159	11.815	11.291	10.733
10	15.385	14.99	14.592	14.096	13.505	13.031	12.672	12.294	11.699	11.065
15	15.938	15.58	15.215	14.718	14.093	13.571	13.176	12.76	12.091	11.38
20	16.51	16.183	15.845	15.34	14.675	14.099	13.661	13.203	12.458	11.673
25	17.09	16.788	16.47	15.949	15.236	14.6	14.117	13.614	12.794	11.938
30	17.667	17.381	17.077	16.531	15.762	15.063	14.536	13.984	13.09	12.176
35	18.226	17.95	17.651	17.072	16.239	15.477	14.907	14.306	13.341	12.384
40	18.754	18.481	18.179	17.559	16.655	15.83	15.223	14.572	13.54	12.555
45	19.239	18.96	18.647	17.979	16.996	16.113	15.476	14.776	13.683	12.685
50	19.667	19.375	19.044	18.319	17.251	16.319	15.658	14.912	13.766	12.775
55	20.027	19.714	19.357	18.569	17.412	16.457	15.766	14.977	13.787	12.856
60	20.277	19.946	19.567	18.715	17.475	16.51	15.796	14.967	13.75	12.916
65	20.412	20.064	19.663	18.751	17.451	16.474	15.745	14.883	13.687	13.02
70	20.438	20.069	19.645	18.673	17.322	16.349	15.614	14.725	13.605	13.095
75	20.354	19.961	19.511	18.477	17.111	16.134	15.405	14.548	13.516	13.14
80	20.125	19.707	19.232	18.142	16.804	15.833	15.142	14.322	13.385	13.156
85	19.704	19.264	18.767	17.631	16.348	15.464	14.799	14.032	13.25	13.142
90	19.124	18.662	18.145	16.969	15.768	14.993	14.369	13.679	13.152	-

ตารางที่ ก.91 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	15.933	15.692	15.428	15.144	14.843	14.528	14.202	13.867
5	16.173	16.002	15.806	15.588	15.351	15.095	14.824	14.541	14.248
10	16.242	16.117	15.967	15.794	15.601	15.389	15.16	14.918	14.665
15	16.357	16.277	16.171	16.042	15.891	15.72	15.531	15.327	15.109
20	16.516	16.479	16.416	16.329	16.217	16.084	15.931	15.76	15.574
25	16.715	16.72	16.697	16.647	16.572	16.473	16.351	16.209	16.049
30	16.95	16.993	17.006	16.991	16.948	16.878	16.783	16.665	16.526
35	17.215	17.292	17.338	17.352	17.336	17.291	17.217	17.118	16.993
40	17.503	17.611	17.684	17.723	17.728	17.702	17.644	17.556	17.44
45	17.807	17.939	18.034	18.093	18.115	18.101	18.052	17.97	17.857
50	18.117	18.269	18.381	18.453	18.485	18.477	18.432	18.35	18.231
55	18.425	18.591	18.714	18.793	18.829	18.822	18.773	18.684	18.555
60	18.668	18.847	18.979	19.064	19.102	19.093	19.039	18.94	18.798
65	18.81	19.004	19.146	19.237	19.276	19.266	19.205	19.097	18.942
70	18.871	19.077	19.228	19.322	19.361	19.345	19.277	19.157	18.987
75	18.892	19.105	19.258	19.35	19.383	19.358	19.276	19.14	18.951
80	18.785	19.003	19.156	19.244	19.269	19.233	19.137	18.983	18.775
85	18.533	18.754	18.904	18.986	19.002	18.952	18.841	18.67	18.442
90	18.195	18.414	18.559	18.631	18.633	18.568	18.438	18.247	17.998

ตารางที่ ก.92 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	13.528	13.187	12.849	12.447	12.009	11.642	11.388	11.03	10.539	10.249
5	13.95	13.648	13.347	12.967	12.522	12.134	11.865	11.477	10.92	10.581
10	14.404	14.137	13.869	13.506	13.052	12.634	12.341	11.922	11.295	10.905
15	14.882	14.646	14.406	14.054	13.585	13.13	12.81	12.354	11.655	11.215
20	15.375	15.165	14.948	14.601	14.11	13.612	13.261	12.764	11.993	11.506
25	15.874	15.684	15.483	15.135	14.615	14.071	13.687	13.143	12.304	11.778
30	16.368	16.192	16.002	15.646	15.088	14.495	14.078	13.482	12.583	12.024
35	16.846	16.678	16.492	16.12	15.52	14.876	14.428	13.778	12.825	12.24
40	17.298	17.131	16.942	16.549	15.898	15.205	14.728	14.026	13.023	12.43
45	17.713	17.54	17.341	16.919	16.212	15.472	14.971	14.218	13.186	12.594
50	18.079	17.895	17.679	17.223	16.453	15.671	15.153	14.349	13.306	12.726
55	18.388	18.185	17.948	17.451	16.614	15.796	15.268	14.415	13.376	12.863
60	18.615	18.392	18.131	17.593	16.686	15.859	15.313	14.415	13.397	12.968
65	18.743	18.5	18.217	17.64	16.671	15.846	15.287	14.348	13.366	13.041
70	18.77	18.507	18.201	17.587	16.58	15.755	15.189	14.214	13.303	13.081
75	18.711	18.424	18.093	17.439	16.398	15.586	15.021	14.052	13.242	13.088
80	18.514	18.205	17.85	17.162	16.139	15.323	14.778	13.882	13.167	13.063
85	18.161	17.83	17.455	16.739	15.76	14.986	14.466	13.685	13.08	13.006
90	17.696	17.344	16.949	16.208	15.288	14.593	14.099	13.456	13.021	-

ตารางที่ ก.93 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.051	15.927	15.778	15.608	15.416	15.206	14.979	14.738
5	16.173	16.119	16.04	15.936	15.81	15.661	15.493	15.308	15.106
10	16.241	16.232	16.197	16.137	16.052	15.945	15.817	15.669	15.504
15	16.353	16.387	16.395	16.376	16.331	16.262	16.17	16.057	15.923
20	16.505	16.581	16.629	16.648	16.64	16.606	16.546	16.462	16.357
25	16.695	16.809	16.893	16.947	16.972	16.968	16.936	16.877	16.794
30	16.916	17.065	17.182	17.267	17.32	17.341	17.332	17.293	17.225
35	17.163	17.342	17.488	17.598	17.674	17.715	17.723	17.698	17.641
40	17.427	17.633	17.802	17.933	18.026	18.082	18.101	18.083	18.031
45	17.701	17.928	18.115	18.261	18.366	18.431	18.454	18.439	18.384
50	17.977	18.219	18.419	18.574	18.685	18.752	18.775	18.755	18.692
55	18.245	18.498	18.704	18.862	18.973	19.037	19.053	19.022	18.945
60	18.444	18.704	18.915	19.074	19.182	19.24	19.246	19.202	19.108
65	18.534	18.803	19.017	19.177	19.282	19.332	19.327	19.269	19.158
70	18.535	18.81	19.026	19.183	19.282	19.322	19.304	19.23	19.099
75	18.488	18.765	18.978	19.128	19.216	19.242	19.207	19.112	18.959
80	18.305	18.581	18.79	18.932	19.007	19.018	18.965	18.849	18.673
85	17.968	18.242	18.444	18.576	18.638	18.631	18.559	18.422	18.223
90	17.535	17.804	17.997	18.116	18.161	18.136	18.043	17.884	17.661

ตารางที่ ก.94 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.486	14.225	13.959	13.601	13.051	12.508	12.014	11.376	10.581	10.167
5	14.892	14.667	14.434	14.097	13.531	12.978	12.475	11.809	10.948	10.487
10	15.324	15.13	14.927	14.605	14.025	13.448	12.934	12.234	11.308	10.802
15	15.773	15.606	15.427	15.115	14.515	13.911	13.381	12.644	11.655	11.105
20	16.23	16.085	15.924	15.616	14.992	14.357	13.808	13.031	11.982	11.393
25	16.686	16.557	16.408	16.099	15.444	14.777	14.207	13.387	12.284	11.662
30	17.131	17.011	16.869	16.551	15.863	15.162	14.57	13.704	12.556	11.907
35	17.554	17.437	17.294	16.962	16.237	15.504	14.889	13.977	12.793	12.146
40	17.944	17.825	17.674	17.322	16.559	15.794	15.157	14.199	12.989	12.366
45	18.292	18.163	17.999	17.622	16.818	16.026	15.367	14.365	13.142	12.56
50	18.588	18.443	18.261	17.853	17.009	16.194	15.517	14.471	13.249	12.726
55	18.823	18.658	18.45	18.008	17.126	16.293	15.6	14.514	13.307	12.863
60	18.966	18.777	18.543	18.067	17.153	16.315	15.614	14.494	13.337	12.968
65	18.995	18.783	18.523	18.016	17.101	16.251	15.554	14.437	13.336	13.041
70	18.915	18.679	18.392	17.857	16.956	16.103	15.42	14.353	13.323	13.081
75	18.75	18.486	18.172	17.609	16.732	15.903	15.22	14.237	13.287	13.088
80	18.439	18.15	17.808	17.226	16.389	15.616	14.946	14.075	13.23	13.063
85	17.965	17.652	17.286	16.693	15.91	15.208	14.572	13.84	13.168	13.006
90	17.379	17.041	16.653	16.058	15.34	14.715	14.121	13.543	13.083	-

ตารางที่ ก.95 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.21	16.243	16.249	16.229	16.184	16.115	16.022	15.907
5	16.173	16.277	16.354	16.404	16.426	16.422	16.392	16.337	16.258
10	16.239	16.386	16.506	16.596	16.659	16.693	16.698	16.677	16.63
15	16.347	16.535	16.694	16.823	16.921	16.99	17.028	17.036	17.016
20	16.492	16.718	16.913	17.077	17.208	17.306	17.371	17.405	17.407
25	16.668	16.929	17.157	17.351	17.51	17.633	17.721	17.774	17.793
30	16.871	17.163	17.418	17.638	17.819	17.963	18.068	18.135	18.164
35	17.092	17.41	17.689	17.929	18.128	18.285	18.402	18.477	18.51
40	17.325	17.663	17.96	18.215	18.426	18.592	18.714	18.791	18.823
45	17.56	17.914	18.223	18.487	18.704	18.873	18.994	19.067	19.092
50	17.79	18.153	18.469	18.737	18.954	19.12	19.235	19.298	19.31
55	18.005	18.373	18.69	18.955	19.167	19.325	19.428	19.476	19.469
60	18.146	18.515	18.829	19.089	19.292	19.437	19.524	19.553	19.524
65	18.184	18.551	18.86	19.111	19.302	19.432	19.501	19.509	19.456
70	18.146	18.506	18.805	19.043	19.218	19.329	19.377	19.361	19.281
75	18.065	18.415	18.701	18.922	19.077	19.166	19.189	19.145	19.036
80	17.86	18.198	18.468	18.67	18.804	18.869	18.866	18.794	18.655
85	17.597	17.926	18.185	18.374	18.493	18.54	18.518	18.425	18.264
90	17.422	17.754	18.014	18.202	18.317	18.36	18.33	18.229	18.058

ตารางที่ ก.96 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รน - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.771	15.618	15.448	15.2	14.895	14.626	14.37	13.895	13.308	12.715
5	16.156	16.034	15.894	15.666	15.37	15.109	14.876	14.39	13.791	13.184
10	16.558	16.463	16.347	16.134	15.843	15.578	15.356	14.869	14.24	13.629
15	16.969	16.895	16.797	16.595	16.304	16.032	15.815	15.322	14.661	14.04
20	17.378	17.321	17.235	17.038	16.744	16.462	16.244	15.737	15.044	14.41
25	17.777	17.73	17.65	17.452	17.151	16.856	16.63	16.106	15.38	14.731
30	18.156	18.111	18.032	17.828	17.516	17.207	16.967	16.421	15.662	14.997
35	18.503	18.456	18.371	18.156	17.83	17.504	17.244	16.673	15.884	15.205
40	18.811	18.755	18.658	18.427	18.084	17.74	17.455	16.856	16.041	15.35
45	19.069	18.999	18.883	18.634	18.271	17.91	17.594	16.968	16.13	15.435
50	19.27	19.18	19.041	18.769	18.386	18.007	17.656	17.003	16.139	15.46
55	19.407	19.292	19.125	18.828	18.426	18.028	17.639	16.963	16.067	15.433
60	19.438	19.295	19.097	18.776	18.357	17.944	17.516	16.827	15.913	15.346
65	19.343	19.171	18.941	18.599	18.168	17.74	17.267	16.588	15.677	15.16
70	19.139	18.937	18.675	18.314	17.874	17.427	16.917	16.246	15.374	14.879
75	18.863	18.627	18.33	17.953	17.507	17.038	16.496	15.823	15.033	14.513
80	18.451	18.183	17.853	17.465	17.013	16.521	15.963	15.315	14.604	14.034
85	18.037	17.745	17.391	16.978	16.512	15.996	15.436	14.843	14.191	13.582
90	17.819	17.515	17.148	16.723	16.244	15.716	15.146	14.545	13.928	-

ตารางที่ ก.97 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.334	16.491	16.619	16.719	16.789	16.83	16.843	16.827
5	16.173	16.401	16.601	16.771	16.911	17.021	17.099	17.147	17.164
10	16.238	16.508	16.749	16.958	17.136	17.281	17.392	17.471	17.517
15	16.342	16.652	16.93	17.175	17.386	17.562	17.703	17.807	17.876
20	16.481	16.826	17.137	17.414	17.654	17.857	18.021	18.147	18.234
25	16.647	17.024	17.365	17.668	17.933	18.156	18.339	18.48	18.579
30	16.835	17.239	17.604	17.929	18.212	18.452	18.647	18.797	18.902
35	17.037	17.463	17.847	18.188	18.485	18.734	18.936	19.09	19.194
40	17.244	17.687	18.085	18.436	18.74	18.994	19.196	19.347	19.446
45	17.449	17.902	18.308	18.665	18.97	19.222	19.419	19.562	19.649
50	17.642	18.101	18.509	18.865	19.166	19.41	19.597	19.726	19.796
55	17.816	18.274	18.68	19.029	19.32	19.552	19.723	19.833	19.881
60	17.909	18.363	18.761	19.099	19.376	19.591	19.742	19.829	19.851
65	17.91	18.358	18.746	19.072	19.335	19.532	19.663	19.727	19.723
70	17.86	18.302	18.681	18.996	19.245	19.426	19.538	19.581	19.554
75	17.799	18.234	18.603	18.906	19.14	19.304	19.398	19.419	19.369
80	17.675	18.104	18.466	18.759	18.981	19.131	19.208	19.212	19.143
85	17.506	17.933	18.292	18.58	18.795	18.936	19.002	18.994	18.91
90	17.345	17.772	18.13	18.414	18.625	18.759	18.817	18.798	18.703

ตารางที่ ก.98 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.783	16.714	16.621	16.427	16.072	15.622	15.166	14.531	13.563	12.618
5	17.151	17.111	17.042	16.868	16.523	16.063	15.604	14.95	13.944	12.958
10	17.53	17.512	17.464	17.303	16.966	16.495	16.031	15.356	14.312	13.286
15	17.91	17.91	17.876	17.724	17.39	16.909	16.438	15.741	14.66	13.599
20	18.282	18.293	18.267	18.119	17.787	17.296	16.817	16.098	14.98	13.891
25	18.636	18.652	18.628	18.479	18.146	17.647	17.158	16.419	15.268	14.158
30	18.962	18.977	18.948	18.795	18.458	17.955	17.456	16.699	15.519	14.395
35	19.251	19.259	19.219	19.056	18.716	18.211	17.703	16.931	15.728	14.601
40	19.493	19.488	19.431	19.256	18.912	18.412	17.895	17.113	15.893	14.774
45	19.681	19.657	19.579	19.389	19.042	18.55	18.028	17.24	16.017	14.923
50	19.807	19.76	19.655	19.448	19.102	18.625	18.1	17.311	16.109	15.047
55	19.867	19.792	19.656	19.431	19.09	18.633	18.11	17.328	16.168	15.149
60	19.808	19.701	19.532	19.292	18.963	18.532	18.02	17.251	16.154	15.187
65	19.653	19.516	19.314	19.048	18.715	18.304	17.804	17.069	16.047	15.162
70	19.458	19.294	19.063	18.766	18.407	17.986	17.486	16.801	15.868	15.064
75	19.249	19.058	18.798	18.472	18.082	17.63	17.118	16.505	15.675	14.936
80	19.001	18.787	18.504	18.152	17.736	17.257	16.719	16.127	15.413	14.709
85	18.752	18.521	18.219	17.848	17.41	16.909	16.35	15.737	15.076	14.378
90	18.531	18.285	17.966	17.577	17.12	16.6	16.021	15.39	14.713	-

ตารางที่ ก.99 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.367	16.556	16.716	16.847	16.947	17.017	17.057	17.067
5	16.173	16.433	16.665	16.867	17.038	17.177	17.284	17.358	17.401
10	16.238	16.54	16.812	17.053	17.261	17.434	17.574	17.679	17.749
15	16.341	16.682	16.991	17.267	17.507	17.712	17.879	18.009	18.101
20	16.478	16.854	17.196	17.502	17.771	18.001	18.191	18.341	18.45
25	16.642	17.049	17.419	17.752	18.043	18.293	18.501	18.665	18.785
30	16.826	17.259	17.653	18.006	18.315	18.58	18.799	18.971	19.096
35	17.023	17.477	17.889	18.256	18.578	18.851	19.076	19.25	19.373
40	17.223	17.693	18.117	18.495	18.822	19.099	19.323	19.493	19.609
45	17.42	17.899	18.331	18.711	19.039	19.313	19.531	19.691	19.795
50	17.603	18.087	18.52	18.898	19.221	19.486	19.692	19.838	19.923
55	17.766	18.249	18.677	19.048	19.36	19.612	19.801	19.927	19.989
60	17.861	18.339	18.76	19.122	19.421	19.656	19.827	19.931	19.969
65	17.87	18.344	18.757	19.109	19.395	19.615	19.767	19.851	19.866
70	17.824	18.292	18.698	19.038	19.312	19.516	19.651	19.714	19.707
75	17.762	18.223	18.618	18.947	19.206	19.394	19.509	19.552	19.522
80	17.641	18.096	18.485	18.804	19.052	19.227	19.328	19.353	19.304
85	17.471	17.926	18.312	18.627	18.868	19.035	19.125	19.138	19.074
90	17.293	17.748	18.132	18.442	18.678	18.836	18.916	18.918	18.841

ตารางที่ ค.100 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.048	17.001	16.927	16.748	16.378	15.948	15.517	14.864	13.859	12.912
5	17.412	17.392	17.343	17.182	16.824	16.385	15.943	15.28	14.229	13.243
10	17.784	17.787	17.756	17.609	17.261	16.813	16.359	15.682	14.588	13.565
15	18.157	18.175	18.158	18.02	17.678	17.221	16.756	16.062	14.929	13.874
20	18.519	18.547	18.537	18.403	18.066	17.601	17.125	16.414	15.245	14.163
25	18.861	18.894	18.883	18.75	18.415	17.945	17.46	16.731	15.532	14.43
30	19.173	19.204	19.188	19.049	18.717	18.245	17.754	17.005	15.785	14.669
35	19.446	19.468	19.441	19.294	18.963	18.493	17.999	17.233	15.999	14.887
40	19.671	19.679	19.634	19.476	19.148	18.686	18.19	17.41	16.181	15.076
45	19.841	19.829	19.761	19.589	19.267	18.817	18.324	17.537	16.322	15.238
50	19.948	19.912	19.816	19.63	19.318	18.886	18.397	17.612	16.428	15.376
55	19.987	19.922	19.794	19.594	19.299	18.89	18.408	17.633	16.497	15.496
60	19.94	19.846	19.686	19.462	19.17	18.783	18.306	17.554	16.479	15.553
65	19.812	19.689	19.5	19.244	18.924	18.541	18.07	17.355	16.353	15.506
70	19.629	19.48	19.262	18.976	18.624	18.209	17.728	17.068	16.15	15.376
75	19.419	19.243	18.997	18.681	18.298	17.851	17.342	16.757	15.945	15.213
80	19.18	18.982	18.712	18.37	17.961	17.485	16.947	16.35	15.652	14.938
85	18.934	18.719	18.429	18.066	17.634	17.134	16.571	15.948	15.269	14.541
90	18.685	18.452	18.143	17.76	17.306	16.783	16.195	15.546	14.841	-

ตารางที่ ค.101 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.292	16.407	16.494	16.554	16.585	16.589	16.565	16.516
5	16.173	16.359	16.517	16.647	16.747	16.819	16.86	16.873	16.858
10	16.238	16.467	16.667	16.836	16.975	17.082	17.158	17.203	17.217
15	16.344	16.612	16.85	17.056	17.229	17.369	17.475	17.547	17.586
20	16.484	16.789	17.062	17.3	17.503	17.671	17.802	17.896	17.955
25	16.654	16.992	17.295	17.561	17.79	17.98	18.13	18.242	18.313
30	16.847	17.213	17.542	17.831	18.08	18.287	18.452	18.574	18.653
35	17.056	17.445	17.794	18.101	18.364	18.583	18.756	18.883	18.963
40	17.272	17.679	18.043	18.362	18.634	18.858	19.033	19.159	19.236
45	17.486	17.906	18.28	18.605	18.88	19.104	19.276	19.395	19.461
50	17.692	18.118	18.496	18.822	19.094	19.313	19.475	19.582	19.632
55	17.88	18.308	18.683	19.004	19.269	19.476	19.624	19.712	19.742
60	17.988	18.413	18.783	19.095	19.347	19.538	19.667	19.734	19.739
65	17.983	18.402	18.762	19.06	19.296	19.468	19.576	19.618	19.596
70	17.916	18.328	18.678	18.964	19.185	19.339	19.426	19.446	19.398
75	17.835	18.24	18.58	18.854	19.06	19.197	19.264	19.261	19.189
80	17.665	18.064	18.396	18.658	18.85	18.971	19.02	18.997	18.903
85	17.433	17.83	18.157	18.413	18.596	18.706	18.742	18.705	18.594
90	17.231	17.632	17.961	18.216	18.397	18.502	18.531	18.485	18.363

ตารางที่ ค.102 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.442	16.344	16.225	16.002	15.579	15.126	14.684	13.992	12.955	11.995
5	16.815	16.747	16.655	16.451	16.03	15.567	15.12	14.409	13.321	12.321
10	17.202	17.158	17.087	16.897	16.477	16.001	15.547	14.815	13.678	12.639
15	17.592	17.567	17.511	17.332	16.914	16.424	15.957	15.202	14.019	12.945
20	17.977	17.965	17.918	17.743	17.327	16.823	16.342	15.563	14.338	13.234
25	18.346	18.341	18.298	18.122	17.704	17.189	16.694	15.891	14.629	13.501
30	18.69	18.685	18.639	18.459	18.038	17.512	17.005	16.18	14.888	13.746
35	18.998	18.988	18.933	18.744	18.319	17.786	17.27	16.423	15.117	13.971
40	19.263	19.24	19.17	18.969	18.541	18.005	17.482	16.617	15.309	14.167
45	19.474	19.435	19.344	19.127	18.699	18.163	17.637	16.758	15.461	14.335
50	19.626	19.564	19.448	19.214	18.788	18.261	17.731	16.843	15.571	14.502
55	19.712	19.623	19.476	19.224	18.808	18.296	17.762	16.873	15.638	14.638
60	19.682	19.563	19.383	19.115	18.719	18.224	17.689	16.811	15.628	14.709
65	19.508	19.357	19.143	18.863	18.499	18.025	17.494	16.641	15.526	14.696
70	19.283	19.102	18.857	18.549	18.18	17.723	17.199	16.395	15.379	14.614
75	19.048	18.839	18.565	18.226	17.826	17.367	16.847	16.126	15.214	14.495
80	18.738	18.505	18.204	17.838	17.41	16.923	16.381	15.765	14.978	14.289
85	18.411	18.158	17.836	17.449	16.998	16.489	15.926	15.316	14.659	13.985
90	18.168	17.901	17.564	17.159	16.691	16.164	15.583	14.956	14.293	-

ตารางที่ ค.103 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	16.145	16.114	16.057	15.976	15.872	15.745	15.597	15.431
5	16.173	16.213	16.226	16.213	16.175	16.112	16.026	15.918	15.789
10	16.24	16.324	16.38	16.409	16.412	16.388	16.34	16.267	16.172
15	16.349	16.475	16.572	16.641	16.681	16.693	16.679	16.637	16.571
20	16.497	16.662	16.797	16.902	16.977	17.021	17.035	17.021	16.979
25	16.679	16.88	17.05	17.187	17.291	17.362	17.402	17.409	17.386
30	16.889	17.123	17.322	17.487	17.616	17.71	17.768	17.792	17.782
35	17.121	17.382	17.607	17.794	17.943	18.053	18.125	18.16	18.156
40	17.366	17.651	17.896	18.1	18.263	18.384	18.464	18.503	18.5
45	17.618	17.92	18.179	18.395	18.566	18.693	18.775	18.811	18.804
50	17.866	18.18	18.449	18.67	18.845	18.97	19.048	19.077	19.058
55	18.103	18.424	18.696	18.917	19.088	19.208	19.275	19.291	19.255
60	18.263	18.587	18.86	19.079	19.243	19.353	19.407	19.406	19.351
65	18.282	18.612	18.885	19.101	19.259	19.357	19.397	19.379	19.303
70	18.178	18.514	18.788	19	19.149	19.236	19.261	19.223	19.126
75	17.994	18.334	18.607	18.813	18.952	19.024	19.03	18.972	18.85
80	17.654	18	18.271	18.471	18.598	18.656	18.644	18.564	18.418
85	17.145	17.496	17.766	17.959	18.075	18.118	18.087	17.987	17.818
90	16.571	16.931	17.204	17.394	17.502	17.533	17.488	17.371	17.183

ตารางที่ ก.104 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.248	15.051	14.842	14.469	14.011	13.666	13.247	12.859	12.29	11.894
5	15.641	15.478	15.3	14.945	14.474	14.137	13.726	13.341	12.76	12.366
10	16.056	15.921	15.769	15.426	14.939	14.607	14.199	13.813	13.215	12.818
15	16.482	16.37	16.239	15.904	15.398	15.065	14.655	14.264	13.648	13.242
20	16.911	16.818	16.701	16.368	15.841	15.504	15.087	14.688	14.05	13.631
25	17.333	17.252	17.145	16.808	16.258	15.914	15.485	15.074	14.413	13.976
30	17.738	17.664	17.558	17.213	16.641	16.287	15.84	15.415	14.729	14.27
35	18.117	18.042	17.933	17.573	16.981	16.613	16.145	15.704	14.993	14.507
40	18.458	18.376	18.257	17.879	17.269	16.885	16.391	15.933	15.197	14.682
45	18.752	18.659	18.523	18.123	17.499	17.098	16.575	16.098	15.338	14.791
50	18.992	18.88	18.723	18.297	17.664	17.245	16.689	16.194	15.413	14.831
55	19.169	19.034	18.85	18.396	17.76	17.321	16.733	16.218	15.419	14.802
60	19.242	19.08	18.867	18.388	17.757	17.302	16.688	16.155	15.346	14.7
65	19.171	18.983	18.741	18.243	17.629	17.162	16.544	15.987	15.183	14.524
70	18.968	18.754	18.483	17.973	17.385	16.91	16.297	15.723	14.939	14.282
75	18.666	18.423	18.122	17.61	17.055	16.571	15.968	15.38	14.628	13.985
80	18.209	17.939	17.61	17.113	16.599	16.107	15.525	14.939	14.242	13.645
85	17.585	17.289	16.936	16.479	16.009	15.507	14.957	14.409	13.807	13.281
90	16.93	16.613	16.239	15.813	15.342	14.866	14.361	13.842	13.336	-

ตารางที่ ก.105 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รน - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	15.994	15.814	15.61	15.385	15.141	14.88	14.605	14.319
5	16.173	16.063	15.928	15.769	15.589	15.389	15.172	14.939	14.694
10	16.242	16.177	16.086	15.972	15.835	15.678	15.501	15.308	15.101
15	16.355	16.334	16.287	16.216	16.12	16.002	15.863	15.706	15.532
20	16.51	16.532	16.527	16.494	16.437	16.355	16.25	16.125	15.98
25	16.705	16.766	16.799	16.803	16.78	16.73	16.655	16.556	16.436
30	16.932	17.03	17.098	17.134	17.141	17.118	17.068	16.991	16.889
35	17.188	17.318	17.416	17.48	17.512	17.511	17.48	17.419	17.33
40	17.464	17.622	17.745	17.832	17.883	17.899	17.881	17.83	17.747
45	17.752	17.933	18.076	18.18	18.245	18.272	18.261	18.214	18.131
50	18.044	18.243	18.401	18.516	18.589	18.62	18.61	18.56	18.471
55	18.332	18.542	18.708	18.829	18.904	18.933	18.918	18.859	18.758
60	18.552	18.773	18.946	19.069	19.144	19.169	19.146	19.076	18.959
65	18.674	18.905	19.083	19.209	19.281	19.301	19.269	19.186	19.053
70	18.717	18.956	19.138	19.262	19.33	19.341	19.297	19.199	19.048
75	18.726	18.966	19.145	19.262	19.32	19.318	19.257	19.139	18.966
80	18.613	18.851	19.024	19.133	19.178	19.161	19.082	18.944	18.748
85	18.364	18.597	18.762	18.859	18.89	18.855	18.757	18.597	18.378
90	18.039	18.263	18.415	18.497	18.51	18.455	18.335	18.152	17.909

ตารางที่ ค.106 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.025	13.726	13.426	13.053	12.567	12.016	11.647	11.2	10.799	10.635
5	14.439	14.177	13.912	13.561	13.081	12.52	12.135	11.654	11.19	10.949
10	14.881	14.653	14.419	14.086	13.604	13.03	12.623	12.103	11.575	11.271
15	15.344	15.145	14.936	14.615	14.128	13.534	13.099	12.538	11.946	11.582
20	15.819	15.643	15.455	15.14	14.641	14.022	13.556	12.951	12.294	11.877
25	16.296	16.138	15.964	15.649	15.132	14.483	13.984	13.333	12.613	12.149
30	16.764	16.618	16.452	16.131	15.591	14.907	14.372	13.676	12.894	12.396
35	17.214	17.073	16.908	16.574	16.006	15.284	14.713	13.973	13.132	12.616
40	17.634	17.491	17.322	16.969	16.368	15.604	14.999	14.218	13.323	12.806
45	18.013	17.864	17.683	17.305	16.666	15.859	15.223	14.405	13.465	12.964
50	18.343	18.18	17.981	17.573	16.893	16.043	15.38	14.53	13.556	13.091
55	18.614	18.431	18.209	17.766	17.043	16.15	15.466	14.592	13.598	13.205
60	18.797	18.591	18.344	17.866	17.104	16.175	15.477	14.59	13.602	13.305
65	18.872	18.645	18.373	17.863	17.069	16.116	15.415	14.527	13.608	13.441
70	18.847	18.596	18.298	17.759	16.939	15.978	15.288	14.417	13.604	13.626
75	18.739	18.462	18.136	17.566	16.726	15.784	15.114	14.269	13.601	13.7
80	18.496	18.193	17.841	17.247	16.399	15.499	14.865	14.092	13.656	13.765
85	18.103	17.775	17.399	16.789	15.95	15.108	14.546	13.907	13.597	13.743
90	17.609	17.257	16.857	16.237	15.423	14.652	14.188	13.772	13.529	-

ตารางที่ ค.107 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	16.151	15.911	15.647	15.361	15.056	14.735	14.4	14.054	13.702
5	16.173	15.98	15.762	15.522	15.263	14.987	14.697	14.395	14.086
10	16.243	16.095	15.923	15.729	15.515	15.283	15.036	14.775	14.506
15	16.358	16.256	16.129	15.979	15.808	15.618	15.41	15.188	14.955
20	16.518	16.46	16.376	16.268	16.137	15.985	15.814	15.627	15.425
25	16.719	16.703	16.659	16.59	16.496	16.379	16.24	16.083	15.908
30	16.956	16.979	16.973	16.938	16.877	16.79	16.679	16.546	16.393
35	17.225	17.283	17.31	17.306	17.272	17.21	17.122	17.008	16.87
40	17.518	17.606	17.661	17.683	17.672	17.63	17.557	17.456	17.328
45	17.827	17.941	18.019	18.061	18.067	18.038	17.976	17.881	17.757
50	18.143	18.278	18.374	18.43	18.447	18.425	18.367	18.273	18.144
55	18.459	18.608	18.715	18.779	18.801	18.781	18.72	18.62	18.481
60	18.71	18.874	18.992	19.062	19.086	19.065	19	18.89	18.739
65	18.863	19.043	19.171	19.248	19.275	19.253	19.182	19.064	18.9
70	18.937	19.13	19.267	19.349	19.376	19.349	19.271	19.142	18.964
75	18.975	19.175	19.315	19.395	19.416	19.38	19.289	19.144	18.947
80	18.887	19.092	19.232	19.308	19.322	19.276	19.171	19.009	18.793
85	18.658	18.865	19.003	19.073	19.078	19.018	18.898	18.718	18.483
90	18.346	18.551	18.683	18.743	18.734	18.659	18.52	18.321	18.065

ตารางที่ ค.108 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (รณ - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	13.346	12.99	12.639	12.271	11.876	11.547	11.28	11.013	10.591	10.315
5	13.771	13.455	13.141	12.796	12.4	12.047	11.76	11.47	10.989	10.656
10	14.229	13.949	13.668	13.341	12.939	12.554	12.245	11.923	11.377	10.988
15	14.712	14.464	14.212	13.897	13.482	13.058	12.726	12.362	11.747	11.303
20	15.212	14.99	14.762	14.453	14.018	13.549	13.189	12.78	12.092	11.598
25	15.719	15.518	15.308	14.998	14.535	14.018	13.625	13.167	12.405	11.865
30	16.223	16.037	15.837	15.519	15.023	14.453	14.024	13.516	12.677	12.102
35	16.712	16.534	16.339	16.007	15.47	14.846	14.377	13.819	12.911	12.313
40	17.176	17	16.803	16.449	15.863	15.187	14.676	14.069	13.104	12.494
45	17.603	17.422	17.216	16.834	16.194	15.468	14.92	14.26	13.255	12.647
50	17.983	17.79	17.569	17.152	16.453	15.68	15.11	14.386	13.363	12.773
55	18.305	18.095	17.852	17.394	16.632	15.819	15.234	14.461	13.434	12.871
60	18.548	18.318	18.052	17.552	16.722	15.878	15.287	14.469	13.46	12.968
65	18.693	18.444	18.157	17.615	16.718	15.856	15.269	14.41	13.436	13.041
70	18.74	18.472	18.162	17.58	16.62	15.768	15.179	14.283	13.362	13.081
75	18.701	18.409	18.073	17.449	16.438	15.608	15.018	14.092	13.271	13.088
80	18.526	18.211	17.852	17.191	16.161	15.358	14.787	13.891	13.183	13.063
85	18.196	17.861	17.482	16.789	15.785	15	14.471	13.685	13.092	13.006
90	17.757	17.4	17.001	16.28	15.334	14.613	14.118	13.463	13.021	-

ตารางที่ ค.109 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.062	16.798	16.504	16.185	15.841	15.477	15.096	14.702
5	17.319	17.135	16.92	16.676	16.405	16.11	15.793	15.459	15.11
10	17.393	17.258	17.092	16.896	16.673	16.424	16.152	15.861	15.554
15	17.516	17.429	17.311	17.161	16.983	16.777	16.548	16.297	16.027
20	17.685	17.645	17.571	17.465	17.329	17.164	16.972	16.756	16.519
25	17.896	17.9	17.869	17.803	17.704	17.575	17.416	17.231	17.021
30	18.145	18.189	18.196	18.166	18.101	18.002	17.871	17.71	17.521
35	18.425	18.505	18.545	18.545	18.508	18.434	18.324	18.181	18.007
40	18.727	18.838	18.906	18.932	18.916	18.86	18.766	18.635	18.468
45	19.043	19.179	19.269	19.314	19.314	19.27	19.184	19.057	18.891
50	19.363	19.518	19.624	19.682	19.691	19.652	19.567	19.438	19.265
55	19.677	19.845	19.961	20.024	20.035	19.995	19.904	19.765	19.579
60	19.973	20.148	20.266	20.329	20.335	20.286	20.184	20.028	19.822
65	20.151	20.333	20.455	20.517	20.518	20.461	20.345	20.173	19.947
70	20.222	20.411	20.535	20.593	20.588	20.52	20.39	20.2	19.952
75	20.196	20.388	20.509	20.562	20.547	20.465	20.318	20.108	19.838
80	20.017	20.209	20.328	20.373	20.346	20.249	20.085	19.855	19.562
85	19.676	19.867	19.98	20.015	19.975	19.862	19.679	19.428	19.114
90	19.196	19.382	19.486	19.508	19.452	19.321	19.118	18.846	18.509

ตารางที่ ค.110 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.299	13.89	13.48	13.071	12.571	12.033	11.558	10.943	10.303	9.8643
5	14.75	14.382	14.012	13.64	13.154	12.597	12.095	11.422	10.695	10.184
10	15.234	14.904	14.568	14.228	13.749	13.169	12.63	11.894	11.077	10.494
15	15.742	15.445	15.138	14.824	14.345	13.734	13.153	12.349	11.442	10.79
20	16.264	15.994	15.711	15.416	14.931	14.281	13.654	12.778	11.784	11.066
25	16.79	16.54	16.274	15.992	15.492	14.797	14.12	13.17	12.095	11.317
30	17.307	17.071	16.816	16.538	16.016	15.271	14.542	13.516	12.368	11.539
35	17.804	17.575	17.322	17.043	16.49	15.689	14.908	13.808	12.597	11.73
40	18.269	18.039	17.781	17.492	16.903	16.042	15.211	14.037	12.777	11.905
45	18.688	18.451	18.181	17.875	17.241	16.318	15.44	14.198	12.903	12.045
50	19.051	18.799	18.51	18.181	17.496	16.509	15.589	14.283	12.971	12.149
55	19.347	19.073	18.758	18.399	17.658	16.607	15.653	14.291	12.993	12.213
60	19.566	19.264	18.918	18.523	17.72	16.625	15.627	14.217	13.017	12.301
65	19.668	19.339	18.962	18.534	17.673	16.551	15.51	14.094	13.014	12.4
70	19.649	19.294	18.889	18.429	17.514	16.38	15.335	13.936	12.965	12.472
75	19.509	19.126	18.693	18.204	17.239	16.11	15.102	13.766	12.871	12.515
80	19.209	18.802	18.343	17.83	16.824	15.725	14.782	13.55	12.777	12.53
85	18.739	18.309	17.829	17.297	16.259	15.247	14.365	13.273	12.662	12.516
90	18.112	17.66	17.161	16.614	15.568	14.659	13.85	12.94	12.534	-

ตารางที่ ค.111 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.187	17.046	16.875	16.674	16.446	16.192	15.917	15.621
5	17.319	17.259	17.167	17.044	16.89	16.708	16.5	16.268	16.015
10	17.392	17.38	17.335	17.258	17.15	17.012	16.846	16.654	16.44
15	17.511	17.546	17.546	17.513	17.447	17.349	17.222	17.067	16.887
20	17.674	17.752	17.795	17.803	17.775	17.714	17.621	17.498	17.346
25	17.875	17.995	18.076	18.12	18.127	18.098	18.034	17.936	17.807
30	18.11	18.266	18.382	18.458	18.494	18.491	18.45	18.372	18.259
35	18.369	18.557	18.703	18.805	18.865	18.882	18.858	18.794	18.691
40	18.646	18.861	19.03	19.153	19.23	19.262	19.248	19.191	19.091
45	18.932	19.167	19.354	19.492	19.58	19.619	19.609	19.552	19.448
50	19.215	19.466	19.664	19.81	19.902	19.942	19.929	19.865	19.751
55	19.487	19.747	19.95	20.097	20.188	20.222	20.199	20.122	19.991
60	19.737	19.999	20.201	20.343	20.425	20.447	20.409	20.312	20.157
65	19.863	20.127	20.327	20.463	20.536	20.544	20.489	20.371	20.193
70	19.876	20.14	20.336	20.464	20.524	20.517	20.443	20.304	20.1
75	19.783	20.044	20.233	20.35	20.395	20.37	20.275	20.111	19.881
80	19.528	19.784	19.964	20.068	20.097	20.052	19.934	19.746	19.49
85	19.1	19.349	19.518	19.608	19.619	19.553	19.413	19.2	18.917
90	18.519	18.759	18.915	18.988	18.98	18.892	18.728	18.49	18.181

ตารางที่ ค.112 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	15.31	14.985	14.651	14.309	13.799	13.133	12.386	11.395	10.338	9.7509
5	15.744	15.458	15.16	14.851	14.352	13.665	12.899	11.851	10.708	10.056
10	16.205	15.952	15.685	15.403	14.911	14.196	13.405	12.296	11.07	10.353
15	16.683	16.458	16.216	15.956	15.463	14.715	13.894	12.721	11.414	10.638
20	17.168	16.966	16.742	16.497	15.997	15.211	14.355	13.115	11.732	10.907
25	17.648	17.462	17.251	17.014	16.5	15.673	14.779	13.471	12.024	11.154
30	18.113	17.937	17.731	17.495	16.96	16.091	15.154	13.779	12.285	11.376
35	18.551	18.377	18.169	17.927	17.364	16.453	15.472	14.03	12.506	11.568
40	18.951	18.771	18.554	18.299	17.703	16.75	15.724	14.223	12.685	11.728
45	19.3	19.108	18.876	18.6	17.965	16.974	15.903	14.368	12.834	11.851
50	19.588	19.378	19.124	18.821	18.143	17.118	16.003	14.445	12.958	12.024
55	19.807	19.572	19.289	18.954	18.229	17.176	16.035	14.453	13.038	12.175
60	19.947	19.682	19.365	18.993	18.219	17.145	16.007	14.411	13.073	12.301
65	19.955	19.661	19.311	18.904	18.087	17.008	15.895	14.356	13.063	12.4
70	19.835	19.51	19.128	18.688	17.834	16.768	15.698	14.241	13.009	12.472
75	19.587	19.231	18.818	18.345	17.462	16.429	15.414	14.066	12.967	12.515
80	19.168	18.783	18.341	17.84	16.941	15.983	15.023	13.818	12.884	12.53
85	18.569	18.158	17.69	17.165	16.283	15.4	14.519	13.494	12.759	12.516
90	17.807	17.371	16.879	16.335	15.494	14.693	13.913	13.151	12.632	-

ตารางที่ ค.113 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.354	17.38	17.372	17.331	17.258	17.153	17.019	16.857
5	17.319	17.426	17.499	17.537	17.542	17.512	17.45	17.356	17.232
10	17.39	17.543	17.661	17.744	17.79	17.801	17.778	17.72	17.63
15	17.505	17.702	17.863	17.985	18.071	18.118	18.129	18.103	18.042
20	17.659	17.897	18.096	18.256	18.375	18.454	18.494	18.494	18.456
25	17.847	18.122	18.355	18.547	18.695	18.801	18.864	18.884	18.863
30	18.062	18.368	18.631	18.849	19.022	19.148	19.228	19.262	19.251
35	18.295	18.629	18.915	19.154	19.344	19.485	19.576	19.617	19.61
40	18.538	18.893	19.198	19.451	19.653	19.801	19.896	19.939	19.928
45	18.782	19.152	19.469	19.731	19.937	20.087	20.18	20.216	20.196
50	19.017	19.396	19.718	19.982	20.187	20.332	20.416	20.44	20.404
55	19.233	19.615	19.936	20.196	20.393	20.527	20.596	20.602	20.544
60	19.42	19.798	20.113	20.363	20.546	20.662	20.711	20.693	20.608
65	19.483	19.854	20.159	20.396	20.562	20.659	20.685	20.641	20.527
70	19.442	19.803	20.094	20.313	20.46	20.533	20.533	20.46	20.315
75	19.306	19.654	19.927	20.126	20.248	20.295	20.266	20.162	19.983
80	19.018	19.348	19.602	19.777	19.874	19.892	19.832	19.696	19.483
85	18.646	18.961	19.198	19.354	19.429	19.425	19.34	19.177	18.938
90	18.366	18.685	18.922	19.077	19.15	19.14	19.049	18.878	18.63

ตารางที่ ค.114 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.669	16.458	16.226	15.974	15.609	15.226	14.842	14.165	13.424	12.611
5	17.081	16.903	16.702	16.478	16.128	15.75	15.377	14.689	13.918	13.086
10	17.51	17.361	17.186	16.984	16.643	16.265	15.894	15.193	14.388	13.535
15	17.947	17.821	17.665	17.478	17.141	16.758	16.381	15.665	14.823	13.947
20	18.381	18.271	18.128	17.95	17.612	17.219	16.831	16.094	15.217	14.313
25	18.802	18.701	18.564	18.388	18.042	17.636	17.233	16.468	15.558	14.626
30	19.197	19.099	18.961	18.78	18.421	17.997	17.575	16.78	15.837	14.88
35	19.555	19.454	19.308	19.115	18.738	18.294	17.849	17.02	16.049	15.07
40	19.867	19.755	19.594	19.382	18.983	18.517	18.047	17.182	16.188	15.194
45	20.121	19.992	19.81	19.574	19.149	18.659	18.161	17.263	16.254	15.254
50	20.31	20.157	19.948	19.682	19.229	18.715	18.181	17.26	16.245	15.253
55	20.424	20.243	20.002	19.7	19.219	18.681	18.11	17.173	16.153	15.198
60	20.458	20.243	19.966	19.625	19.115	18.555	17.948	17.005	15.967	15.098
65	20.344	20.095	19.781	19.402	18.868	18.292	17.655	16.726	15.692	14.94
70	20.099	19.814	19.463	19.046	18.495	17.908	17.238	16.354	15.347	14.662
75	19.732	19.411	19.021	18.566	18.004	17.401	16.711	15.881	14.939	14.265
80	19.197	18.839	18.414	17.924	17.359	16.743	16.054	15.271	14.438	13.733
85	18.624	18.239	17.785	17.268	16.692	16.064	15.386	14.672	13.901	13.186
90	18.306	17.909	17.445	16.918	16.333	15.696	15.017	14.308	13.59	-

ตารางที่ ค.115 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.486	17.643	17.764	17.849	17.898	17.91	17.887	17.83
5	17.319	17.557	17.76	17.926	18.055	18.145	18.198	18.213	18.191
10	17.388	17.672	17.918	18.127	18.295	18.424	18.512	18.56	18.568
15	17.5	17.825	18.112	18.358	18.562	18.724	18.843	18.918	18.952
20	17.647	18.011	18.333	18.613	18.848	19.037	19.181	19.279	19.331
25	17.825	18.222	18.575	18.883	19.143	19.355	19.517	19.631	19.695
30	18.024	18.449	18.828	19.158	19.438	19.665	19.841	19.963	20.033
35	18.237	18.685	19.083	19.429	19.722	19.959	20.141	20.266	20.334
40	18.453	18.918	19.33	19.686	19.985	20.226	20.407	20.528	20.588
45	18.665	19.14	19.559	19.919	20.218	20.455	20.629	20.74	20.786
50	18.861	19.34	19.76	20.118	20.411	20.638	20.799	20.893	20.919
55	19.033	19.51	19.925	20.274	20.555	20.767	20.909	20.98	20.98
60	19.171	19.64	20.044	20.378	20.641	20.832	20.95	20.994	20.964
65	19.177	19.635	20.022	20.338	20.579	20.745	20.835	20.848	20.785
70	19.1	19.544	19.917	20.214	20.434	20.576	20.639	20.624	20.53
75	18.969	19.401	19.759	20.039	20.239	20.36	20.4	20.358	20.236
80	18.768	19.193	19.54	19.807	19.994	20.098	20.119	20.058	19.914
85	18.53	18.953	19.296	19.558	19.737	19.831	19.842	19.768	19.61
90	18.285	18.71	19.054	19.315	19.491	19.582	19.586	19.504	19.337

ตารางที่ ค.116 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ-40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.74	17.618	17.466	17.285	16.945	16.425	15.797	14.85	13.621	12.337
5	18.134	18.042	17.918	17.76	17.434	16.918	16.272	15.285	14.006	12.656
10	18.538	18.471	18.368	18.228	17.91	17.394	16.73	15.702	14.376	12.967
15	18.943	18.894	18.806	18.677	18.363	17.843	17.159	16.094	14.721	13.262
20	19.338	19.3	19.22	19.095	18.779	18.253	17.549	16.452	15.036	13.538
25	19.71	19.677	19.598	19.471	19.148	18.613	17.892	16.767	15.313	13.791
30	20.05	20.015	19.93	19.792	19.46	18.914	18.178	17.03	15.549	14.017
35	20.346	20.302	20.204	20.051	19.704	19.147	18.401	17.241	15.738	14.214
40	20.589	20.53	20.413	20.236	19.874	19.306	18.554	17.392	15.88	14.378
45	20.768	20.688	20.546	20.341	19.961	19.386	18.634	17.481	15.989	14.508
50	20.878	20.77	20.598	20.36	19.962	19.384	18.638	17.508	16.057	14.606
55	20.91	20.771	20.564	20.288	19.875	19.301	18.569	17.473	16.081	14.693
60	20.861	20.685	20.439	20.124	19.698	19.137	18.429	17.382	16.064	14.751
65	20.646	20.433	20.147	19.79	19.36	18.826	18.151	17.173	15.953	14.723
70	20.358	20.11	19.787	19.393	18.929	18.394	17.758	16.875	15.788	14.679
75	20.035	19.756	19.401	18.973	18.475	17.91	17.278	16.516	15.561	14.568
80	19.69	19.386	19.005	18.551	18.025	17.433	16.779	16.068	15.235	14.347
85	19.369	19.049	18.649	18.175	17.63	17.017	16.343	15.613	14.835	14.022
90	19.086	18.752	18.34	17.85	17.289	16.66	15.97	15.225	14.437	-

ตารางที่ ค.117 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.521	17.712	17.867	17.985	18.066	18.109	18.116	18.086
5	17.319	17.592	17.829	18.029	18.19	18.312	18.395	18.438	18.443
10	17.388	17.706	17.986	18.227	18.428	18.587	18.705	18.78	18.815
15	17.498	17.858	18.177	18.456	18.691	18.883	19.03	19.133	19.191
20	17.644	18.041	18.396	18.707	18.972	19.191	19.362	19.485	19.561
25	17.819	18.248	18.633	18.971	19.26	19.5	19.689	19.827	19.913
30	18.014	18.471	18.88	19.239	19.547	19.801	20.002	20.147	20.238
35	18.221	18.699	19.127	19.501	19.821	20.084	20.289	20.436	20.524
40	18.431	18.925	19.364	19.748	20.073	20.338	20.541	20.682	20.761
45	18.634	19.137	19.582	19.968	20.292	20.552	20.748	20.877	20.941
50	18.82	19.326	19.771	20.153	20.47	20.719	20.9	21.012	21.054
55	18.98	19.483	19.922	20.294	20.597	20.83	20.991	21.079	21.095
60	19.105	19.599	20.026	20.382	20.667	20.877	21.013	21.073	21.058
65	19.123	19.607	20.02	20.36	20.625	20.814	20.925	20.957	20.912
70	19.056	19.529	19.928	20.252	20.498	20.664	20.751	20.757	20.683
75	18.929	19.389	19.775	20.082	20.309	20.455	20.518	20.499	20.398
80	18.741	19.195	19.572	19.869	20.083	20.214	20.261	20.224	20.103
85	18.501	18.954	19.327	19.617	19.824	19.946	19.982	19.932	19.796
90	18.238	18.692	19.065	19.354	19.557	19.673	19.702	19.642	19.495

ตารางที่ ค.118 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ0 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	18.021	17.922	17.792	17.63	17.296	16.765	16.153	15.204	13.945	12.678
5	18.41	18.341	18.237	18.097	17.778	17.246	16.618	15.634	14.315	12.994
10	18.808	18.763	18.679	18.556	18.245	17.709	17.064	16.046	14.672	13.299
15	19.205	19.176	19.106	18.992	18.686	18.145	17.482	16.432	15.008	13.59
20	19.589	19.57	19.506	19.396	19.089	18.542	17.863	16.783	15.318	13.861
25	19.949	19.934	19.87	19.755	19.444	18.892	18.196	17.091	15.596	14.109
30	20.274	20.256	20.184	20.059	19.739	19.183	18.475	17.35	15.837	14.33
35	20.554	20.525	20.44	20.297	19.966	19.405	18.691	17.554	16.037	14.52
40	20.778	20.733	20.628	20.461	20.116	19.554	18.84	17.699	16.192	14.678
45	20.939	20.871	20.739	20.543	20.185	19.627	18.917	17.783	16.302	14.823
50	21.027	20.932	20.769	20.538	20.167	19.62	18.92	17.805	16.367	14.938
55	21.038	20.91	20.711	20.443	20.062	19.534	18.85	17.77	16.39	15.022
60	20.967	20.802	20.565	20.256	19.869	19.37	18.708	17.68	16.386	15.085
65	20.789	20.59	20.315	19.967	19.549	19.052	18.42	17.467	16.301	15.103
70	20.529	20.297	19.988	19.604	19.149	18.624	18.012	17.166	16.118	15.031
75	20.215	19.953	19.612	19.195	18.705	18.145	17.52	16.795	15.859	14.881
80	19.898	19.612	19.246	18.803	18.286	17.699	17.045	16.329	15.499	14.607
85	19.575	19.271	18.885	18.421	17.881	17.27	16.592	15.851	15.054	14.207
90	19.261	18.942	18.539	18.057	17.498	16.865	16.165	15.401	14.579	-

ตารางที่ ค.119 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.442	17.555	17.633	17.676	17.684	17.657	17.597	17.504
5	17.319	17.513	17.673	17.796	17.883	17.934	17.948	17.926	17.87
10	17.389	17.629	17.832	17.998	18.126	18.215	18.266	18.279	18.254
15	17.501	17.784	18.028	18.233	18.398	18.521	18.604	18.645	18.647
20	17.651	17.973	18.254	18.493	18.69	18.842	18.951	19.016	19.038
25	17.832	18.188	18.502	18.77	18.993	19.169	19.299	19.381	19.416
30	18.037	18.422	18.762	19.055	19.298	19.492	19.636	19.729	19.771
35	18.256	18.666	19.027	19.337	19.595	19.8	19.952	20.049	20.092
40	18.482	18.91	19.286	19.608	19.874	20.084	20.236	20.331	20.367
45	18.704	19.144	19.528	19.856	20.124	20.332	20.479	20.564	20.589
50	18.913	19.359	19.746	20.072	20.336	20.536	20.671	20.741	20.747
55	19.1	19.545	19.929	20.248	20.501	20.686	20.804	20.853	20.834
60	19.254	19.693	20.067	20.373	20.609	20.775	20.87	20.893	20.845
65	19.277	19.706	20.066	20.354	20.571	20.713	20.781	20.775	20.695
70	19.193	19.608	19.951	20.22	20.414	20.531	20.571	20.534	20.42
75	19.045	19.447	19.775	20.026	20.199	20.293	20.307	20.242	20.099
80	18.789	19.181	19.495	19.73	19.885	19.958	19.95	19.861	19.692
85	18.479	18.867	19.175	19.402	19.546	19.607	19.584	19.479	19.292
90	18.182	18.575	18.886	19.114	19.257	19.314	19.287	19.174	18.979

ตารางที่ ค.120 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ40 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	17.381	17.23	17.051	16.846	16.466	15.897	15.254	14.26	12.982	11.695
5	17.781	17.661	17.511	17.331	16.966	16.384	15.732	14.698	13.353	12.007
10	18.194	18.1	17.972	17.812	17.455	16.861	16.194	15.119	13.711	12.308
15	18.61	18.535	18.424	18.276	17.923	17.32	16.632	15.516	14.049	12.594
20	19.018	18.956	18.854	18.712	18.359	17.745	17.035	15.88	14.361	12.86
25	19.406	19.351	19.252	19.108	18.749	18.124	17.393	16.202	14.642	13.109
30	19.764	19.709	19.606	19.454	19.085	18.448	17.699	16.475	14.884	13.337
35	20.081	20.019	19.904	19.738	19.355	18.708	17.944	16.694	15.085	13.538
40	20.347	20.27	20.139	19.951	19.552	18.898	18.122	16.853	15.241	13.709
45	20.552	20.455	20.3	20.085	19.669	19.011	18.228	16.95	15.35	13.849
50	20.688	20.565	20.381	20.133	19.7	19.047	18.261	16.985	15.425	13.955
55	20.748	20.594	20.376	20.092	19.644	19.005	18.218	16.958	15.483	14.054
60	20.726	20.537	20.281	19.957	19.498	18.881	18.102	16.889	15.516	14.179
65	20.541	20.315	20.02	19.655	19.193	18.608	17.856	16.713	15.449	14.22
70	20.231	19.968	19.634	19.23	18.759	18.204	17.496	16.457	15.294	14.185
75	19.879	19.583	19.214	18.774	18.268	17.696	17.033	16.129	15.075	14.086
80	19.444	19.12	18.721	18.251	17.714	17.114	16.454	15.692	14.784	13.894
85	19.025	18.681	18.261	17.769	17.21	16.588	15.909	15.182	14.4	13.602
90	18.701	18.344	17.911	17.405	16.83	16.193	15.5	14.76	13.988	-

ตารางที่ ค.121 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.286	17.245	17.171	17.066	16.93	16.765	16.574	16.358
5	17.319	17.359	17.365	17.338	17.279	17.188	17.066	16.917	16.741
10	17.39	17.477	17.53	17.548	17.532	17.482	17.401	17.29	17.15
15	17.507	17.639	17.735	17.795	17.819	17.808	17.763	17.685	17.575
20	17.665	17.839	17.975	18.073	18.133	18.156	18.141	18.092	18.008
25	17.858	18.07	18.243	18.374	18.466	18.517	18.529	18.501	18.437
30	18.081	18.327	18.531	18.691	18.808	18.882	18.914	18.903	18.851
35	18.325	18.6	18.83	19.013	19.151	19.241	19.286	19.285	19.239
40	18.582	18.88	19.13	19.331	19.482	19.583	19.635	19.637	19.59
45	18.842	19.158	19.422	19.634	19.793	19.898	19.949	19.948	19.894
50	19.097	19.424	19.696	19.912	20.072	20.174	20.219	20.208	20.14
55	19.336	19.668	19.942	20.156	20.31	20.403	20.436	20.408	20.321
60	19.548	19.879	20.148	20.355	20.497	20.575	20.589	20.539	20.426
65	19.628	19.956	20.219	20.415	20.544	20.604	20.597	20.523	20.383
70	19.571	19.896	20.15	20.334	20.446	20.487	20.458	20.358	20.189
75	19.358	19.678	19.924	20.094	20.19	20.21	20.156	20.03	19.831
80	18.937	19.254	19.492	19.65	19.728	19.728	19.651	19.497	19.27
85	18.279	18.596	18.827	18.973	19.035	19.015	18.914	18.735	18.48
90	17.467	17.791	18.023	18.164	18.216	18.182	18.064	17.865	17.588

ตารางที่ ค.122 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ80 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	16.12	15.863	15.59	15.302	14.736	14.108	13.479	12.719	11.962	11.249
5	16.541	16.32	16.079	15.821	15.259	14.619	13.966	13.187	12.409	11.677
10	16.983	16.792	16.58	16.345	15.787	15.125	14.446	13.644	12.842	12.089
15	17.437	17.271	17.08	16.864	16.303	15.615	14.909	14.083	13.254	12.479
20	17.891	17.744	17.568	17.364	16.795	16.079	15.345	14.489	13.637	12.838
25	18.336	18.201	18.034	17.833	17.25	16.505	15.746	14.856	13.984	13.161
30	18.759	18.63	18.464	18.261	17.659	16.883	16.101	15.179	14.286	13.441
35	19.15	19.019	18.848	18.635	18.008	17.204	16.404	15.448	14.539	13.672
40	19.497	19.357	19.174	18.945	18.289	17.459	16.646	15.658	14.735	13.851
45	19.789	19.635	19.433	19.181	18.493	17.641	16.822	15.801	14.872	13.972
50	20.018	19.843	19.615	19.335	18.614	17.743	16.926	15.876	14.946	14.034
55	20.175	19.972	19.714	19.4	18.646	17.766	16.956	15.878	14.956	14.036
60	20.251	20.016	19.723	19.37	18.593	17.716	16.909	15.807	14.9	13.978
65	20.178	19.91	19.581	19.191	18.406	17.539	16.747	15.635	14.759	13.853
70	19.952	19.651	19.287	18.86	18.088	17.235	16.469	15.379	14.535	13.663
75	19.563	19.228	18.829	18.367	17.633	16.798	16.068	15.07	14.218	13.418
80	18.972	18.605	18.174	17.681	17.001	16.218	15.523	14.64	13.808	13.128
85	18.152	17.755	17.294	16.774	16.16	15.471	14.801	14.043	13.35	12.813
90	17.237	16.816	16.331	15.789	15.198	14.571	13.978	13.382	12.877	-

ตารางที่ ค.123 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.127	16.928	16.698	16.44	16.157	15.851	15.525	15.183
5	17.319	17.2	17.05	16.868	16.659	16.423	16.163	15.882	15.583
10	17.392	17.322	17.219	17.085	16.922	16.731	16.515	16.276	16.017
15	17.513	17.49	17.434	17.345	17.225	17.076	16.9	16.7	16.476
20	17.679	17.701	17.688	17.642	17.562	17.452	17.311	17.144	16.952
25	17.885	17.949	17.977	17.969	17.925	17.848	17.739	17.6	17.432
30	18.127	18.229	18.293	18.318	18.306	18.257	18.173	18.056	17.907
35	18.396	18.532	18.627	18.681	18.695	18.668	18.603	18.502	18.365
40	18.685	18.85	18.971	19.048	19.08	19.07	19.018	18.925	18.794
45	18.985	19.173	19.314	19.407	19.453	19.453	19.406	19.316	19.182
50	19.286	19.491	19.645	19.749	19.801	19.804	19.757	19.661	19.519
55	19.578	19.794	19.955	20.062	20.115	20.113	20.059	19.952	19.794
60	19.849	20.07	20.232	20.336	20.382	20.37	20.301	20.176	19.997
65	20.003	20.227	20.389	20.489	20.527	20.504	20.419	20.275	20.074
70	20.052	20.277	20.437	20.53	20.558	20.52	20.418	20.253	20.027
75	20.008	20.231	20.384	20.467	20.481	20.425	20.303	20.115	19.863
80	19.818	20.037	20.181	20.251	20.249	20.175	20.031	19.819	19.542
85	19.479	19.689	19.821	19.876	19.856	19.762	19.595	19.359	19.056
90	19.012	19.21	19.327	19.364	19.323	19.206	19.015	18.754	18.426

ตารางที่ ค.124 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ120 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.827	14.463	14.092	13.718	13.22	12.606	11.944	11.229	10.611	10.244
5	15.27	14.945	14.612	14.273	13.791	13.175	12.494	11.724	11.028	10.578
10	15.741	15.452	15.152	14.842	14.37	13.747	13.042	12.212	11.435	10.904
15	16.234	15.975	15.702	15.416	14.947	14.311	13.576	12.681	11.823	11.215
20	16.737	16.502	16.25	15.981	15.509	14.853	14.083	13.121	12.183	11.504
25	17.239	17.022	16.785	16.526	16.044	15.362	14.552	13.522	12.505	11.766
30	17.729	17.524	17.294	17.038	16.539	15.826	14.971	13.873	12.783	11.995
35	18.195	17.994	17.765	17.505	16.982	16.232	15.33	14.165	13.011	12.188
40	18.625	18.422	18.185	17.914	17.362	16.57	15.619	14.391	13.182	12.359
45	19.008	18.794	18.544	18.254	17.666	16.83	15.83	14.545	13.297	12.495
50	19.332	19.102	18.831	18.516	17.887	17.004	15.956	14.623	13.368	12.603
55	19.588	19.334	19.036	18.69	18.017	17.086	15.994	14.625	13.386	12.704
60	19.765	19.483	19.152	18.769	18.049	17.072	15.944	14.557	13.378	12.803
65	19.816	19.504	19.141	18.724	17.964	16.952	15.811	14.437	13.332	12.937
70	19.743	19.402	19.007	18.557	17.761	16.726	15.593	14.256	13.263	13.08
75	19.55	19.179	18.753	18.27	17.446	16.402	15.296	14.027	13.241	13.142
80	19.201	18.802	18.348	17.838	16.997	15.966	14.918	13.787	13.265	13.242
85	18.69	18.265	17.786	17.252	16.409	15.415	14.46	13.559	13.171	13.225
90	18.034	17.584	17.083	16.53	15.699	14.781	13.96	13.314	13.053	-

ตารางที่ ค.125 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	17.295	17.038	16.751	16.435	16.092	15.727	15.342	14.942	14.529
5	17.319	17.112	16.874	16.607	16.314	15.997	15.66	15.306	14.939
10	17.393	17.235	17.046	16.828	16.583	16.313	16.022	15.712	15.387
15	17.516	17.407	17.266	17.095	16.895	16.669	16.421	16.151	15.865
20	17.687	17.624	17.529	17.402	17.245	17.06	16.85	16.617	16.364
25	17.9	17.882	17.829	17.743	17.625	17.476	17.3	17.098	16.873
30	18.152	18.175	18.161	18.111	18.027	17.909	17.761	17.585	17.382
35	18.435	18.495	18.515	18.496	18.441	18.349	18.224	18.066	17.878
40	18.742	18.833	18.882	18.89	18.857	18.785	18.675	18.53	18.351
45	19.064	19.181	19.253	19.281	19.264	19.205	19.104	18.964	18.786
50	19.39	19.528	19.617	19.658	19.651	19.598	19.499	19.357	19.173
55	19.712	19.863	19.963	20.01	20.006	19.952	19.849	19.698	19.501
60	20.017	20.176	20.279	20.326	20.318	20.256	20.141	19.975	19.758
65	20.205	20.372	20.479	20.527	20.515	20.444	20.317	20.135	19.899
70	20.289	20.463	20.572	20.618	20.599	20.519	20.378	20.178	19.922
75	20.278	20.455	20.564	20.603	20.576	20.482	20.325	20.105	19.826
80	20.117	20.296	20.401	20.434	20.395	20.288	20.113	19.874	19.573
85	19.799	19.977	20.076	20.1	20.048	19.925	19.732	19.473	19.15
90	19.347	19.519	19.609	19.62	19.553	19.411	19.198	18.918	18.573

ตารางที่ ค.126 ค่ารังสีอาทิตย์สุทธิที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ (สข - AZ160 - np10 - ml0.1) MJ/m² รายวันเฉลี่ยต่อปี (ต่อ)

ความเอียงแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ (องศา)	ความเอียงตัวรับรังสีอาทิตย์ (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	14.108	13.683	13.259	12.837	12.376	11.878	11.437	10.94	10.347	9.9213
5	14.562	14.18	13.796	13.411	12.965	12.451	11.98	11.427	10.749	10.246
10	15.051	14.706	14.358	14.006	13.568	13.036	12.526	11.907	11.142	10.562
15	15.565	15.253	14.935	14.61	14.173	13.618	13.064	12.371	11.517	10.865
20	16.094	15.811	15.517	15.212	14.769	14.183	13.579	12.809	11.866	11.148
25	16.628	16.366	16.09	15.799	15.343	14.718	14.06	13.212	12.18	11.407
30	17.156	16.908	16.643	16.358	15.881	15.21	14.495	13.57	12.455	11.637
35	17.664	17.424	17.162	16.876	16.37	15.646	14.872	13.875	12.694	11.835
40	18.14	17.901	17.635	17.34	16.798	16.013	15.183	14.117	12.884	11.995
45	18.573	18.327	18.05	17.739	17.153	16.302	15.42	14.291	13.021	12.116
50	18.95	18.69	18.394	18.06	17.424	16.502	15.584	14.391	13.1	12.228
55	19.261	18.979	18.658	18.295	17.603	16.611	15.662	14.412	13.121	12.302
60	19.495	19.185	18.834	18.434	17.682	16.63	15.651	14.353	13.082	12.337
65	19.612	19.277	18.895	18.463	17.652	16.545	15.548	14.213	13.052	12.4
70	19.611	19.249	18.839	18.376	17.51	16.378	15.354	14.018	13.006	12.472
75	19.491	19.102	18.663	18.171	17.253	16.124	15.094	13.799	12.915	12.515
80	19.214	18.801	18.337	17.821	16.861	15.76	14.787	13.583	12.796	12.53
85	18.769	18.334	17.85	17.314	16.323	15.273	14.385	13.309	12.682	12.516
90	18.17	17.714	17.211	16.66	15.647	14.706	13.887	12.971	12.543	-



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณและตัวอย่างโปรแกรมในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของ
ตัวรับรังสีอาทิตย์ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับกรณี กท - AZ0 - C40 - R50 - np1 - ml1 ณ วันที่ 21 เมษายน เวลา 12.00น. จากตารางที่ 3.2 จะพบว่า Day number (N) ของวันที่ 21 เมษายน จะเท่ากับ 111 ซึ่งจะสามารถคำนวณสมการเวลาได้จากสมการที่ 3.1

$$x = \frac{360(111-1)}{365.242} = 108.42 \quad \text{องศา}$$

$$EOT = 0.258\cos(x) - 7.416\sin(x) - 3.648\cos(2x) - 9.228\sin(2x)$$

$$EOT = 1.3349 \quad \text{นาที}$$

คำนวณมุมเดคลิเนชันจากสมการที่ 3.2

$$\delta = \sin^{-1}\{0.39795 \cdot \cos[0.98563(111-173)]\}$$

$$\delta = \sin^{-1}(0.1922)$$

$$\delta = 11.0851 \quad \text{องศา}$$

คำนวณเวลาสุริยะจากสมการที่ 3.3

$$AST = LST + EOT \pm 4(LSM - LON)$$

$$AST = 12 + \left(\frac{1.3349}{60}\right) - \left(\frac{4}{60}\right)(105 - 100.34)$$

$$AST = 11.7116 \quad \text{ชั่วโมง}$$

คำนวณมุมชั่วโมงจากสมการที่ 3.4

$$H = 15(AST - 12)$$

$$H = 15(11.7116 - 12)$$

$$H = 4.3262 \quad \text{องศา}$$

คำนวณมุมอัลติจูดดวงอาทิตย์จากสมการที่ 3.5

$$\beta = \sin^{-1}[(\cos L \cdot \cos \delta \cdot \cos H) + (\sin L \cdot \sin \delta)]$$

$$\beta = \sin^{-1}[(\cos 13.74 \cdot \cos 11.0851 \cdot \cos 4.3262) + (\sin 13.74 \cdot \sin 11.0851)]$$

$$\beta = 84.9381 \quad \text{องศา}$$

คำนวณมุมอะซิมูทดวงอาทิตย์จากสมการที่ 3.6

$$\phi = \cos^{-1} \left[\frac{(\sin \beta \cdot \sin L - \sin \delta)}{(\cos \beta \cdot \cos L)} \right]$$

$$\phi = \cos^{-1} \left[\frac{(\sin 84.9381 \cdot \sin 13.74) - \sin 11.0851}{\cos 84.9381 \cdot \cos 13.74} \right]$$

$$\phi = -58.8741 \quad \text{องศา}$$

คำนวณมุมอะซิมูทของตัวรับรังสีอาทิตย์กับดวงอาทิตย์และมุมอะซิมูทของแผ่นสะท้อนกับดวงอาทิตย์จากสมการที่ 3.7

มุมอะซิมูทของตัวรับรังสีอาทิตย์กับดวงอาทิตย์

$$\gamma_c = |\phi - \Psi_c|$$

$$\gamma_c = |-58.8741 - 0|$$

$$\gamma_c = 58.8741 \quad \text{องศา}$$

มุมอะซิมุทของแผ่นสะท้อนกับดวงอาทิตย์

$$\gamma_R = |\phi - \Psi_R|$$

$$\gamma_R = |-58.8741 - (-180)|$$

$$\gamma_R = 121.1259 \quad \text{องศา}$$

คำนวณมุมตกกระทบรังสีตรงของตัวรับรังสีอาทิตย์และแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์จากสมการที่ 3.8

มุมตกกระทบรังสีตรงของตัวรับรังสีอาทิตย์

$$\theta_C = \cos^{-1}[(\cos \beta \cdot \cos \gamma_C \cdot \sin \Sigma_C) + (\sin \beta \cdot \cos \Sigma_C)]$$

$$\theta_C = \cos^{-1}[(\cos 84.9381 \cdot \cos 58.8741 \cdot \sin 40) + (\sin 89.9381 \cdot \cos 40)]$$

$$\theta_C = 37.5990 \quad \text{องศา}$$

มุมตกกระทบรังสีตรงของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์

$$\theta_R = \cos^{-1}[(\cos \beta \cdot \cos \gamma_R \cdot \sin \Sigma_R) + (\sin \beta \cdot \cos \Sigma_R)]$$

$$\theta_C = \cos^{-1}[(\cos 84.9381 \cdot \cos 121.1259 \cdot \sin 50) + (\sin 121.1259 \cdot \cos 50)]$$

$$\theta_C = 52.7423 \quad \text{องศา}$$

ตัวประกอบขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์กับท้องฟ้า

$$F_{SC} = (1 + \cos \Sigma_C) / 2$$

$$F_{SC} = (1 + \cos 40) / 2$$

$$F_{SC} = 0.8830$$

ตัวประกอบขนาดของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์กับท้องฟ้า

$$F_{SR} = (1 + \cos \Sigma_R) / 2$$

$$F_{SR} = (1 + \cos 50) / 2$$

$$F_{SR} = 0.8214$$

ตัวประกอบขนาดของตัวรับรังสีอาทิตย์กับพื้น

$$F_{SC} = (1 - \cos \Sigma_C) / 2$$

$$F_{SC} = (1 - \cos 40) / 2$$

$$F_{SC} = 0.1169$$

ตัวประกอบขนาดของแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์กับพื้น

$$F_{SR} = (1 - \cos \Sigma_R) / 2$$

$$F_{SR} = (1 - \cos 50) / 2$$

$$F_{SR} = 0.1786$$

จากข้อมูลการตรวจวัดรังสีอาทิตย์ของกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2551 ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร วันที่ 21 เมษายน เวลา 12.00 น. จะพบว่าค่ารังสีรวมมีความเข้ม 900 วัตต์ต่อตารางเมตร และรังสีกระจายมีความเข้ม 270 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มรังสีตรงบนพื้นราบได้โดยการหาผลต่างระหว่างความเข้มรังสีรวมกับความเข้มรังสีกระจายซึ่งเท่ากับ 630 วัตต์ต่อตารางเมตร

ก่อนการคำนวณรังสีตรงบนพื้นผิวใด ๆ นั้นควรที่จะแปลงความเข้มรังสีตรงบนพื้นราบให้เป็นความเข้มรังสีตรง ณ ตำแหน่งดวงอาทิตย์เสียก่อน โดยการคูณ Air mass เข้ากับความเข้มรังสีตรงบนพื้นราบ ดังการคำนวณ

$$I_D = \frac{630}{\cos(90 - \beta)}$$

$$I_D = \frac{630}{\cos(90 - 84.9381)}$$

$$I_D = 632.46$$

วัตต์ต่อตารางเมตร

ในส่วนรังสีอาทิตย์ที่ตกลงสู่พื้นนั้นจะประกอบไปด้วยรังสีกระจายและรังสีตรงตั้งฉากกับพื้นราบดังการคำนวณ

$$I_G = I_d + I_D \sin \beta$$

$$I_G = 270 + (632.46 \cdot \sin 84.9381)$$

$$I_G = 900$$

วัตต์ต่อตารางเมตร

ซึ่งจะพบว่ารังสีอาทิตย์ที่ตกลงสู่พื้นจะมีค่าเท่ากับความเข้มรังสีรวมที่ตรวจวัดได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และในส่วนของตัวประกอบขนาดระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์กับตัวรับรังสีอาทิตย์นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.12 ซึ่งจะได้เท่ากับ 0.2

รังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.2

$$I_T = [I_D \cos \theta_C + I_d F_{SC} + I_G F_{GC} \rho_G] + F_{RC} \rho_R [I_D \cos \theta_R + I_d F_{SR} + I_G F_{GR} \rho_G]$$

$$I_T = 773.1752 + (0.2 \cdot 0.9)(656.1068)$$

$$I_T = 891.274$$

วัตต์ต่อตารางเมตร

ดังนั้นค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์ในกรณี กท - AZ0 - C40 - R50 - np1 - ml1 ณ วันที่ 21 เมษายนเวลา 12.00น. จะมีค่าเท่ากับ 891.274 วัตต์ต่อตารางเมตร

ตัวอย่างโปรแกรมในการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์สุทธิของตัวรับรังสีอาทิตย์
ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

```

%Bangkok
clc
n = input('Input Value n ');
p = input('Input Value p ');
m = input('Input Value m ');
l = input('Input Value l ');
LA = input('Input Latitude ');
LON = input('Input Longitude ');
np = n/p;
ml = m/l;
GR = 0.32; %Ground Reflectivity (Old Concrete)
RR = 0.9; %Reflector Reflectivity
%Load Solar radiation data
yy = load('Solar_radiation_Bangkok.txt');
Diffuse = yy(:,2);
Direct = yy(:,3);

for D = 1:365 %Day number
x = (360/365.242)*(D-1);

EOT = (((0.258*cos(x*pi/180))-(7.416*sin(x*pi/180))-(3.648*cos(2*x*pi/180))-
(9.228*sin(2*x*pi/180))); % EOT = Equation of time

Decli_Cal = 0.39795*cos((0.98563*(D-173))*pi/180);
Decli = asin(Decli_Cal)*180/pi; % Decli = Declination angle

```

```

for LST = 6:18 %Local time
AST = LST + (EOT/60) - ((4/60)*(105-Lo)); % AST = Solar time
H = 15.*(AST-12); % H = Hour angle

Alt_Cal=(cos(La*pi/180).*cos(Decli*pi/180).*cos(H*pi/180))
+(sin(La*pi/180).*sin(Decli*pi/180));
Alt = asin(Alt_Cal)*180/pi; % Alt = Altitude angle
Z_Cal = 90-Alt; % Z = Zinith angle
Z = rot90(Z_Cal,-1);
Azi_CalA = (((sin(Alt*pi/180)*sin(La*pi/180))-
(sin(Decli*pi/180)))/(cos(Alt*pi/180)*cos(La*pi/180)));
Azi_CalB = acos(Azi_CalA)*180/pi;
if H < 0 % Azi = Azimuth angle
Azi = -1*(Azi_CalB);
else
Azi = Azi_CalB;
end

for C_Azi_Cal = 1:360 %Collector Azimuth
C_Azi = C_Azi_Cal-181;

for C_Tilt_Cal = 1:91 %Collector Tilt
C_Tilt = C_Tilt_Cal-1;

C_S_Azi_Cal = Azi-C_Azi; %Collector_Solar_Azimuth
C_S_Azi = abs(C_S_Azi_Cal);

%Collector Incident Angle

```

```

C_Inci = acos((cos(Alt*pi/180)*cos(C_S_Azi*pi/180)*sin(C_Tilt*pi/180))
              +(sin(Alt*pi/180)*cos(C_Tilt*pi/180)))*(180/pi);

%=====

for R_Tilt_Cal = 1:91 %Reflector Tilt
    R_Tilt = R_Tilt_Cal-1;

    if C_Azi > -1 %Reflector Azimuth
        R_Azi = C_Azi - 180;
    else
        R_Azi = C_Azi + 180;
    end

    R_S_Azi_Cal = Azi-R_Azi; %Reflector_Solar_Azimuth
    R_S_Azi = abs(R_S_Azi_Cal);

    %Reflector Incident Angle
    R_Inci = acos((((cos(Alt*pi/180))*(cos(R_S_Azi*pi/180))*
                    (sin(R_Tilt*pi/180)))+(sin(Alt*pi/180))*(cos(R_Tilt*pi/180))))*(180/pi);

    %Calculate Shade Reflector to Collector Factor
    Zeta_C1 = Alt + C_Tilt;
    Zeta_C2 = C_Tilt + R_Tilt - Zeta_C1;

    if Zeta_C2 <= 0
        n_C1 = 0;
    else

```

```

n_C1 = p*((sin(Zeta_C2*pi/180))/(sin(Zeta_C1*pi/180)));
end

if C_S_Azi_Cal >= 0
    m_C1 = m - (n_C1*tan(C_S_Azi*pi/180));
else
    m_C1 = m - (n_C1*tan(-1*C_S_Azi*pi/180));
end

if m_C1 < 0
    m1 = 0;
else
    m1 = m_C1;
end

Shade_C_A = 0.5*(m1 + 1)*n_C1;

if C_Inci > 90 | Shade_C_A >= (n*m)
    Shade_C_A = n*m;
else
    Shade_C_A = 0.5*(m1 + 1)*n_C1;
end

Shade_Factor_C_Cal = ((n*m)-Shade_C_A)/(n*m);
Shade_Factor_C = abs(Shade_Factor_C_Cal);

%Calculate Shade Collector to Reflector Factor
Zeta_R1 = Alt + R_Tilt;
Zeta_R2 = C_Tilt + R_Tilt - Zeta_R1;

```

```

if Zeta_R2 <= 0
    p_R1 = 0;
else
    p_R1 = n*((sin(Zeta_R2*pi/180))/(sin(Zeta_R1*pi/180)));
end

if R_S_Azi_Cal >= 0
    l_R1 = 1 - (p_R1*tan(R_S_Azi*pi/180));
else
    l_R1 = 1 - (p_R1*tan(-1*R_S_Azi*pi/180));
end

if l_R1 < 0
    l1 = 0;
else
    l1 = l_R1;
end

Shade_R_A = 0.5*(l1 + m)*p_R1;

if R_Inci > 90 | Shade_R_A >= (p*1)
    Shade_R_A = p*1;
else
    Shade_R_A = 0.5*(l1 + m)*p_R1;
end

Shade_Factor_R_Cal = ((p*1)-Shade_R_A)/(p*1);
Shade_Factor_R = abs(Shade_Factor_R_Cal);

%=====

```

```

%Calculate 3D View Factor (From Reflector to Collector)

N = n/m;
L = p/l;
Y = (180-C_Tilt-R_Tilt)*pi/180;    %Fe Angle

% First Term (A)
a1 = (-sin(2*Y(1,1)))/4;
a2 = N*L*sin(Y(1,1));
a3 = ((pi/2)-(Y(1,1)))*((N^2)+(L^2));
a4 = (L^2)*(atan((N-(L*cos(Y(1,1))))/(L*sin(Y(1,1)))));
a5 = (N^2)*(atan((L-(N*cos(Y(1,1))))/(N*sin(Y(1,1)))));
a = a1*(a2 + a3 + a4 + a5);

% Second Term (B)
b1 = ((sin(Y(1,1))).^2)/4;
b2 = (((1+(N^2))*(1+(L^2)))/(1+(N^2)+(L^2)-
(2*N*L*cos(Y(1,1))))^(1/sin(Y(1,1)))^2+(1/tan(Y(1,1)))^2);
b3 = (((L^2)*(1+(N^2)+(L^2)-
(2*N*L*cos(Y(1,1)))))/((1+(L^2))*((N^2)+(L^2)-(2*N*L*cos(Y(1,1))))^(L^2);
b = b1*log(b2.*b3);

% Third Term (C)
c1 = ((N^2)*((sin(Y(1,1)))^2))/4;
c2 = (N^2)/((N^2)+(L^2)-(2*N*L*cos(Y(1,1))));
c3 = ((1+(N^2))/(1+(N^2)+(L^2)-(2*N*L*cos(Y(1,1))))^cos(2*Y(1,1)));
c = c1*log(c2*c3);

% Fourth Term (D)
d1 = L*(atan(1/L));
d2 = N*(atan(1/N));
d3 = ((N^2)+(L^2)-(2*N*L*cos(Y(1,1))))^(1/2);

```

```

d4 = acot(d3);
d = d1 + d2 - (d3*d4);
% Fifth Term (E)
e1 = (N*sin(Y(1,1))*sin(2*Y(1,1)))/2;
e2 = (1+((N^2)*(sin(Y(1,1)))^2))^(1/2);
e3 = atan((N*cos(Y(1,1)))/e2);
e4 = atan((L-(N*cos(Y(1,1))))/e2);
e = e1*e2*(e3 + e4);
% Sixth Term (F)
f1 = cos(Y);
z_0 = 0*L;
z_01 = 0.1*L;
z_02 = 0.2*L;
z_03 = 0.3*L;
z_04 = 0.4*L;
z_05 = 0.5*L;
z_06 = 0.6*L;
z_07 = 0.7*L;
z_08 = 0.8*L;
z_09 = 0.9*L;

z_1 = 1*L;
f2_0 = (1+((z_0^2)*(sin(Y(1,1)))^2))^(1/2);
f3_0 = atan((N-(z_0*cos(Y(1,1))))/f2_0);
f4_0 = atan((z_0*cos(Y(1,1)))/f2_0);
f_Cal_0 = (f2_0*(f3_0 + f4_0));
f2_01 = (1+((z_01^2)*(sin(Y(1,1)))^2))^(1/2);
f3_01 = atan((N-(z_01*cos(Y(1,1))))/f2_01);
f4_01 = atan((z_01*cos(Y(1,1)))/f2_01);

```


$$\begin{aligned}
f_Cal_01 &= (f2_01*(f3_01 + f4_01)); \\
f2_02 &= (1+((z_02^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_02 &= \operatorname{atan}((N-(z_02*\cos(Y(1,1))))/f2_02); \\
f4_02 &= \operatorname{atan}((z_02*\cos(Y(1,1)))/f2_02); \\
f_Cal_02 &= (f2_02*(f3_02 + f4_02)); \\
f2_03 &= (1+((z_03^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_03 &= \operatorname{atan}((N-(z_03*\cos(Y(1,1))))/f2_03); \\
f4_03 &= \operatorname{atan}((z_03*\cos(Y(1,1)))/f2_03); \\
f_Cal_03 &= (f2_03*(f3_03 + f4_03)); \\
f2_04 &= (1+((z_04^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_04 &= \operatorname{atan}((N-(z_04*\cos(Y(1,1))))/f2_04); \\
f4_04 &= \operatorname{atan}((z_04*\cos(Y(1,1)))/f2_04); \\
f_Cal_04 &= (f2_04*(f3_04 + f4_04)); \\
f2_05 &= (1+((z_05^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_05 &= \operatorname{atan}((N-(z_05*\cos(Y(1,1))))/f2_05); \\
f4_05 &= \operatorname{atan}((z_05*\cos(Y(1,1)))/f2_05); \\
f_Cal_05 &= (f2_05*(f3_05 + f4_05)); \\
f2_06 &= (1+((z_06^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_06 &= \operatorname{atan}((N-(z_06*\cos(Y(1,1))))/f2_06); \\
f4_06 &= \operatorname{atan}((z_06*\cos(Y(1,1)))/f2_06); \\
f_Cal_06 &= (f2_06*(f3_06 + f4_06)); \\
\\
f2_07 &= (1+((z_07^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_07 &= \operatorname{atan}((N-(z_07*\cos(Y(1,1))))/f2_07); \\
f4_07 &= \operatorname{atan}((z_07*\cos(Y(1,1)))/f2_07); \\
f_Cal_07 &= (f2_07*(f3_07 + f4_07)); \\
f2_08 &= (1+((z_08^2)*((\sin(Y(1,1)))^2)))^{(1/2)}; \\
f3_08 &= \operatorname{atan}((N-(z_08*\cos(Y(1,1))))/f2_08); \\
f4_08 &= \operatorname{atan}((z_08*\cos(Y(1,1)))/f2_08);
\end{aligned}$$

```

f_Cal_08 = (f2_08*(f3_08 + f4_08));
f2_09 = (1+((z_09^2)*((sin(Y(1,1)))^2)))^(1/2);
f3_09 = atan((N-(z_09*cos(Y(1,1))))/f2_09);
f4_09 = atan((z_09*cos(Y(1,1)))/f2_09);
f_Cal_09 = (f2_09*(f3_09 + f4_09));
f2_1 = (1+((z_1^2)*((sin(Y(1,1)))^2)))^(1/2);
f3_1 = atan((N-(z_1*cos(Y(1,1))))/f2_1);
f4_1 = atan((z_1*cos(Y(1,1)))/f2_1);
f_Cal_1 = (f2_1*(f3_1 + f4_1));
f_Sum=(f_Cal_0/2) + f_Cal_01 + f_Cal_02 + f_Cal_03 + f_Cal_04
      + f_Cal_05 + f_Cal_06 + f_Cal_07 + f_Cal_08
      + f_Cal_09 + (f_Cal_1/2);
f = f1*0.1*L*f_Sum;

View_Factor_Cal = (a + b + c + d + e + f)/(pi*L);

if View_Factor_Cal < 0
    View_Factor = 0;
else
    View_Factor = View_Factor_Cal;
end

S_View_C = (1+(cos(C_Tilt*pi/180)))/2;
S_View_R = (1+(cos(R_Tilt*pi/180)))/2;

G_View_C = (1-(cos(C_Tilt*pi/180)))/2;
G_View_R = (1-(cos(R_Tilt*pi/180)))/2;
%Direct Radiation on Collector

```

```

if C_Inci_Jan < 90
    Direct_C    =    Direct*cos(C_Inci*pi/180)*Shade_Factor_C;
else
    Direct_C    =    0;
end

%Diffuse Sky on Collector
Diffuse_Sky_C =    Diffuse*S_View_C;

%Radiation on Ground
if Alt > 0
    Ground_Rad =    Diffuse + (Direct*sin(Alt*pi/180));
else
    Ground_Rad =    Diffuse;
end

%Diffuse Ground on Collector
Diffuse_Gro_C =    Ground_Rad.*G_View_C.*GR;
%Total Radiation on Collector
Total_C_Cal    =    Direct_C + Diffuse_Sky_C + Diffuse_Gro_C;

%=====

%Radiation on Single Reflector

%Direct Radiation on Reclector
if R_Inci < 90
    Direct_R    =    Direct*cos(R_Inci*pi/180)*Shade_Factor_R;
else
    Direct_R    =    0;

```

```

end

%Diffuse Sky on Reflector
Diffuse_Sky_R = Diffuse*S_View_R;
%Radiation on Ground
if Alt > 0
    Ground_Rad = Diffuse + (Direct*sin(Alt*pi/180));
else
    Ground_Rad = Diffuse;
end
%Diffuse Ground on Reflector
Diffuse_Gro_R = Ground_Rad.*G_View_R.*GR;
%Total Radiation on Reflector
Total_R_Cal = Direct_R + Diffuse_Sky_R + Diffuse_Gro_R;
%=====
%Diffuse Radiation from Reflector to Collector
Diff_from_R = Total_R_Cal*View_Factor*RR;
%=====
%Global Radiation on Collector
Global_C(R_Tilt_Cal,C_Tilt_Cal) = Total_C_Cal + Diff_from_R;
end %Collector Tilt
end %Reflector Tilt
end %Collector Azimuth
end %Local time
end %Day number

```



ภาคผนวก จ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6
5 - 7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาผลกระทบของทิศการวางตัวและความลาดเอียงที่มีต่อปริมาณความร้อน
จากรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวรับรังสีอาทิตย์ได้รับภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

The study of the effect of the orientation and surface tilt on the thermal solar radiation
quantity at the media surface under the climate of Thailand

อภิชัย แชมพรมาธ¹ วีระชาติ พรพิบูลย์²

^{1,2}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทร 044 224 498 โทรสาร 044 224 613

Apichai Champrornmarat¹ Teerachart Pompibul²

^{1,2}School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand Tel: 044 224 498 Fax: 044 224 613 E-mail: apichaisut@hotmail.com

บทคัดย่อ

การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ในด้านผลิตพลังงานจากความร้อน ในทางวิศวกรรมจะพิจารณาการรับรังสีอาทิตย์ในทิศทางและความเอียงที่จะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด ในขณะที่เกี่ยวกับการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงาน จะพิจารณาให้เปลือกอาคารได้รับรังสีอาทิตย์น้อยที่สุด ซึ่งพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบยังพื้นผิวตัวกลางใดๆ จะขึ้นกับทิศการวางตัวและมุมเอียงของพื้นผิวนั้น และยังรวมไปถึงอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคนั้นๆ จากปัจจัยดังกล่าวจึงส่งผลต่อโอกาสในการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) และเซลล์สุริยะ (Solar cell) และในขณะเดียวกันยังส่งผลต่อการสูญเสียโอกาสในการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ ซึ่งบทความนี้เป็นนำเสนอถึงปัจจัยของความผันแปรของพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวตัวกลางใดๆ ได้รับในลักษณะทิศการวางตัวและความเอียงแบบต่างๆ เทียบกับพลังงานความร้อนในทิศการวางตัวและความเอียงที่จะสามารถรับพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้สูงสุดภายใต้สภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2551 โดยผลของการวิเคราะห์จะถูกนำเสนอในรูปแบบของดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ (Solar heat gain index, S) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนระหว่างพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวตัวกลางใดๆ ได้รับ ในทิศทางการวางตัวและความเอียงแบบต่างๆ เทียบกับพลังงานความร้อนในทิศการวางตัวและความเอียงที่สามารถรับพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด

Abstract

In engineering, the orientation and surface tilt of media surface that receives the maximum solar radiation are considered in order to implement the solar energy for the thermal energy production. At the same time, for energy saving, building design is to minimizing solar radiation that incident on building surface. The thermal energy of the solar radiation that fall on the media surface depends on it orientation and surface tilt and the region climate as well. These factor affect to the opportunities of energy production using solar collector and solar cell. On the other hand, they affect to the losing of the energy saving opportunities for the conditioned buildings. This paper presents the thermal energy variation obtained from the solar radiation at the media surface with different orientation and surface tilt. The thermal energy was compared to the maximum thermal energy from the solar radiation under the condition of Thailand weather during the year 2004-2008. The results of the analysis were presented in the form of *solar heat gain index* which is the ratio between thermal energy from the solar radiation at the media surface with a variety of its orientation and surface tilt and the maximum thermal energy at the media surface in orientation and surface tilt can be received maximum thermal solar radiation.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้น้ำร้อนเพื่อกิจกรรมต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน ในแต่ละปีเป็นปริมาณที่มาก อีกทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกิจกรรมต่างๆ อีกด้วย ซึ่งการผลิตน้ำร้อนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การผลิตน้ำร้อนโดยใช้ไฟฟ้า ก๊าซ แสงอาทิตย์ ฯลฯ แต่หากคำนึงถึงผลจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันแล้ว จะพบว่าการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุดและยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาวะแวดล้อม

อุปกรณ์การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับความนิยมใช้ตัวหนึ่งคือตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ เนื่องจากมีราคาต้นทุนที่ไม่สูงมาก และดูแลรักษาง่าย โดยสถานที่ติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ควรเป็นที่โล่ง ไม่มีเงามาบังรังสีอาทิตย์ที่จะฉายมาสู่อุปกรณ์ เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับรังสีอาทิตย์มากที่สุด แต่บ่อยครั้งพบว่าเมื่อติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ไปแล้ว จะมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้เกิดขึ้นตามมาภายหลัง เช่น มีเงาบังจากต้นไม้หรือมีเงาบังจากอาคารที่สร้างขึ้นตามมาภายหลังมายังตัวรับรังสีอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการจัดวางตัวรับรังสีอาทิตย์ใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงผลจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ดังกล่าว จึงทำให้อุปกรณ์ได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์น้อยลง ซึ่งจะมีผลต่อโอกาสในการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัญหาในลักษณะดังกล่าวได้จากดัชนีการรับรังสีอาทิตย์

ในทำนองเดียวกันการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานควรให้พื้นผิวด้านนอกของตัวอาคารเช่น ผนัง หลังคา เป็นต้น ได้รับรังสีอาทิตย์ในปริมาณที่ไม่สูงมาก เพื่อเป็นการลดภาระการทำความเย็นของอาคารปรับอากาศ ซึ่งจะช่วยให้ช่วยลดการสูญเสียโอกาสในการประหยัดพลังงานไปในตัว แนวทางหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ก่อนการก่อสร้างคือการเลือกทิศทางวางตัวของอาคารให้ได้รับรังสีอาทิตย์น้อยที่สุด ซึ่งอาจพิจารณาจากปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร โดยการรับรังสีอาทิตย์ของแต่ละพื้นผิวของอาคารสามารถวิเคราะห์ได้จากดัชนีการรับรังสีอาทิตย์เช่นเดียวกัน

2. การวิเคราะห์แบบจำลองรังสีอาทิตย์

เพื่อให้การวิเคราะห์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบยังพื้นผิวใดๆ เป็นไปด้วยความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย จึงจำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาแบบจำลองรังสีอาทิตย์ที่สามารถอธิบายครอบคลุมถึงรูปแบบรังสีอาทิตย์และสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยได้ โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแบบจำลองรังสีอาทิตย์ที่ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร [1] ได้สร้างแบบจำลองรังสีอาทิตย์ขึ้นภายใต้ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ได้จากการตรวจวัดระหว่างปี พ.ศ. 2538 – 2547 ในจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทย โดยแบบจำลองนี้จะวิเคราะห์ปริมาณรังสีอาทิตย์อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorptivity) สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectivity) สัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (Transmissivity) ของชั้นบรรยากาศ ไอน้ำและฝุ่นละอองบนท้องฟ้า และความเข้มรังสีอาทิตย์ภายนอกชั้นบรรยากาศโลก (Extraterrestrial radiation) ดังความสัมพันธ์

$$I_{sur} = f(\alpha_{\nu}, \alpha_{aer}, \rho_B, \rho_g, \tau_o, I_{TOA})$$

แต่เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลาที่มีการตรวจวัดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในแบบจำลองนี้อยู่มาก จึงอาจทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองนี้เกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อนำมาใช้ทำนายภายใต้สภาพภูมิอากาศปัจจุบัน

นอกจากนี้การศึกษาวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษารูปแบบการกระจายของ Perez [2] ที่ได้มีการวิเคราะห์ครอบคลุมไปถึงรูปแบบของท้องฟ้าซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้มีการนำเสนอสภาพของท้องฟ้าอยู่ในรูปดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า (Sky clearness, c) และดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า (Sky brightness, Δ) โดยปริมาณรังสีกระจายของแบบจำลองนี้จะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของดัชนีดังกล่าวและการวางตัวของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณรังสีกระจายนั้นจำเป็นต้องทราบสภาพของท้องฟ้าจากดัชนีทั้งสอง เพื่อใช้ในการเลือกสัมประสิทธิ์ในการคำนวณได้อย่างเหมาะสมกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากในอดีตสถานีตรวจวัดรังสีอาทิตย์มักจะมีการตรวจวัดเพียงรังสีรวม จึงทำให้ผู้สร้างแบบจำลองนี้สร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการแยกรังสีกระจายออกจากรังสีรวม ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงสามารถวิเคราะห์ได้เพียงปริมาณรังสีกระจายที่เกิดขึ้นเท่านั้น

และแบบจำลองท้องฟ้าโปร่งของสมาคมวิศวกรปรับอากาศและทำความเย็นแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) [3] ได้ทำการสร้างแบบจำลองขึ้นภายใต้ค่าคงที่ของรังสีอาทิตย์เป็นค่าที่แทบไม่ถูกดูดซับจากชั้นบรรยากาศของโลก เพื่อใช้ในการประเมินค่ารังสีอาทิตย์สูงสุดที่กระทำต่ออาคาร โดยแบบจำลองนี้จะพิจารณาตัวรับรังสีอาทิตย์อยู่ในรูปของผลรวมของรังสีตรงตั้งฉากกับตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ รังสีกระจายจากท้องฟ้า และรังสีกระจายที่สะท้อนจากพื้น โดยในการพัฒนาแบบจำลองนี้ได้ใช้ข้อมูลเฉลี่ยในวันฟ้าโปร่ง แต่สำหรับกรุงเทพมหานครนั้นไม่มีวันที่ท้องฟ้าไม่มีเมฆเลย อย่างน้อยต้องมีเมฆอยู่บ้าง 5 – 10 % ของพื้นที่ท้องฟ้า [4] จึงทำให้สัมประสิทธิ์ความสูญหายของบรรยากาศและค่าตัวประกอบรังสีกระจายในแบบจำลองอาจไม่เหมาะสมกับการใช้งานภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

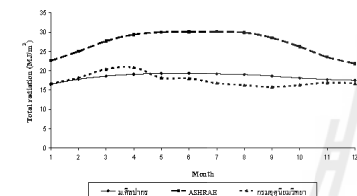
จากข้อจำกัดในด้านความไม่เหมาะสมของแบบจำลองต่างๆ กับการนำมาวิเคราะห์ปัญหาภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในปัจจุบัน จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2551 จากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นตัวแทนรูปแบบรังสีอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา โดยชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจริง จึงมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ปัญหาภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในปัจจุบัน

ซึ่งการศึกษานี้ยังได้ทำการตรวจสอบผลที่ได้จากแบบจำลองแบบต่างๆ กับผลที่ได้จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาโดยการพล็อตกราฟเปรียบเทียบรูปแบบรังสีรวม ดังรูปที่ 1 และรูปแบบรังสีกระจายดังรูปที่ 2 พบว่ารังสีรวมจากแบบจำลองท้องฟ้าโปร่งของ ASHRAE มีค่าสูงสุด เนื่องจากแบบจำลองนี้วิเคราะห์ภายใต้สภาวะท้องฟ้าโปร่ง ดังนั้นรังสีอาทิตย์จึงแทบไม่ถูกดูดซับจากท้องฟ้าเลย ส่วนแบบจำลองรังสีอาทิตย์ที่ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรได้สร้างขึ้นพบว่าแนวโน้มใกล้เคียงกันกับข้อมูลรังสีรวมของกรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ เนื่องจากช่วงเดือนดังกล่าวประเทศไทยมีสภาพท้องฟ้าค่อนข้างปลอด

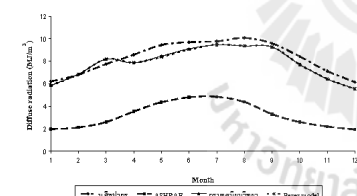
โปร่ง แต่ในเดือนอื่นๆ จะมีแนวโน้มที่แตกต่างไปจากข้อมูลเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยา

ส่วนการพล็อตกราฟเปรียบเทียบรูปแบบรังสีกระจายของแบบจำลองแบบต่างๆ กับข้อมูลรังสีกระจายของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่ารังสีกระจายที่ได้จากแบบจำลองห้องฟ้าโปร่งของ ASHRAE มีค่าต่ำกว่าค่ารังสีกระจายที่กรมอุตุนิยมวิทยาวัดได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากสภาพห้องฟ้าในประเทศไทยมักมีเมฆอยู่เสมอ จึงทำให้เกิดรังสีกระจายได้มากกว่าผลจากแบบจำลองห้องฟ้าโปร่ง และพบว่าแบบจำลองของ Perez ให้ผลออกแบบใกล้เคียงกับข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นอย่างมาก แม้ว่าแบบจำลองของ Perez จะให้ผลลัพธ์ออกมาใกล้เคียงกับการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยามากก็ตาม แต่แบบจำลองของ Perez ยังมีข้อจำกัดคือสามารถวิเคราะห์ได้เพียงรังสีกระจาย

ดังนั้นจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การศึกษาวิจัยจึงเลือกข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาใช้ในการศึกษาวิจัย



รูปที่ 1 เปรียบเทียบรูปแบบรังสีรวมของแบบจำลองต่างๆ กับข้อมูลรังสีรวมของกรมอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 2 เปรียบเทียบรูปแบบรังสีกระจายของแบบจำลองต่างๆ กับข้อมูลรังสีกระจายของกรมอุตุนิยมวิทยา

3. แบบจำลองปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ได้รับภายใต้ข้อมูลเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยา

เมื่อรังสีอาทิตย์ส่งผ่านมาถึงชั้นบรรยากาศของโลก รังสีอาทิตย์ส่วนหนึ่งก็จะเกิดการกระเจิงเนื่องจากฝุ่นละออง ไอ น้ำ หรือเมฆที่บังบดบังแนวการส่งผ่านของรังสี ทำให้รังสีส่วนนี้เกิดการกระเจิงออกไป ซึ่งรังสีส่วนนี้เรียกว่ารังสีกระจาย (Diffuse radiation, I_d) และรังสีส่วนที่เหลือจากการกระเจิงดังกล่าวเรียกว่ารังสีตรง (Direct radiation, I_d) โดยที่ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายนี้จะเรียกว่ารังสีรวม (Total radiation, I_t)

สำหรับลักษณะการรับรังสีอาทิตย์ของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์นั้นจะได้รับทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายจากท้องฟ้า นอกจากนี้แล้วยังได้รับรังสีกระจายที่สะท้อนจากพื้นรอบข้าง (Ground reflected diffuse radiation, I_g) ด้วยเช่นกัน โดยรังสีกระจายที่สะท้อนจากพื้นรอบข้างนั้นเกิดจากรังสีตรงและรังสีกระจายจากท้องฟ้าฉายมาตกกระทบยังพื้นและเกิดการกระเจิงออกไปทุกทิศทางเป็นรังสีกระจายอีกครั้ง ดังนั้นตัวกลางรับรังสีอาทิตย์จึงได้รับในส่วนของรังสีกระจายจากพื้นเพิ่มขึ้นมาในเทอมที่สาม ดังสมการที่ 1

$$I_t = I_D \cos \theta + I_d F_{ss} + I_g \rho_g F_g \tag{1}$$

โดยแบบจำลองนี้จะใช้ข้อมูลรังสีรวมเฉลี่ยและรังสีกระจายเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาในการวิเคราะห์ปริมาณรังสีอาทิตย์สุทธิที่ฉายลงบนตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ โดยปริมาณรังสีกระจายจากท้องฟ้าและรังสีกระจายจากการสะท้อนของพื้นนั้นจะถูกคูณด้วยตัวประกอบขนาด ซึ่งตัวประกอบขนาดคือสัดส่วนของรังสีกระจายที่ออกจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่งโดยตัวประกอบขนาดนั้นจะพิจารณาจากรูปทรงทางเรขาคณิตของพื้นผิวทั้งสอง และรังสีกระจายที่สะท้อนจากพื้นนั้นจะถูกคูณด้วยสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้น โดยที่สัมประสิทธิ์การสะท้อนจะบ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนรังสีของพื้นผิวนั้นๆ

4. การวิเคราะห์สภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร

ในการวิเคราะห์สภาพท้องฟ้าของประเทศไทยนั้น ทางผู้วิจัยได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกระจาย รังสีตรง และตำแหน่งของดวงอาทิตย์มาทำการวิเคราะห์สภาพท้องฟ้าดังความสัมพันธ์

$$e = f(I_d, I_D, Z)$$

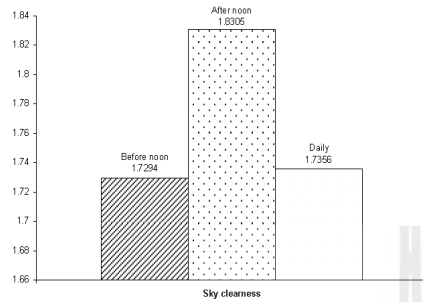
ซึ่งจะนำเสนออยู่ในรูปของดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า โดยดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประเภทของท้องฟ้าตั้งแต่ท้องฟ้ามีเมฆมากจนถึงท้องฟ้าโปร่ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทของท้องฟ้าที่แบ่งโดยดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า

ประเภทของท้องฟ้า	ขอบล่างดัชนี	ขอบบนดัชนี
ท้องฟ้ามีเมฆมาก	1	1.065
-	1.065	1.230
-	1.230	1.500
-	1.500	1.950
-	1.950	2.800
-	2.800	4.500
-	4.500	6.200
ท้องฟ้าโปร่ง	6.200	-

โดยผลจากการใช้ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้าในการวิเคราะห์สภาพของท้องฟ้าในกรุงเทพมหานครพบว่าสภาพท้องฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งปีของกรุงเทพมหานครมีสภาพท้องฟ้าเป็นแบบมีเมฆบางส่วนหรือมีดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้าเท่ากับ 1.7356 และหากพิจารณาสภาพท้องฟ้าแบบแบ่งเป็นในช่วงก่อนเที่ยงและช่วงหลังเที่ยงจะพบว่าในช่วงหลังเที่ยงจะมีสภาพท้องฟ้าที่ปลอดโปร่งมากกว่า

ในช่วงก่อนเที่ยงเล็กน้อย โดยดัชนีความปลอดภัยโปร่งของท้องฟ้าในช่วงก่อนเที่ยงเท่ากับ 1.7294 และดัชนีความปลอดภัยโปร่งของท้องฟ้าในช่วงหลังเที่ยงเท่ากับ 1.8305 ซึ่งดัชนีทั้งสองก็ยังมีสภาพท้องฟ้าเป็นแบบมีเมฆบางส่วนทั้งช่วงก่อนเที่ยงและหลังเที่ยง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ดัชนีความปลอดภัยโปร่งของท้องฟ้าเฉลี่ยตลอดทั้งปีในช่วงก่อนเที่ยง หลังเที่ยง และเฉลี่ยตลอดทั้งวัน

3. ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ (Solar heat gain index, S)

ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์หมายถึงสัดส่วนระหว่างพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ได้รับในทิศทางการวางตัวและความเอียงแบบต่างๆ เทียบกับพลังงานความร้อนในทิศการวางตัวและความเอียงที่สามารถรับพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้สูงสุดดังสมการที่ 2

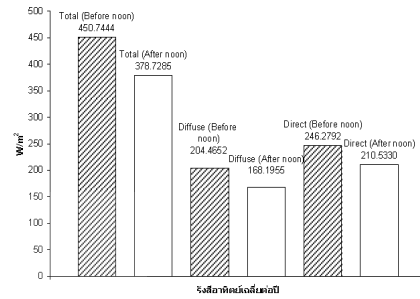
$$S = \frac{I_t}{I_{t,max}} \quad (2)$$

ซึ่งดัชนีการรับรังสีอาทิตย์จะแตกต่างจากค่าตัวประกอบความร้อนเพิ่มจากรังสีอาทิตย์ (Solar heat gain factor) ที่ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์จะพิจารณาจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวกลางในการวางตัวลักษณะต่างๆ เทียบต่อปริมาณรังสีอาทิตย์ของการวางตัวที่สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด แต่ตัวประกอบความร้อนเพิ่มจากรังสีอาทิตย์จะพิจารณาจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวกลางเทียบต่อปริมาณรังสีอาทิตย์สูงสุดที่ตกกระทบตัวกลางในการวางตัวในลักษณะเดียวกัน

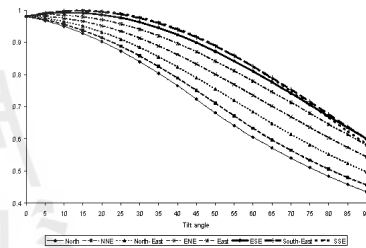
โดยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์จะสามารถบ่งชี้หรือเปรียบเทียบถึงอิทธิพลของทิศการวางตัวและความลาดเอียงของตัวกลางที่จะส่งผลต่อโอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์และเซลล์สุริยะในลักษณะการวางตัวแบบต่างๆ และการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศได้

สำหรับการคำนวณหาดัชนีการรับรังสีอาทิตย์นั้นการศึกษานี้ได้จำแนกทิศการวางตัวของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ทั้งหมด 16 ทิศ และปรับความเอียงของตัวกลางตั้งแต่ 0 – 90 องศาจากแนวระดับโดยเพิ่มความเอียงครั้งละ 5 องศา พบว่าการวางตัวในทิศ SSE และมีความเอียง 15 องศาจากแนวระดับจะทำให้ตัวกลางรับรังสีอาทิตย์สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด เนื่องจากการวางตัวลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีมุมตกกระทบ (Incident angle) เฉลี่ยตลอดทั้งปีดีที่สุดและในช่วงก่อนเที่ยงจะมีปริมาณรังสีอาทิตย์มากกว่าในช่วงหลังเที่ยงดังรูปที่ 4 จึงทำ

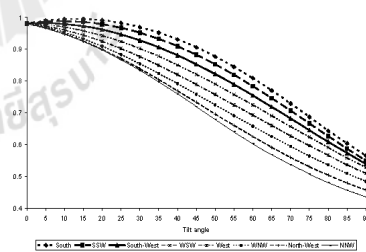
ให้การวางตัวของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ที่จะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ดีที่สุดก่อนนาทีก่อนเที่ยงเล็กน้อย ดังนั้นการวางตัวในลักษณะดังกล่าวจึงมีดัชนีการรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 1 สำหรับการวางตัวในลักษณะอื่นๆ นั้นจะมีดัชนีการรับรังสีอาทิตย์แตกต่างกันออกไปดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 4 รังสีอาทิตย์เฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2551 ในช่วงก่อนเที่ยงและหลังเที่ยง



รูปที่ 5 ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ในทิศ N ถึงทิศ SSE โดยวนตามเข็มนาฬิกา



รูปที่ 6 ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ในทิศ S ถึงทิศ NNW โดยวนตามเข็มนาฬิกา

5. กรณีศึกษา

บทความนี้จะนำเสนอถึงกรณีศึกษาสำหรับความเอียงเบนของโอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์และการศึกษาของการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ

5.1 กรณีศึกษาความเอียงเบนของโอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์

ตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ในกรณีศึกษาเป็นแบบแผ่นราบมีกระจกปิดด้านบน ใช้ผ้าเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

แผ่นกระจกปิดด้านบนของตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นกระจกชั้นเดียวมีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.86

แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทำจากอะลูมิเนียมมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9

ตัวประกอบปรับค่าเชิงประจักษ์ (Empirical determined factor, F_i) สำหรับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 0.9

โดยการศึกษาวิจัยจะกำหนดให้ตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวอยู่ในทิศ SSE และความลาดเอียง 15 องศา ซึ่งเป็นการวางตัวที่สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงสุด จากนั้นจะทำการปรับการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ใหม่ โดยสมมุติว่าได้มีการก่อสร้างอาคารขึ้นมาบังรังสีอาทิตย์ที่จะฉายมาสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยใช้วิธีการรับรังสีอาทิตย์เป็นตัวทำนายปริมาณรังสีรวมที่ฉายลงสู่ตัวรับรังสีอาทิตย์เมื่อมีการปรับการวางตัวใหม่ดังสมการที่ 3

$$I_t = I_{t,max} \times S \tag{3}$$

โดยที่ I_{t,max} เป็นปริมาณรังสีอาทิตย์ที่เกิดขึ้นบนตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ที่วางตัวในทิศ SSE และเอียงทำมุม 30 องศาจากพื้นราบ โดยมีการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ ดังนี้

1. วางตัวในทิศ SSE ความลาดเอียง 15 องศา
2. วางตัวในทิศ SE ความลาดเอียง 30 องศา
3. วางตัวในทิศ S ความลาดเอียง 30 องศา
4. วางตัวในทิศ SSW ความลาดเอียง 30 องศา

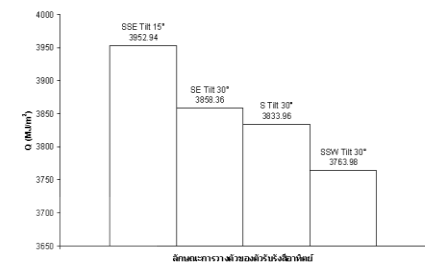
โดยแบบที่ 1 เป็นการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์ก่อนที่จะมีการปรับการวางตัว ส่วนการวางตัวแบบอื่นๆ นั้นเป็นการวางตัวหลังจากมีการปรับแล้ว โดยการวางตัวในแต่ละแบบนี้จะเกิดจากข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ติดตั้ง เช่น ทิศหรือความเอียงของหลังคา เป็นต้น

จากนั้นจะทำการวิเคราะห์หาความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของตัวรับรังสีอาทิตย์ ในการวางตัวแบบต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ถึงความเอียงเบนของโอกาสในการดำเนินการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์

5.1.1 ผลจากการศึกษาความเอียงเบนของโอกาสในการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์

จากกรณีศึกษาของโอกาสในการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ พบว่าในการวางตัวแบบที่ 1 จะทำให้ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดเท่ากับ 3952.94 MJ/m² ส่วนการวางตัวในลักษณะอื่นๆ จะได้รับความร้อนต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่าการวางตัวแบบที่ 1 โดยแบบที่ 2 3 และ 4 จะได้รับความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของตัวรับรังสีอาทิตย์เท่ากับ 3858.36 3833.96 และ 3763.98 MJ/m² ตามลำดับ ดังรูปที่ 7 ซึ่งสามารถวิเคราะห์อยู่ในรูปของความเอียงเบนของโอกาสในการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ได้โดยวิเคราะห์จากผลต่างของดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ในการวางตัวลักษณะต่างๆ ซึ่งจะพบว่าการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์แบบที่ 2 3 และ 4 มีความเอียงเบนของโอกาสในการผลิตพลังงาน 2.39 3.01 และ 4.78 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปจากโอกาสในการผลิตพลังงานสูงสุดของตัวรับรังสีอาทิตย์ตามลำดับ สาเหตุเนื่องมาจากการวางตัวของตัวรับรังสีอาทิตย์

แบบที่ 1 นั้นจะได้เปรียบในเรื่องของมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าการวางตัวในลักษณะอื่นๆ และในช่วงก่อนเที่ยงนั้นยังมีปริมาณรังสีอาทิตย์ที่สูงกว่าในช่วงหลังเที่ยงจึงทำให้ลักษณะการวางตัวที่มีแนวโน้มมาทางทิศตะวันออกจะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ดีกว่าการวางตัวที่มีแนวโน้มไปทางทิศตะวันตก



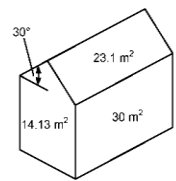
รูปที่ 7 ปริมาณความร้อนที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับในการวางตัวลักษณะต่างๆ

5.2 กรณีศึกษาการสูญเสียโอกาสในการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ

สำหรับการวิเคราะห์ของการสูญเสียโอกาสในการประหยัดพลังงานของหลังคาอาคารปรับอากาศนั้น การศึกษาวิจัยนี้จะวิเคราะห์ถึงการรับรังสีความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคารเมื่ออาคารมีการวางตัวในทิศที่แตกต่างกัน โดยอาคารดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

หลังคามีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.4 และมีค่าความต้านทานความร้อนรวมของหลังคา (Total thermal resistance R_{tot}) เท่ากับ 0.198 ตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ผนังอาคารใช้วัสดุอิฐมวลเบาที่มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.6 และมีค่าความต้านทานความร้อนรวมเท่ากับ 0.164 ตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์

โดยหลังคาอาคารเป็นหลังคาทรงจั่วมีพื้นที่หลังคาชันซ้ายและขวาจำนวน 23.1 ตารางเมตร เอียงทำมุม 30 องศาจากแนวระดับ มีพื้นที่ผนังอาคารด้านข้างซ้ายและขวาจำนวน 30 ตารางเมตร และมีพื้นที่ผนังอาคารด้านหน้าและหลัง จำนวน 14.3 ตารางเมตร



รูปที่ 8 ลักษณะอาคารที่ใช้ในกรณีศึกษา

โดยมีการวางตัวของอาคารในทิศต่างๆ ดังนี้

1. วางหันหน้าในทิศ SSE
2. วางหันหน้าในทิศ S
3. วางหันหน้าในทิศ E
4. วางหันหน้าในทิศ NE

โดยปริมาณรังสีรวมที่ฉายมาบนแต่ละพื้นผิวของอาคารนั้น จะวิเคราะห์โดยใช้วิธีการรับรังสีอาทิตย์เป็นตัวทำนายเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณรังสีรวมที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลของการรับรังสีความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาของอาคารที่จะส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร เพื่อเปรียบเทียบถึงการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ ดังสมการที่ 4

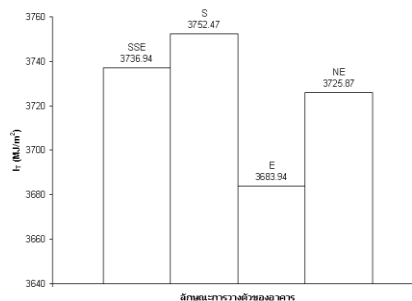
$$I_T = \frac{(A_1)(I_{T1}) + (A_2)(I_{T2}) + \dots + (A_n)(I_{Tn})}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (4)$$

5.2.1 ผลจากการณีศึกษาการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศ

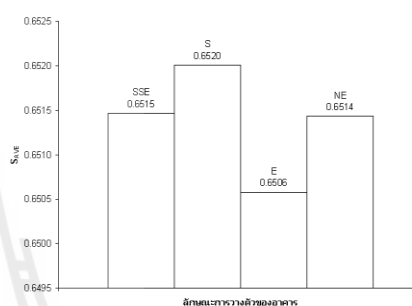
ส่วนกรณีศึกษาของการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศนั้นจะวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของปริมาณรังสีความร้อนรวมที่เกิดขึ้นกับผนังและหลังคาอาคาร ซึ่งหากปริมาณรังสีความร้อนรวมเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้อาคารมีการทำความเย็นสูงขึ้น ซึ่งหมายความว่า การสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานย่อมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

โดยจะพบว่าการวางตัวของอาคารในแต่ละทิศนั้น ในด้านตรงกันข้ามของการวางตัวจะมีปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาของอาคารที่เท่ากัน เช่นปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมของการวางตัวทางทิศใต้ ก็จะเท่ากับปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมในการวางตัวทางทิศเหนือ เนื่องมาจากอาคารที่ใช้ในการศึกษาเป็นอาคารที่มีรูปทรงสมมาตรกัน มีพื้นที่ผนังและหลังคาในด้านตรงกันข้ามที่เท่ากัน จึงทำให้ปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมในด้านตรงกันข้ามจะเท่ากัน โดยพบว่าการวางตัวหน้าอาคารในทิศ E และทิศ W จะมีปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมต่ำที่สุด คือ 3683.94 MJ/m² และการวางตัวในทิศ N และทิศ S จะมีปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมสูงที่สุด คือ 3752.47 MJ/m² ดังรูปที่ 9 หากเทียบสัดส่วนของปริมาณรังสีความร้อนระหว่างพื้นผิวผนังด้านหน้า ผนังด้านข้าง และหลังคา จะพบว่าปริมาณรังสีความร้อนส่วนใหญ่ที่ผิวภายนอกอาคารรับได้ก็คือบริเวณหลังคา เนื่องมาจากหลังคามีความลาดเอียงน้อยกว่าผนังด้านข้างและด้านหน้าจึงทำให้สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ดีกว่า ซึ่งในกรณีศึกษาที่อาคารที่วางตัวไปในทิศ N และทิศ S จะทำให้หลังคาวางตัวไปในทิศ E และทิศ W ทำให้หลังคาได้รับปริมาณรังสีความร้อนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการวางตัวของอาคารในทิศทางอื่นๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าหลังคาสำหรับการวางตัวของอาคารในทิศดังกล่าวจะมีค่าเฉลี่ยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์เข้าใกล้ 1 มากกว่าการวางตัวแบบอื่นๆ

ทำนองเดียวกัน ในกรณีศึกษาที่อาคารที่วางตัวไปในทิศ E และทิศ W จะทำให้หลังคาวางตัวไปในทิศ N และทิศ S และจะมีค่าเฉลี่ยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ห่างจาก 1 มากกว่าการวางตัวแบบอื่นๆ จึงทำให้การวางตัวของอาคารในลักษณะนี้ได้รับปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคารน้อยที่สุด ดังรูปที่ 10 โดยรายละเอียดของปริมาณรังสีความร้อนและดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ของแต่ละผนังและหลังคา ในการวางตัวลักษณะต่างๆ ของอาคารจะแสดงดังตารางที่ 2 3 4 และ 5



รูปที่ 9 ปริมาณการรับรังสีความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาของอาคารในการวางตัวลักษณะต่างๆ



รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ของอาคารในการวางตัวลักษณะต่างๆ

ตารางที่ 2 รายละเอียดการคำนวณหาปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร ในการวางตัวไปทิศ SSE และ NNW

อาคารวางตัวหันหน้าไปทิศ SSE และ NNW								
เปลือกอาคาร	Tilt angle (degree)	Orientation	S	พื้นที่ (m ²)	I _g (MJ/m ²)	I _g (MJ)	I _T (MJ/m ²)	S _{AVE}
ผนังด้านหน้า	90	SSE	0.5837	14.13	3312.08	46799.63	3736.94	0.6515
ผนังด้านหลัง	90	NNW	0.4362	14.13	2475.46	34978.32		
ผนังด้านข้างซ้าย	90	ENE	0.5442	30	3088.07	92642.21		
ผนังด้านข้างขวา	90	WSW	0.5285	30	2999.00	89970.13		
หลังคาด้านข้างซ้าย	30	ENE	0.9138	23.1	5185.46	119784.18		
หลังคาด้านข้างขวา	30	WSW	0.9024	23.1	5120.99	118294.89		

ตารางที่ 3 รายละเอียดการคำนวณหาปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร ในการวางตัวไปทิศ S และ N

อาคารวางตัวหันหน้าไปทิศ S และ N								
เปลือกอาคาร	Tilt angle (degree)	Orientation	S	พื้นที่ (m ²)	I _g (MJ/m ²)	I _g (MJ)	I _T (MJ/m ²)	S _{AVE}
ผนังด้านหน้า	90	S	0.5660	14.13	3212.10	45386.94	3752.47	0.6520
ผนังด้านหลัง	90	N	0.4358	14.13	2473.26	34947.10		
ผนังด้านข้างซ้าย	90	E	0.5813	30	3298.74	98962.31		
ผนังด้านข้างขวา	90	W	0.5104	30	2896.30	86888.92		
หลังคาด้านข้างซ้าย	30	E	0.9413	23.1	5341.68	123392.80		
หลังคาด้านข้างขวา	30	W	0.8771	23.1	4977.47	114979.67		

ตารางที่ 4 รายละเอียดการคำนวณหาปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร ในการวางตัวไปทิศ E และ W

อาคารวางตัวหันหน้าไปทิศ E และ W								
เปลือกอาคาร	Tilt angle (degree)	Orientation	S	พื้นที่ (m ²)	I _g (MJ/m ²)	I _g (MJ)	I _T (MJ/m ²)	S _{AVE}
ผนังด้านหน้า	90	E	0.5813	14.13	3298.74	46611.25	3683.94	0.6506
ผนังด้านหลัง	90	W	0.5104	14.13	2896.30	40924.68		
ผนังด้านข้างซ้าย	90	N	0.4358	30	2473.26	74197.67		
ผนังด้านข้างขวา	90	S	0.5660	30	3212.10	96362.94		
หลังคาด้านข้างซ้าย	30	N	0.8400	23.1	4766.56	110107.48		
หลังคาด้านข้างขวา	30	S	0.9699	23.1	5503.82	127138.19		

ตารางที่ 5 รายละเอียดการคำนวณหาปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร ในการวางตัวไปทิศ NE และ SW

อาคารวางตัวหันหน้าไปทิศ NE และ SW								
เปลือกอาคาร	Tilt angle (degree)	Orientation	S	พื้นที่ (m ²)	I _g (MJ/m ²)	I _g (MJ)	I _T (MJ/m ²)	S _{AVE}
ผนังด้านหน้า	90	NE	0.4973	14.13	2822.27	39878.63	3725.87	0.6514
ผนังด้านหลัง	90	SW	0.5393	14.13	3060.13	43239.70		
ผนังด้านข้างซ้าย	90	NW	0.4574	30	2595.80	77873.96		
ผนังด้านข้างขวา	90	SE	0.5997	30	3402.81	102084.35		
หลังคาด้านข้างซ้าย	30	NW	0.8388	23.1	4760.03	109956.70		
หลังคาด้านข้างขวา	30	SE	0.9761	23.1	5538.84	127947.24		

6. สรุป

จากการวิเคราะห์กรณีศึกษาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรังสีอาทิตย์ของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ใดๆ คือการวางตัวของตัวกลางให้อยู่ในทิศทางและความลาดเอียงที่เหมาะสมกับตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์และสภาพภูมิอากาศของตำแหน่งที่ตั้งนั้นๆ ซึ่งสำหรับกรุงเทพมหานครในช่วงปีข้อมูล พ.ศ. 2547 – 2551 พบว่าการวางตัวของตัวกลางรับรังสีอาทิตย์ในทิศ SSE เอียงท่ามุม 15 องศาับแนวระดับ จะทำให้ได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์สูงสุด แม้ว่าในช่วงก่อนเที่ยงจะมีสภาพท้องฟ้าไม่ปลอดโปร่งเท่ากับช่วงหลังเที่ยงก็ตาม แต่ก็ถือว่ายังมีนัยสำคัญเพียงพอเมื่อเทียบกับปริมาณรังสีอาทิตย์ในช่วงก่อนเที่ยงที่สูงในช่วงหลังที่ยังอยู่ยาก จึงทำให้การวางตัวในลักษณะที่ก่อนมาทางทิศตะวันออกจะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้สูงกว่าการวางตัวที่ออกไปทางทิศตะวันตก

และจากการศึกษาความเบี่ยงเบนของโอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ พบว่าตัวรับรังสีอาทิตย์วางตัวในลักษณะดังกล่าวก็จะทำให้ได้ปริมาณความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุดเช่นกัน แต่ในการใช้งานจริงอาจไม่สามารถติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ในลักษณะดังกล่าวได้เนื่องจากลักษณะของหลังคาหรือสถานที่ติดตั้งไม่เอื้ออำนวยหรือข้อจำกัดของการไหลของอากาศภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ จึงจำเป็นต้องเลือกลักษณะการวางตัวในลักษณะอื่นๆ โดยในการเลือกการวางตัวในลักษณะอื่นๆ นั้นจำเป็นต้องพิจารณาให้ดีขึ้น การรับรังสีอาทิตย์เข้าใกล้ 1 มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้โอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์ลดลงน้อยที่สุด

ทำนองเดียวกันสำหรับการวางตัวของผนังและหลังคาอาคารสามารถที่จะใช้ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์เป็นตัวพิจารณาถึงทิศและความลาดเอียงได้ โดยควรที่จะพิจารณาให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ของผนังหรือหลังคาออกห่างจาก 1 มากที่สุด เพื่อให้ตัวอาคารได้รับปริมาณรังสีความร้อนรวมน้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศน้อยลง

จากการศึกษาวิจัยนี้พบว่าดัชนีการรับรังสีอาทิตย์สามารถที่จะประเมินถึงโอกาสในด้านการผลิตพลังงานของตัวรับรังสีอาทิตย์และเซลล์สุริยะเมื่อมีลักษณะการวางตัวที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงการวางตัวที่เหมาะสมภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในปัจจุบันจะสามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ดีที่สุด

ในทำนองเดียวกันดัชนีการรับรังสีอาทิตย์ยังสามารถที่จะประเมินถึงการสูญเสียโอกาสในด้านการประหยัดพลังงานของอาคารปรับอากาศเมื่อเปลือกของอาคารมีลักษณะการวางตัวที่แตกต่างกัน และยังสามารถบ่งชี้ถึงลักษณะการวางตัวของเปลือกอาคารที่เหมาะสมภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในปัจจุบัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์ คำอธิบาย
 I_{sur} รังสีรวมรายชั่วโมงที่ตกกระทบพื้นผิวโลก

α_n	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของไอน้ำ
α_{sur}	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผืนและของ
ρ_B	สัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของบรรยากาศ
ρ_g	สัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิวโลก
τ_o	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ของโอโซน
I_{TOA}	รังสีอาทิตย์รายชั่วโมงที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศ
I_t	รังสีรวมเฉลี่ยจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา
I_D	รังสีตรงเฉลี่ยจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา
I_d	รังสีกระจายเฉลี่ยจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา
I_g	รังสีกระจายจากการสะท้อนของพื้น
θ	มุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์
Z	มุมซีกิน (Zenith angle)
F_{SS}	ตัวประกอบขนาดระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับท้องฟ้า
F_{sg}	ตัวประกอบขนาดระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับพื้น
S	ดัชนีการรับรังสีอาทิตย์
S_{APE}	ค่าเฉลี่ยดัชนีการรับรังสีอาทิตย์
Q	ปริมาณรังสีความร้อนที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ได้รับ
$I_{r,max}$	รังสีรวมสูงสุด
I_T	ปริมาณรังสีความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคาร
A	พื้นที่ผิวผนังและผิวหลังคาอาคาร
\mathcal{E}	ดัชนีความปลอดโปร่งของท้องฟ้า
Δ	ดัชนีความส่องสว่างของท้องฟ้า
τ	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ของตัวกลาง
α	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของตัวกลาง
F_r	ตัวประกอบปรับค่าเชิงประสบการณ์
R_{tot}	ค่าความต้านทานความร้อนรวม

เอกสารอ้างอิง

1. เสริม จันทร์ฉาย, 2548. คู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในภาคพื้นพลังงานทดแทน
2. R Perez, P Ineichen, and R Seals, Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Solar Energy Vol 44, No 5, pp 271-289, 1990
3. ASHRAE, ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI), American Society of Heating, Refrigeration and Air conditioning Engineers, 1989.
4. ชีรพจน์ เวศพันธ์, 2551. การพัฒนาแบบจำลองท้องฟ้าโปร่งสำหรับคำนวณภาวะความเย็นในกรุงเทพมหานครด้วยระเบียบวิธีคู่ความร้อน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551
5. ชีระชาติ พรพิบูลย์, 2549. กรณีศึกษาการสูญเสียโอกาสของการประหยัดพลังงานสำหรับอาคาร. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20
6. Wilbert F. Stoecker and Jerold W. Jones, Refrigeration & Air conditioning, McGraw-Hill

ประวัติผู้เขียน

นายอภิชัย แซ่มพรมราช เกิดวันที่ 29 ธันวาคม 2528 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2550 และในปีเดียวกันนั้นได้ศึกษาต่อระดับวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ขณะศึกษาระดับปริญญาโทได้เป็นผู้สอนปฏิบัติการของ
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 3 รายวิชา ได้แก่

1. ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1
2. เขียนแบบวิศวกรรม 1
3. เขียนแบบวิศวกรรม 2

พ.ศ. 2553 ผู้เขียนได้นำเสนอผลงานวิชาการเรื่อง “การศึกษาผลกระทบของทิศทางการวางตัว
และความลาดเอียงที่มีต่อปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่พื้นผิวรับรังสีอาทิตย์ได้รับภายใต้
สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย” ในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6
ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดเพชรบุรี ระหว่างวันที่ 5-7 พฤษภาคม 2553 มีรายละเอียด
ปรากฏดังแสดงในภาคผนวก จ